

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

CONVOCATORIA 2015-5



ANEXO B. DEMANDAS DEL SECTOR 2015-5

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

Estas demandas se han clasificado en lo siguiente:

I. Sistemas Producto

1. Generación de variedades y tecnología de producción sustentable de tubérculo de papa
2. Desarrollo tecnológico, mejoramiento genético e innovación en la cadena de valor de amaranto
3. Impulso a la cadena de valor orquídeas mediante nuevas variedades mexicanas y desarrollos tecnológicos e innovaciones en sus procesos
4. Generación de variedades mejoradas de nochebuena e innovaciones en su proceso de producción intensiva en México
5. Estudio de mercado de las ornamentales en México

II. Cadena de Valor

6. Desarrollo integral de la cadena agroindustrial del cultivo de yaca en México

III. Tema estratégico Transversal

7. Generación de bioplaguicidas para el control de nemátodos fitopatógenos a partir de biomoléculas obtenidas de plantas y microorganismos

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 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* L.) es una herbácea anual que alcanza un metro de altura 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 10,500 años. 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; Grun *et al.*, 1977; 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, 2007).

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°C inhiben 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, era considerada entre las enfermedades más importantes de la papa a nivel mundial (Acuña y Torres 2000). Sin embargo, en la actualidad la más desastrosa es el Síndrome Punta Morada de la Papa (SPMP), 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; UC, 1986; 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 t 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 % de éstos 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 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 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 del SPMP 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, terminación y descripción de variedades de papa, y generación de tecnología de producción sustentable en diferentes regiones agroecológicas de México (Sierras y Valles irrigados), para contribuir a la soberanía alimentaria.

VII. Objetivos

7.1 Objetivo General

Identificar, introducir, concluir y describir variedades de papa rendidoras, de buen comportamiento agronómico y de usos especiales, así como desarrollar tecnología de producción convencional y sustentable, para diferentes condiciones agroecológicas (sierras y valles irrigados) y socioeconómicas.

7.2 Objetivos Específicos

1. Identificar e introducir, evaluar y describir variedades de papa competitivas en rendimiento, adaptabilidad y características de precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, calidad 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. Generar, adoptar o adaptar, evaluar y validar tecnología de producción de semilla certificada de variedades nacionales, con alta calidad genética.
3. Desarrollar, adoptar o adaptar, y evaluar tecnología de manejo integrado del cultivo (nutrición) y de sus parásitos (plagas, enfermedades y nematodos), para la reducción del alto impacto ecológico y de los costos de producción.

4. Desarrollar actividades de transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados generados en el proyecto para promover el cultivo, incrementar la productividad y la rentabilidad sustentable de papa en México.
5. Hacer un diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de papa (estadística, principales zonas de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, etc.).

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 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, 2012). Como hortaliza, es el cultivo más importante del mundo (FAOSTAT, 2012); 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 dos variedades de papa precoces con elevado potencial de rendimiento, adaptabilidad y resistencia a plagas y enfermedades, para consumo en fresco [alto contenido de minerales (Fe y Zn) y vitaminas (A y C)] e industrial (alta materia seca, baja retención de aceite y freído uniforme), descritas y con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
2. Al menos dos variedades de papa de usos especiales (pulpa de colores), de buen comportamiento agronómico y competitivas, descritas y con evidencia de trámite para fines de protección.
3. Un manual con la tecnología de producción de semilla certificada de variedades nacionales de papa, y su folleto divulgativo, para inducir a técnicos y productores en su aplicación e innovación, con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
4. Dos manuales (uno por región agroecológica: sierras y valles irrigados) de la tecnología de producción sustentable y de manejo integrado del cultivo, vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para inducir a técnicos y productores al uso de las nuevas tecnologías, con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
5. Un documento (informe) con los resultados de las actividades de transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, dirigidas a técnicos y productores, con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.
6. Un documento (informe) con los resultados del diagnóstico integral actualizado de la cadena de valor de papa (estadística, principales zonas

de producción, problemática tecnológica y socioeconómica, etc.), con evidencia de trámite de registro de protección intelectual.

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.

- FAOSTAT. 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 patato. 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.
- Manzanilla-López, R.H., Costilla, M.A., Doucet, M., Franco, J., Inserra, R.N., Lehman, P.S., Cid del Prado-Vera, I., Souza, R.M. and Evans, K. 2002. The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): Systematics, distribution, biology and management. Nematropica. 32:149-227.
- 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

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

Demanda 2

SISTEMA PRODUCTO 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 los otros integrantes de su cadena de valor de los estados de México, Puebla, Distrito Federal, Morelos, Oaxaca, Tlaxcala y San Luis Potosí; y en general, los comercializadores y consumidores de amaranto del país.

III. Antecedentes

El amaranto es una planta herbácea anual que pertenece a la familia de las Amarantáceas y al género *Amaranthus* (Morales *et al.*, 2009; Franco y Franco, 2010). Tiene su centro de origen y diversidad más importante en México. La domesticación del amaranto también se llevó a cabo en nuestro país (Moran-Bañuelos *et al.*, 2012; Espitia *et al.*, 2014). Los primeros registros arqueológicos del amaranto datan de hace 10 mil años (AMA, 2003).

Los indígenas de diferentes culturas (aztecas, mayas, zapotecas y tlaxcaltecas), lo consumían en nivel de importancia igual que el maíz, el frijol y la calabaza. Los

aztecas ofrecían el amaranto como tributo a los dioses. 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 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 (AMA, 2003; Franco y Franco, 2010).

En 1975, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos realizó un estudio extensivo 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, por su bajo peso fácil digestión y elevado aporte nutritivo (PROFECO, 2010).

Especies y tipos de amaranto. El género *Amaranthus* 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 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; Pospisil *et al.*, 2006; Arellano *et al.*, 2007), con fluctuaciones entre 1,600 y 6,700 kg ha⁻¹ en climas mediterráneos (Gimplenger *et al.*, 2008).

La variabilidad presente en las tres principales especies cultivadas es amplia y en algunas especies silvestres relacionadas. 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 (Espitia, 1992); *A. cruentus* que presenta tres razas: Africana, Guatemalteca y Mexicana; y *A. caudatus* con tres razas: Sudamericana,

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

Evolución del 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).

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; 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 (Arellano y Galicia, 2007); las plantas de menor tamaño y más uniformes pueden ayudar a mejorar el rendimiento y a optimizar los recursos (Manikandan *et al.*, 2010). El estudio de la densidad de plantas y el arreglo topológico en amaranto 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. hypochondriacus*, indican haber aumentado el rendimiento de 1,858 a 3,342 kg ha⁻¹ al aumentar la densidad de 55,555 (0.6 x 0.3 m) a 222,222 ptas ha⁻¹ (0.3 x 0.15 m).

En *A. hypochondriacus* 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 ptas ha^{-1} (Kumar y Yassin, 2013). Resultados similares habían sido obtenidos por Yarnia *et al.*, (2011) con un híbrido interespecífico cv. Koniz (*A. hypochindriacus* L. x *A. hybridus* L.) a densidades de 300,000 ptas 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} ; mientras que Ramírez *et al.* (2011) obtuvieron rendimientos de 1.6 t ha^{-1} con la misma dosis 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 menor dosis de N (15.4 kg grano. kg^{-1} N aplicado vs 13.9 kg grano. kg^{-1} N aplicado).

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

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 tiene un alto contenido nutricional en sus semillas, comparado con otros granos. Tiene mayor cantidad de proteínas, contiene todos los aminoácidos esenciales, dos veces el contenido del aminoácido esencial lisina, más fibra dietética, de 5 a 20 veces el contenido de calcio y hierro, niveles significativos de escualeno (8 %; que funciona como intermediario en la síntesis de las hormonas esteroideas y de la vitamina D, no contiene gluten, es un potente antioxidante con efectos anticancerígenos y no altera el sabor de otros componentes en mezclas (Venskutonis, P. y Kraujalis 2013), por lo que puede colocarse en diferentes nichos de mercado y porque adicionalmente no contiene gluten (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 también es 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 porcentaje de actividad antioxidante entre colectas, observó diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos obtenidos al extraerlos durante una y tres horas; de igual manera, la actividad antioxidante en equivalentes de Trolox mostró el valor máximo de 130.14 mg ET/100 g de harina; que es notablemente mayor al que reportan López-Mejía *et al.*, (2014) para la misma especie, con valores aproximados a los 25-30 mg ET/100 g de harina en colectas de Tehuacán, Pue.

Las hojas de amaranto constituyen una buena fuente de betacaroteno (precursor de proteínas y vitaminas A y C), 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 fibra, proteínas crudas, hidratos de carbono y cenizas; sobresale de las partes vegetativas del amaranto, su considerable contenido de calcio (267 mg) y hierro (3.9 mg), que mayor que en las hojas de lechuga (62 y 0.6 mg, respectivamente) y, en el caso de calcio, tres veces más que el contenido en las hojas de espinaca (Morales Guerrero y Bressani, 2009). Adicionalmente, en México se consume en plántula como hortaliza.

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

El bajo rendimiento unitario de grano de amaranto 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).

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 beneficios basados en su valor alimenticio-nutricional, sus potenciales agrícola, económico e industrial; por lo que en el marco de su reciente incremento en superficie y producción relativa, los crecientes problemas de la obesidad y el sobrepeso de la población mexicana, la alta proporción de población en situación de pobreza, el derecho a la alimentación y programas gubernamentales sociales vigentes (sin hambre, desayunos escolares y escuelas de tiempo completo), el amaranto es una de las alternativas importantes en México, de lo que resulta estratégico su estudio, atención, uso, diversificación del consumo y promoción integral, en todos los eslabones de su cadena de valor.

IV. Problemática

La maduración heterogénea y la dehiscencia del grano en las variedades de amaranto, hace que se pierda mucha semilla antes y durante la cosecha. La cosecha del amaranto es una práctica costosa e ineficiente ya que predomina la cosecha manual y aunque la trilla pueda ser mecánica no existen cabezales de máquinas combinadas (autopropulsadas), especialmente desarrollados para este cultivo.

No hay maquinaria y equipo validado 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.

Faltan líneas de producción que incluyan desde el beneficio (limpieza) y reventado del grano hasta la elaboración de productos dulces tradicionales o nuevos productos transformados de alto valor agregado y tecnológico, para pequeños y grandes productores.

Si bien existen conocimientos y avances tecnológicos importantes disponibles a lo largo de la cadena de valor del amaranto (sembradoras convencionales empíricamente adaptadas para amaranto, máquinas trilladoras (estacionarias), limpiadoras y reventadoras de grano, a criterio de diferentes actores (productores, beneficiadores y procesadores, la solución a problemática que enfrenta actualmente el amaranto en México según los resultados del Taller Vinculación “Amaranto” (SNITT, 2014; 02 de septiembre; 16 asistentes, 08 Instituciones, 04 empresas y 03 asociaciones), debe orientarse a: el aprovechamiento cada vez más sistemático e intensivo de la diversidad genética mediante programas que generen variedades con mayor potencial de rendimiento y buena calidad de grano, precoces, de porte bajo, indehiscentes y con maduración uniforme (cosecha mecánica), sin acame, de alta capacidad de reventado y de elevado nivel nutricional (contenido de sustancias nutritivas y nutraceuticas); definición de las áreas de adaptación y potencial productivo del amaranto, generación/validación de

tecnología sustentable de producción (profundidad y densidad de siembra, arreglo topológico; fertilización convencional y biofertilizantes, control de malezas (no hay control químico eficiente); desarrollos tecnológicos de equipo de siembra-fertilización y de cosecha mecánica (cabezales específicos para cosechadoras autopropulsadas); mejoramiento de los sistemas de siembra y de cosecha para pequeñas y grandes superficies; maquinaria, equipo y tecnología de beneficio y procesamiento para pequeños productores y la articulación de líneas de producción, desde el beneficio del grano hasta la producción industrial, tanto de nuevos productos alimenticios no dulces (basados en grano y en follaje) y nutraceúticos de alta inocuidad y valor agregado y tecnológico, como de los productos tradicionales mexicanos con presentación y promoción comercial profesional, de los que en la actualidad predomina la elaboración artesanal.

La problemática se puede resumir en ineficiencia en la producción primaria (siembra, manejo y cosecha del cultivo), baja inocuidad en los procesos de postcosecha y de agregación de valor, reducida escala de fabricación de los productos transformados y la carencia de maquinaria y equipo específicos de producción y transformación y de productos de alto valor tecnológico y agregado, que limitan el crecimiento del sector y el abastecimiento de más y mejores productos con presentación y difusión profesional competitiva, pues actualmente el amaranto se comercializa principalmente como productos dulces tradicionales (hay escasa diversidad de usos).

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* (Espitia *et al.*, 2014) y existe una Red de Amaranto en el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI).

Existen variedades mejoradas mexicanas con registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, como Nutrisol, Revancha, Maribel, Huirapeo, Cazadora, Calyecaca, Yeztic y Rojita INIFAP, generadas por el Colegio de Postgraduados y el

Sistema Producto Amaranto del Distrito Federal (SNICS, 2014), y otras avanzadas pero aún no registradas como Dorada, Gabriela Revancha, Amaranteca, DGTA, Areli, PG2 y Diego, generadas por el INIFAP, la Universidad Autónoma Chapingo, DGTA y el Instituto de Estudios Superiores del Altiplano de Tlaxcala. Todas obtenidas mediante selección (no hay variedades comerciales mexicanas híbridas), por lo que tienen algún nivel de heterogeneidad fenotípica en porte, maduración y acame. Las variedades mexicanas conocidas presentan dehiscencia al secarse la panoja, factor que dificulta la cosecha mecánica directa en campo y ocasiona pérdidas de grano en su proceso.

Espitia *et. al.* (2010) en su libro *Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México*, realizan una revisión del estado del arte del amaranto, el cual contiene una revisión que va desde el origen del amaranto; su importancia cultura; la taxonomía del género; los avances en el mejoramiento genético; los aspectos ecofisiográficos; la distribución actual y potencial, describe los sistemas de producción, plagas y enfermedades, la utilización y productos e concluye con un plan estratégico para la conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos del amaranto.

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 postcosecha.

El control de maleza es uno de los problemas persistentes en el manejo agronómico del cultivo debido a que no se han identificado herbicidas selectivos eficientes y el control debe ser mecánico manual o combinado químico-mecánico.

Sistemas de producción y nutrición del cultivo. Existen dos sistemas de establecimiento del cultivo: transplante y siembra directa. El sistema de transplante existe por las dificultades técnicas que representa el tamaño pequeño de la semilla (12 mm) en la labor de siembra para controlar la densidad de población y la profundidad de siembra deseadas.

Predominan los sistemas de producción con siembra en surcos. Hay poco conocimiento sobre arreglos topológicos ligados a densidad de siembra, según el

ciclo y porte de la variedad, y con la condición climática del área de producción. Tampoco hay estudios sistemáticos de la fertilización-nutrición del cultivo por sistema de producción, variedad y región productora.

La tecnología de producción recomendada para el Oriente de Tlaxcala, en transplante, es en sucos a 80 cm y tres plantas por sitio (golpe) cada 25 cm ($150,000 \text{ ptas}\cdot\text{ha}^{-1}$; con 150 g de semilla (variedad de 1000 semillas $\cdot\text{g}^{-1}$) 1 g de semilla contiene entre 800 y 2000 semillas); fertilización de 80-40-30; control químico de malezas ($500\text{-}700 \text{ ml}\cdot\text{ha}^{-1}$ de clomazone; solo efecto retardante (crecimiento lento aún con hojas blancas por falta de clorofila) en el crecimiento de las malezas (Alavéz-Cerón *et al.*, 1998)), combinado con escardas mecánicas o deshierbes manuales ($10 \text{ jornales}\cdot\text{ha}^{-1}$). Proceso de cosecha, el indicador de corte de las plantas es el amarillamiento general de las hojas; luego se cortan las plantas y se dejan acomodadas sobre el terreno (franjas con el mismo perfil) hasta su deshidratación (30 días) para después proceder a la trilla de la semilla (golpeando a las plantas o amontonando plantas sobre superficie lisa, plana y seca sobre las cuales se pasan vehículos, tractores o animales de tiro o con trilladora mecánica estacionaria sobre una lona (paso de aire calibrado, cribas superiores de 5 mm e inferiores de 1 mm y 1600 rpm en el motor) (Barrales *et al.*, 2014).

La tecnología de siembra directa manual o mecánica en general es similar a la de transplante, excepto que requiere de la adaptación del equipo (sembradoras de semillas pequeñas) para que solo apliquen $150 \text{ g de semilla}\cdot\text{ha}^{-1}$, aspecto difícil de lograr ya que generalmente aplican entre $7 \text{ y } 14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ sin control de la profundidad de siembra; mientras que algunos dispositivos para tractor empíricamente adaptados o contruidos por productores del oriente de Tlaxcala, pueden aplicar $3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 2 cm de profundidad requerida (Barrales *et al.*, 2014).

Mecanización del cultivo, beneficio e industrialización. Los productores empíricamente han acondicionado como sembradoras a escardadoras fabricadas para otros cultivos y diseñado sembradoras-microrastras, para sembrar amaranto

mecánicamente con mejor control de la densidad y la profundidad de siembra que las sembradoras de semillas pequeñas construidas para otros cultivos (Barrales *et al.*, 2014).

Existen máquinas cosechadoras estacionarias fabricadas para amaranto (Escalante, 2011), pero no hay cabezales específicos para el cultivo amaranto para trilladoras autopropulsadas que permita la cosecha de grandes extensiones y en poco tiempo, para lo cual se requieren también variedades indehiscentes y de maduración uniforme.

Hay máquinas limpiadoras-beneficiadoras de aire-zarandas y de viento, equipo para eliminar el material ferroso, maquinas reventadoras y máquinas pulverizadoras para hacer harina.

VI. Propósito de la Demanda

Término de la formación de mejores variedades y actualización, desarrollo y validación de tecnología sustentable para la siembra y el manejo agronómico del amaranto en las principales regiones productoras (climas templado y subtropical); y desarrollo de nuevos productos de alto valor agregado y tecnológico con inocuidad, que diversifiquen la predominancia de productos dulces.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General.

Concluir la formación, evaluar y describir variedades mejoradas de amaranto competitivas en rendimiento, indehiscentes, resistentes al acame, precoces, de porte bajo y maduración uniforme, con calidad del grano y follaje tierno; y actualizar, adaptar o adoptar y validar tecnología de producción sustentable, para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México; y desarrollar productos no dulces de alto valor tecnológico y agregado con inocuidad para diversificar la producción.

7.2 Objetivos Específicos

1. Concluir el proceso de mejoramiento de nuevas variedades de amaranto con características de alto rendimiento, adaptabilidad, precocidad, porte bajo, indehiscentes, resistencia al acame, maduración uniforme, elevada capacidad de reventado y calidad nutricional del grano y follaje tierno, para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México.
2. Actualizar, mejorar, adaptar o adoptar y validar la tecnología de producción con enfoque sustentable (sistema y densidad de siembra, nutrición-fertilización, control de maleza, plagas y enfermedades, y sistema mejorado de cosecha) para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México.
3. Con base en el grano y en las hojas tiernas, generar nuevos productos alimenticios no dulces, de alto valor agregado, larga vida de anaquel, buena presentación, funcionales, nutraceuticos e inocuos.
4. Transferir tecnología, vinculada a las innovaciones tecnológicas disponibles y a las generadas en el proyecto, a productores y técnicos para incrementar la productividad y rentabilidad sustentable del amaranto.

VIII. Justificación

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

Congruente con el PND, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario (PSDAPA) 2013-2018, que tiene como estrategia integral elevar la productividad para alcanzar el máximo potencial del sector

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

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información (Foro SNITT 2014; 02 de septiembre; 16 asistentes, 08 Instituciones, 04 empresas y 03 asociaciones) para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente Demanda titulada “*Desarrollo tecnológico mejoramiento genético e innovación en la cadena de valor de amaranto*”; misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

Las principales demandas y necesidades planteadas en el Taller fueron: aprovechamiento cada vez más sistemático e intensivo de la diversidad genética mediante programas que produzcan variedades con mayor potencial de rendimiento, adaptabilidad, mayor calidad nutritiva, precoces, de porte bajo, indehiscentes de maduración uniforme, de alta capacidad de reventado y mayor contenido de sustancias nutraceuticas; mejoramiento de la tecnología de producción (principalmente los sistemas de siembra, cosecha y

fertilización/biofertilización). 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 baja inocuidad (hongos y enranciamiento en el grano y harina); 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 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. 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 entre los mexicanos, la alta proporción de población en situación de pobreza, los

programas gubernamentales vigentes (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; 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. Documentos (cuatro folletos) con la descripción de al menos dos nuevas variedades de amaranto por región agroecológica, competitivas en rendimiento, adaptabilidad y comportamiento agronómico (precoces, porte bajo, resistentes al acame, indehiscentes y maduración uniforme), de alta calidad nutricional y elevada capacidad de reventado del grano, para las regiones de Valles Altos y Subtrópico de México, con evidencia de trámite de registro para propiedad intelectual.
2. Dos manuales (uno por región agroecológica) con la tecnología mejorada y validada de producción sustentable de amaranto (sistema y densidad de siembra, fertilización-biofertilización, control de maleza, plagas y enfermedades y sistema mejorado de cosecha), basada en los resultados del proyecto y el estado del arte, con el fin de inducir a técnicos y productores en su aplicación e innovación, con evidencia de los respectivos trámites de registro para propiedad intelectual.
3. Documentos con los protocolos del proceso de obtención y la descripción de, al menos, tres nuevos productos alimenticios a partir de hojas tiernas; y tres nuevos productos no dulces basados en el grano (alto valor agregado, buena presentación, larga vida de anaquel, funcionales, nutraceuticos e inocuos), con evidencia de los respectivos trámites de registro para propiedad intelectual.

4. Documento con los resultados de la transferencia de tecnología vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, dirigida a productores y técnicos, para inducirlos a la innovación.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Mejores variedades con mayor rendimiento (mejores variedades: sin acame, indehiscentes (menores pérdidas de grano en campo), maduración uniforme y calidad de grano (nutricional, funcional y capacidad de reventado)).
- Mayor eficiencia de la tecnología de producción con recomendaciones para mejorar sistema de siembra, fertilización-biofertilización, control de malezas y cosecha.
- Nuevos y mejores productos de valor agregado y tecnológico basados en grano y follaje que diversifican la fabricación de productos tradicionales (pepitorias y obleas).
- Reducción de costos de producción por mejora de los sistemas de siembra y cosecha.
- 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 tanto tradicionales y como de alto valor agregado y tecnológico en mercado nacional y para la exportación.
- Disponibilidad de productos inocuos y bien presentados
- Mejor promoción y difusión del contenido nutricional y funcional del amaranto.

Tecnológico

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

Ecológico

- 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.
- Obtención de mejores variedades que continúen siendo resistentes a plagas y enfermedades en campo y en postcosecha.
- Tecnología de producción sustentable con menor contaminación de suelo y agua por el uso racional de insumos (menor aplicación de agroquímicos al ambiente).

XI. Literatura citada

- Alavéz-Cerón G., Bolaños-Espinoza, A., Barrales-Dominguez J.S. 1998. Eficacia biológica de Clomazone en el control de malezas en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). Revista Chapingo. Serie Ingeniería Agropecuaria 1(1): 33-36.
- Apaza, V., Romero, A., Guillén, F. and Baltensperger, D. 2002. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolivia, pp. 107-109. *In: Trends in New Crops and New Uses*. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA.

- Arellano, J. and 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. <http://www.amaranto.com.mx>. Fecha de consulta 20/07/2015.
- Ayala, G. A.V., Espitia, R. E., Rivas, V. P., Martínez, T. G., Garay, H. M. 2014. Descripción de la cadena de valor de amaranto en México, pp. 263-367. *In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014.* 356 p.
- Ayala, G.A.V., Escobedo, L. D., Espitia, R. E. y Garay, H. M. 2014. Análisis de la rentabilidad del amaranto (*Amaranthus* spp.), en la región centro de México, pp. 342-347. *In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014.* 356 p.
- 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 p.
- Barrales, D.J.S., Barrales B.E. y Barrales B. E. 2014. Situación general del cultivo del amaranto en México. *In: Agenda del Congreso Nacional del Amaranto 2014. Pasado, Presente y Futuro. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México.* 30 p.
- Baginsky, C., Figueroa, V., González, Á. y Silva, P. 2014. Efecto de la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada en *Amaranthus cruentus* L. bajo condiciones de clima mediterráneo. pp. 11-17. *In: Memoria del Congreso*

- Nacional del Amaranto. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 p.
- Caselato S., V.M. and Amaya F., J. 2012. State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *J. Food Sci.* 77(4): 93-104.
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). 1996. Estudio agrológico Región Metropolitana. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Santiago, Chile. 464 p.
- De Troani, R., T. Sánchez, N. Reinaudi and L. Ferramola. 2004. Optimal sowing dates of three species of grain-bearing amaranth in the semi-arid Argentine Pampa. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3: 385-391.
- Escalante, E.M. C. 2011. Rescate y Revaloración del Cultivo del Amaranto. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). México. 106 p.
- 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. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 p.*
- 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. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 p.*
- 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 p.
- Franco, O.R. y Franco, X.F. 2010. Utilización del amaranto en la elaboración de productos alimenticios. *In J. García Pereyra, G. Alejandro Iturbide, C.*

- Valdés Lozano, & H. Medrano Roldán. 2010. *El amaranto, investigación agronómica en el norte de México*. Pp 123-146. Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Durango, México. 160 p.
- FAO (Food Agriculture Organization). 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>. Fecha de consulta 12/03/2015.
- 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.
- 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. *Revija za geografijo- Journal for Geography* 5-1: 135-145.
- 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. Pasado, Presente y Futuro*. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014. 356 p.
- 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.
- López-Mejía, A.; López-Malo, A.; Palou, E. 2014. Antioxidant Capacity of Extracts from Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) Seeds or Leaves. *Industrial Crops and Products* 53: 55–59.
- Maldonado C., E.; Jeong, H.J.; León G., F.; Barrera P., A.; De León R., A., González de M., E., De Lumen, B.O. and Barba de la R., A.P. 2010. Amaranth lunasin-like peptide internalizes into the cell nucleus and inhibits

chemical carcinogen-induced transformation of NIH-3T3 cells. *Peptides* 31(9): 1635-1642.

Malliwapad, L. and 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.

Mapes, S.C., Morales de León, J.C.², Peralta, R.L., Basurto, P.,F. y Bautista, L. 2014. Composición química de hojas de *amaranthus* ("quintoniles") de la sierra norte de Puebla, México. pp. 293-297. *In: Memoria del Congreso Nacional del Amaranto. Pasado, Presente y Futuro. Chapingo, México, 28-30 de Agosto de 2014.* 356 p.

Montúfar L., A. 2012. Amaranto (*Amaranthus* spp.), planta ritual mesoamericana. pp. 3-13. *In: Espitia Rangel E. (ed). Amaranto: Ciencia y Tecnología. Libro Científico No. 2. INIFAP/SINAREFI. México.*

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. 165 p.

Ogrodowska, D.; Zadernowski, R.; Czaplicki, S.; Derewiaka, D. and Wronowska, B. 2014. Amaranth Seeds and Products – The Source of Bioactive Compounds. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 64(3): 165–170.

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.

- PROFECO. (2010). Amaranto en el espacio. Revista del Consumidor: No 406: 4 p.
- Puckridge, D.W. and Donald, C.M. 1967. Competition among wheat plants sown at a wide range of densities Aust. J. Agric. Res. 18:193-211.
- 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. and S. Shukla. 2013. Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical values. Food Science and Nutrition 53:109–125.
- Ribeiro, J. and J. Combrink. 2013. Amaranthus tricolor L. leaf yields affected by salinity, harvesting stage and harvesting methods. South African Journal of Plant and Soil 27: 29- 37.
- SAGARPA. Delegación del Distrito Federal.2010. Áreas de oportunidad para los productos líderes. Amaranto. México, DF.18 p.
- Santibañez, F. y Uribe, J. 1990. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones V y Metropolitana. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago, Chile. 65 p.
- Satorre, E., Benech, R., Slafer, G., De La Fuente, E., Miralles, D., Otegui, D. y Savín, R. 2003. Densidad y arreglo espacial del cultivo. In Satorre, Benech Arnold, Slafer de La Fuente, Miralles, Otegui, y Savin (Eds). Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Pp. 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.
- Silva S., C.; De la Rosa, A.P.; León G., M.F.; De Lumen, B.O.; De León R., A. y De Mejía, E.G. 2008. Bioactive peptides in amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed. J. Agric. Food Chem. 56(4): 1233-1240.

- Valentinuz, O. 1996. Crecimiento y rendimiento comparados de girasol, maíz y soja ante cambios en la densidad de plantas. Tesis de Magíster Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. 45 p.
- 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.

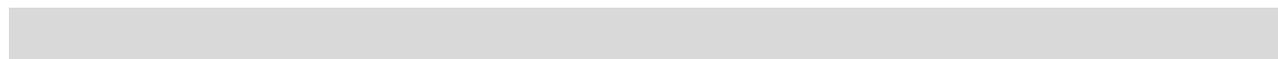
Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

Demanda 3



SISTEMA PRODUCTO ORQUÍDEAS

I. Título tema a demandar

Impulso a la cadena de valor orquídeas mediante nuevas variedades mexicanas y desarrollos tecnológicos e innovaciones en sus procesos

II. Beneficiarios del Proyecto

Productores agrícolas y demás actores de la cadena de valor orquídeas.

III. Antecedentes

A nivel mundial, La familia Orchidaceae es una de las más diversas, se reportan más de 25,000 especies y comprende cerca del 10 % de las especies del reino vegetal (Dressler, 2005). La orquideoflora de México enlista 168 géneros, 1,254 especies, 21 taxa subespecíficos, 19 híbridos naturales (Soto-Arenas *et al.*, 2007a) y 444 especies endémicas (Soto, 1996). El 60 % de las especies se distribuyen en el bosque mesófilo (Hágsater y Soto, 1998), el cual ocupa el 0.8 % del territorio nacional de acuerdo con el inventario forestal del año 2000 (Velázquez *et al.*, 2002). En México, los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz registran el mayor número de especies de orquídeas (Soto-Arenas y Salazar, 2004, Hágsater *et al.*, 2005).

Es lamentable mencionar que el aprovechamiento de orquídeas mexicanas se lleva a cabo a través de la colecta desmedida y comercialización ilegal. En México, la extracción para venta local e internacional está considerada como uno de los mayores problemas para la conservación de las orquídeas; nuestro país es un importante trampolín para el comercio de especies que están en peligro de extinción. Por ejemplo, se estimó que el tráfico ilegal de orquídeas entre 1993 y 1996 fue de 9 a 12 millones de plantas, mientras que sólo se comercializaron legalmente 152,000 plantas (cifras de PROFEPA citadas por Flores-Palacios y Brewster, 2002). Esto da un panorama de la grave problemática que enfrenta en nuestro país este grupo de plantas.

Flores-Palacios y Valencia (2007) midieron la riqueza y el volumen de las especies epífitas que se comercializaban de manera ilegal y encontraron que en un mercado ambulante en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México en un periodo de 85 semanas, registraron 27 comerciantes, 207 especies y 7,598 plantas; 19 especies eran reportadas para México pero no nativas de Veracruz; dos especies más habían sido colectadas en Veracruz pero no reportadas antes para México.

IV. Problemática

La mayor parte de las poblaciones naturales de orquídeas se han visto seriamente afectadas por la destrucción de sus hábitats naturales, así como por la extracción masiva de la que han sido objeto (Ávila y Oyama, 2002). La extracción de plantas con flores ha traído severas consecuencias en la producción de semillas de las poblaciones silvestres e incluso en algunos sitios las poblaciones están declinando por la baja generación de nuevos individuos (Hernández-Apolinar, 1992). Diversos trabajos han demostrado los factores de riesgo para la conservación de las orquídeas mexicanas (Soto-Arenas, 1993, 1996; Hágsater *et al.*, 2005, y Soto y Salazar, 2004). Recientemente, con el estudio de Soto-Arenas *et al.* (2007b) a través del método de riesgo de extinción de especies, se enlistaron los siguientes factores de riesgo para las orquídeas mexicanas:

1. Factores intrínsecos de cada especie.
2. Destrucción del hábitat por actividades agrícolas.
3. Extensión de la ganadería.
4. Incendios forestales ligados a condiciones climáticas extremas.
5. Extracción para el mercado local.
6. Colecta para el mercado hortícola internacional.
7. Destrucción del hábitat por manejo forestal.
8. Desarrollo urbano o turístico.
9. Actividades para producir carbón.
10. Actividad industrial y minería.
11. Lluvia ácida y calentamiento urbano.
12. Daños causados por heladas severas como resultado del cambio climático.
13. Transformación del hábitat por cambios en la hidrología local.

En nuestro país, la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de Protección ambiental enlista las especies nativas de flora y fauna en alguna categoría de riesgo. En el caso de la familia Orchidaceae, este documento incluye: 1 especie extinta en su medio natural, 15 en peligro de extinción, 61 amenazadas y 112 sujetas a protección especial (SEMARNAT, 2010). Los estudios de Soto (2001) y Soto-Arenas *et al.* (2007b) determinaron los factores de riesgo para la conservación de las orquídeas enlistadas en la norma ecológica 059.

Por otro lado, existen especies con severos problemas de conservación, tal es el caso de *Laelia anceps* ssp. *dawsonii* de la cual sólo se conocían 12 ejemplares en estado silvestre (Soto-Arenas, 1993), de la orquídea *Paphiopedilum xerophyticum* se conocían siete clones (Soto-Arenas *et al.*, 1990) y de *Paphiopedilum exstaminodium* sólo se conocían 30 especímenes (Hágsater y Soto, 1998). Especies como *Mexipedium xerophyticum* y *Phragmipedium exstaminodium* ssp. *exstaminidium* ya no pueden sobrevivir en la naturaleza, debido a que son tan raras que sus poblaciones no son viables y su hábitat ha desaparecido o está seriamente amenazado (Hágsater *et al.*, 2005). Por otra parte la disminución de las poblaciones es tan alta que si la extinción no es inminente, la pérdida de la variabilidad genética ocasionará a corto-mediano plazo endogamia. Un caso concreto son las poblaciones de *Laelia albida* en el valle de Tehuacán Puebla, en donde no se detectó flujo génico significativo entre las poblaciones reducidas de esta especie, es decir, que la transferencia de material genético de los individuos entre sitios es casi nula (Santos-Hernández *et al.*, 2005).

Se sabe que en los últimos dos siglos se extinguieron dos especies de orquídeas en el país y que a partir de 1998 se han extinguido al menos 22 más. Es previsible que esta tendencia siga en aumento como un reflejo de la problemática ambiental que enfrenta el país (Hágsater *et al.*, 2005).

Estrategias para la conservación y aprovechamiento sustentables de las orquídeas mexicanas

Para establecer planes de conservación se necesita conocer la biología de las orquídeas, su diversidad genética y los efectos de la fragmentación del hábitat

(Hágsater y Soto, 1998). Existen dos estrategias principales en la conservación, denominadas *in situ* y *ex situ*.

La conservación de especies amenazadas en sus hábitats naturales y ecosistemas se denomina conservación *in situ* y constituye la manera más apropiada de enfocar la problemática de la conservación (Iriundo-Alegría, 2001); sin embargo, esta modalidad enfrenta serios problemas. En México, la única estrategia para este tipo de conservación es a través del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANP). Una de las deficiencias es que dentro de éstas no se incluyen el total de las 151 áreas consideradas como prioritarias para la conservación (Arriaga *et al.*, 2000). En nuestro país, la mala organización, la extracción, la invasión de zonas núcleo, los incendios forestales, los problemas de límites, la tenencia de la tierra, la escasa vigilancia y resguardo son algunos de los problemas que hacen que la conservación *in situ* de orquídeas en las áreas naturales protegidas no sea exitosa.

Soto *et al.*, (2007b) hicieron un análisis del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas encontrando que de las 151 áreas naturales protegidas (ANP) decretadas por el gobierno mexicano, solamente 43 de ellas incluyen especies de orquídeas con alguna categoría de riesgo. De las 189 especies de orquídeas en alguna categoría de riesgo para México, únicamente 120 se localizan en áreas naturales protegidas. Estos datos evidencian que la mayor parte de las poblaciones de orquídeas están fuera de zonas protegidas y se localizan principalmente en los estados de Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

Los métodos de conservación *ex situ* implican la recolección de muestras representativas de la variabilidad genética de una especie y su mantenimiento fuera de las condiciones naturales (Iriundo-Alegría, 2001). Las colecciones botánicas, el manejo hortícola en los jardines botánicos y la propagación masiva por medio del cultivo *in vitro* son ejemplos de conservación *ex situ* (Hágsater *et al.*, 2005). En México, la conservación *ex situ* se ha practicado dentro de nuestros grupos indígenas, al aprender a cultivar y conservar en traspatio especies en

peligro de extinción como *Laelia anceps* ssp. *dawsonii* en Oaxaca y *Laelia gouldiana* en Hidalgo (Hágsater y Soto, 1998).

Un ejemplo de conservación *ex situ* aplicado a especies silvestres ha sido el mejoramiento genético y la obtención de variedades que tengan mayor calidad hortícola que sus parentales silvestres; estos nuevos cultivares han reducido la presión de colecta de poblaciones silvestres y han dado alternativas a viveristas y productores, al brindarles una variedad mejorada y así evitar el saqueo y pérdida de las especies silvestres.

Todas las variedades de orquídeas comerciales como *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Cymbidium*, *Cattleya*, *Paphiopedilum*, *Vanda*, *Zygopetalum*, *Miltonia*, *Miltoniopsis*, *Oncidium*, etc. fueron obtenidas a partir del mejoramiento genético de especies silvestres, a través de la selección de cultivares o por medio de la hibridación. Hoy en día países como Tailandia, Taiwán, Holanda, Costa Rica y Colombia obtienen una gran cantidad de divisas derivado de la producción y exportación de estas especies exóticas.

En México se cuenta con más de 1,200 especies de orquídeas cuyas flores han sido utilizadas desde tiempos prehispánicos, a pesar de existir especies como las laelias que han sido cultivadas y seleccionadas por cientos de años por comunidades rurales poco hemos trabajado la obtención de cultivares o variedades para flor de corte o cultivo en maceta. Desarrollar técnicas, protocolos y estrategias de producción-conservación *ex situ* como alternativa de conservación y aprovechamiento sustentable de orquídeas mexicanas es el eje del proyecto que pretende atender las demandas del sector ornamental nacional que trabaja con especies de orquídeas mexicanas.

Establecer colecciones de orquídeas mexicanas con alto potencial ornamental, obtener variedades para flor de corte y cultivo en macetas, mejorar y transferir tecnologías de cultivo, establecer programas de mejoramiento genético, caracterización morfológica, así como el trabajo en conjunto con los productores mexicanos de orquídeas, son acciones importantes que se deben llevar a cabo a favor de la conservación multiplicación y producción de orquídeas.

Conociendo la problemática de la conservación de orquídeas y de la necesidad de implementar líneas de acción que generen alternativas para el sector ornamental mexicano interesado en especies nacionales detectadas en el Taller de Vinculación, organizado por el SNITT el 21 de agosto de 2015 “*Planteamiento de demandas urgentes y temas estratégicos de Investigación y Transferencia de Tecnología (ITT) en ornamentales (nochebuena, orquídeas y heliconias)*”, permitieron establecer los proyectos siguientes:

1. Generación de variedades de orquídeas obtenidas a partir de especies mexicanas de géneros como: *Laelia*, *Stanhopea*, *Oncidium*, *Rossioglossum*, *Prostechea*, *Lycaste*, *Barkeria* y *Cuitlauzina*, mediante un programa de mejoramiento genético sistematizado basado en especies nativas para generar nuevas variedades (de maceta, de flor cortada y flores aromáticas).
2. Propagar orquídeas mexicanas con alto potencial ornamental y con problemáticas de conservación por la extracción en el mercado ilegal. Por ejemplo, seleccionar los mejores parentales y obtener plántulas de especies mexicanas representativas y de alta demanda en el mercado nacional como internacional, tal es el caso de especies como: *Laelia anceps* ssp. *dawsonii*, *Laelia* spp, *Lycaste skinneri*, *L. lassioglossa*, *Rossioglossum* spp, y simultáneamente se promovería su conservación ex situ y la reducción de la presión de colecta sobre las poblaciones silvestres.
3. Bases fisiológicas de la floración de orquídeas nativas de México con potencial ornamental, manejo del cultivo y de los factores ambientales para inducir las a florecer todo el año para flor de corte.
4. Tecnología de producción: propagación, nutrición/fertilización, manejo de plagas y enfermedades, condiciones climáticas, productos terminados y presentaciones para el mercado.
5. Producción de material vegetativo certificado.
6. Estudios de mercado: tamaño de la oferta y de la demanda; precios de venta; presentaciones preferidas y costos de producción.
7. Identificar y caracterizar microorganismos benéficos asociados a germoplasma de orquídeas nativas.

8. Control biológico y orgánico de plagas y enfermedades de orquídeas en vivero e invernadero.
9. Desarrollo de tecnología para orquídeas que incluya propagación, sustratos, nutrición y fertilización para evitar saqueo y extracción de su hábitat.
10. Validación, transferencia de tecnología de producción, promoción y presentaciones al mercado de alto valor y precio.
11. Propagación de las variedades de dominio público y su prueba de comportamiento comercial.
12. Selección de especies y generación de variedades para producción de planta en maceta y flor de corte normal y aromática con diferentes fines agroindustriales.
13. Manejo poscosecha y de la cadena de frío para flor de corte de especies tropicales y de clima templado.
14. Promover y consolidar las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida silvestre para que todos los productores y viveristas participantes del proyecto que propaguen especies mexicanas en categoría de riesgo que puedan comercializar posteriormente.

Es necesario que empresarios e instituciones inviertan en investigación para la obtener nuevas variedades y cultivos de plantas nativas y exóticas; y que los investigadores dedicados a la horticultura ornamental muestren los avances logrados en la conservación y cultivo sustentable. Al tiempo que se atiende la investigación en la ingeniería genética de los nuevos colores de las flores de cada especie, de la inhibición de la producción de etileno para aumentar la vida de florero de flor cortada y del manejo de la cadena de frío en poscosecha y el transporte al mercado.

V. Logros y avances

La familia Orchidaceae ha sido ampliamente estudiada en México, desde el inicio de la orquídeo-manía por parte de los europeos. Las orquídeas mexicanas han sido descritas y coleccionadas. Especies mexicanas como *Laelia anceps* ssp.

dawsonii fue colectada en Oaxaca y llevada a Inglaterra para realizar mejoramientos genéticos y cruza con otras especies como *Cattleya*. Numerosos naturalistas extranjeros y nacionales han descrito la orquídeo-flora mexicana durante más de 200 años.

El nacimiento de la asociación Mexicana de Orquideología, A. C. (AMO) en la década de los setentas vino a consolidar los estudios florísticos, inventarios y descripción de nuevas especies. Hoy en día los esfuerzos realizados por los naturalistas, colectores y la visión de la AMO permitieron que en nuestro país se formara un gran número de especialistas en orquídeas. Los estudiosos de orquídeas en México son reconocidos a nivel mundial, pues abarcan desde cuestiones taxonómicas, ecológicas y de conservación. Entre los principales logros obtenidos por los orquideólogos mexicanos, cultivadores, asociaciones y entidades gubernamentales tenemos:

1. Un inventario de orquídeas mexicanas que día a día se actualiza y respalda tanto en herbarios nacionales como extranjeros. Los números hoy en día reflejan la existencia de más de 1,300 especies y, fácilmente, cada año se incluyen de 5 a 10 especies nuevas.
2. Colecciones públicas y privadas que resguardan germoplasma de las especies mexicanas. Colecciones como el invernadero del Herbario AMO del Instituto Chinoín, la UMA la Encantada en Oaxaca, las colecciones de orquídeas de la UNAM, la Universidad Veracruzana, la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad Autónoma del Estado de México, la Universidad Michoacana, etc. resguardan en su conjunto casi el 90 % de las especies Mexicanas.
3. Diversas Universidades públicas mexicanas mantienen bancos de germoplasma *in vitro* donde albergan semillas, protocolos y plántulas como alternativa de conservación.
4. México es líder en investigación en orquídeas, desde niveles muy especializados como tópicos de biología molecular, sistemática, fisiología o biotecnología hasta manuales de cultivo para viveristas y público en general.

5. Hoy en día instituciones como el Instituto de Biología de la UNAM realizan investigación de vanguardia con orquídeas como por ejemplo el proyecto de código de barras de la vida para las especies mexicanas así como importantes proyectos de taxonomía, sistemática y evolución de las orquídeas mexicanas.
6. Instituciones como el Jardín Botánico de la UNAM, el Instituto de Ecología, A. C., el Orquideario de la Universidad Veracruzana, la Facultad de Agrobiología de la Universidad Michoacana entre otras han generado protocolos exitosos para la propagación masiva de orquídeas mexicanas con potencial ornamental y en peligro de extinción.
7. Investigadores del Instituto de Geología de la UNAM y del Colegio de Posgraduados realizan investigaciones sobre hongos micorrízicos y sus interacciones con las orquídeas mexicanas.
8. El orquideario de la Universidad Veracruzana en conjunto con la SEMARNAT y la PROFEPA mantienen vinculación con productores y viveristas para la gestión y el establecimiento de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre.

Son muchos los logros y aciertos de las universidades e instituciones de investigación mexicanas, sin embargo, es necesario concentrar estos avances y enfocarlos para lograr que nuestro país se convierta en líder en la producción de flores de corte y planta en macetas con variedades mejoradas a partir de nuestras especies que den alternativa a nuestros productores y reduzcan la presión sobre las poblaciones silvestres de orquídeas.

La empresa Viveplants, reporta avances para la obtención de híbridos mexicanos con potencial comercial de *Barkeria*, *Encyclia*, *Laeliocattleya*, *Epicattleya*, *Myrmecophila*, *Oncidium*, *Rhyncholaelia* y *Trichocentrum*; los avances reportados son resultados del financiamiento obtenido del programa Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos de la SAGARPA (SNICS, 2015).

En la Gaceta Oficial de Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales (SNICS 2014a), que confiere al solicitante, aprovechar y explotar, en forma exclusiva y de

manera temporal, por sí o por terceros con su consentimiento, una variedad vegetal y su material de propagación, para su producción, reproducción, distribución o venta, así como para la producción de otras variedades vegetales e híbridos con fines comerciales, existen 1,880 variedades protegidas bajo este esquema, de las cuales 430 solicitudes corresponde a especies ornamentales, integradas de la siguiente manera:

Nombre común	Número de solicitudes	% con respecto al total de variedades (1880)
Rosa	251	13.35
Gerbera	47	2.5
Crisantemo	32	1.7
Anturio	30	1.6
Alstromeria	23	1.22
Clavel	16	0.85
Gipsófila	8	0.43
Orquídea	6	0.32
Cempoalxochitl	5	0.27
Bugambilia	4	0.21
Dalia	3	0.16
Nochebuena	3	0.16
Azucena	2	0.11
Total	430	22.87

En lo que se refiere a los registros del Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (SNICS, 2014b), existen registradas 2,196 variedades de 59 especies; de las cuales las ornamentales presentes son: cempoalxóchitl (30), nochebuena (11), tigridia (8), dalia (5), lirio azteca (5), crisantemo (2) y estrella de coral (1).

VI. Propósito de la Demanda

Aprovechamiento integral del recurso orquídeas en México mediante estrategias de multiplicación masiva, desarrollo de tecnologías de producción sustentable, de la comercialización y diversificación en el mercado interno e internacional con base en las especies nativas y formación de nuevas variedades mejoradas, para su venta como flor cortada y planta en maceta.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Identificar, evaluar, describir, multiplicar y fomentar el aprovechamiento de las orquídeas nativas de México con alto potencial comercial; así como realizar mejoramiento genético mediante la conjunción, en nuevas variedades nacionales, de las características nativas y exóticas más apreciadas por coleccionistas y el público consumidor a nivel nacional e internacional (flor cortada, flores aromáticas y planta en maceta), como una forma altamente rentable de minimizar la extracción descontrolada de orquídeas en el país

Objetivos Específicos

1. Generar nuevas variedades nacionales de orquídeas a partir de especies mexicanas de alto potencial ornamental correspondientes a los géneros: *Laelia*, *Oncidium*, *Rossioglossum*, *Prostechea*, *Encyclia*, *Lycaste*, *Barkeria*, *Trichopilia*, *Cuitlauzina* y *Stanhopea*, mediante programa de mejoramiento genético sistematizado a partir de especies nativas para generar nuevas variedades (de maceta, de flor cortada y flores aromáticas).
2. Propagar y establecer viveros de material vegetativo certificado a través de la aplicación de protocolos modernos y eficientes de propagación masiva (biorreactores), de las nuevas variedades de orquídeas generadas de alto potencial ornamental y con problemas de conservación por la extracción para el mercado ilegal (como por ejemplo, *Mexipedium xerophyticum* y *Phragmipedium exstaminodium*), y de variedades del dominio público.
3. Establecer las bases fisiológicas de la floración de orquídeas nativas de México con potencial ornamental, manejo del cultivo y de los factores ambientales para inducir las a florecer todo el año para flor de corte.
4. Desarrollar tecnologías integrales para el cultivo y aprovechamiento de orquídeas: propagación, nutrición/fertilización, control biológico y orgánico de

- plagas y enfermedades en vivero e invernadero, condiciones climáticas, productos terminados y presentaciones para el mercado.
5. Identificar y caracterizar microorganismos benéficos asociados a germoplasma de orquídeas nativas.
 6. Establecer tecnologías, procedimientos y alternativas para el manejo poscosecha y de la cadena de frío para flor de corte y flores individuales de orquídeas tropicales y de clima templado.
 7. Capacitar a productores en la integración de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre para fomentar que los habitantes locales, productores y viveristas participantes del proyecto que propaguen especies mexicanas y en categoría de riesgo, puedan comercializarlas posteriormente.
 8. Realizar transferencia de tecnología vinculada a las innovaciones tecnológicas disponibles y las generadas en el proyecto, dirigida a productores y técnicos, para fomentar la innovación en la cadena de valor orquídeas.

VIII. Justificación

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

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

aplicadas al sector agroalimentario que eleven la productividad y competitividad” y en la Línea de Acción 1.1.1. *“Implementar investigación y desarrollo tecnológico aplicado en proyectos de desarrollo rural sustentable a través del SNITT”* (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable).

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente Demanda titulada **“Impulso a la cadena de valor orquídeas mediante desarrollos tecnológicos e innovaciones en sus procesos”**, misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1. del PSDAPA.

Las demandas urgentes y estratégicas captadas en el Taller de Vinculación sobre orquídeas, organizado por el SNITT, en 2015 (21 de agosto), nos arrojan que la problemática en el cultivo de orquídeas, es: la falta de manuales sobre la producción y manejo agronómico (nutrición/fertilización, podas, sistemas de riego, manejo, requerimientos ambientales para especies tropicales y templadas (vivero/invernadero), manejo de plagas y enfermedades; la baja disponibilidad de material vegetativo de variedades nativas y mejoradas (tropicales y templadas) apreciadas en el mercado (nacional e internacional); escasa agregación de valor (productos terminados y presentaciones para el mercado: flor individual, flor de corte y planta en maceta) y el deficiente manejo poscosecha (cadena de frío: flor individual y cortada de especies tropicales y templadas; planta en maceta).

En tal situación, se requiere orientar la investigación y desarrollo tecnológico hacia la generación de innovaciones para aumentar la productividad y competitividad de la cadena orquídeas al desarrollar las capacidades productivas con visión

empresarial de los productores; impulsar el aprovechamiento sustentable del recurso nativo disponible y el exótico importado; agregar valor y mejorar las presentaciones acorde al tipo de mercado que se atiende; transferir el conocimiento disponible y generado; así como desarrollar el mercado nacional e incrementar la presencia de México en el mercado internacional de orquídeas.

IX. Productos a entregar

1. Un informe de los resultados de programa de mejoramiento genético sistematizado a partir de especies nativas para generar nuevas variedades de orquídeas (de maceta, de flor cortada y flores aromáticas), de alto valor comercial, a partir de especies mexicanas de reconocido potencial ornamental de los géneros: *Laelia*, *Oncidium*, *Rossioglossum*, *Prostechea*, *Encyclia*, *Lycaste*, *Barkeria*, *Trichopilia*, *Cuitlauzina* y *Stanhopea* (2 variedades por género), con sus respectivos documentos de descripción para los registros varietales de protección intelectual.
2. Un informe con los resultados de la propagación y establecimiento de viveros de material vegetativo certificado abastecidos mediante procesos eficientes de propagación masiva como biorreactores, de variedades del dominio público y de las nuevas variedades de orquídeas de alto valor comercial, generadas a partir de especies mexicanas con alto potencial ornamental, con problemas de conservación por la extracción en el mercado ilegal, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
3. Un informe del estudio de las bases fisiológicas de la floración de orquídeas nativas de México con potencial ornamental, manejo del cultivo y de los factores ambientales para inducirlas a florecer todo el año para flor de corte, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
4. Un manual de las tecnologías integrales, vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para el cultivo y aprovechamiento de orquídeas (de

maceta, de flor cortada y flores aromáticas): propagación, nutrición/fertilización, control biológico y orgánico de plagas y enfermedades en vivero e invernadero, condiciones climáticas, productos terminados y presentaciones para el mercado, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.

5. Un informe con resultados de la identificación y caracterización de microorganismos benéficos asociados a germoplasma de orquídeas nativas con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
6. Un informe de las tecnologías, procedimientos y alternativas para el manejo poscosecha y de la cadena de frío para flor de corte y flores individuales de orquídeas tropicales y de clima templado con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
7. Un informe con resultados de la capacitación a productores en la integración de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre para fomentar que los habitantes locales (recolectores), productores y viveristas participantes del proyecto que propaguen especies mexicanas y en categoría de riesgo, puedan comercializarlas posteriormente, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
8. Un informe con los resultados de la transferencia de tecnología vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, dirigida a técnicos y productores de orquídea, para inducirlos a la innovación con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Incrementar la rentabilidad y competitividad de la cadena de valor orquídeas en México, en beneficio de los productores y consumidores.

- Aumento de la eficiencia en la producción de orquídea mediante el uso de tecnologías más eficientes de: variedades cultivadas, sustratos, material vegetativo, riego, fertilización y manejo de plagas y enfermedades y agregación de valor (productos terminados y presentaciones adecuadas para el mercado).
- Promoción de nuevos eslabones de la cadena de valor cercanos al consumidor, para el cultivo de orquídeas, que generarán divisas al país.

Social

- Transferencia de tecnología a productores innovadores y técnicos, en el manejo de sustratos adecuados, las condiciones ambientales, plagas y enfermedades y presentaciones para el mercado.
- Mejora de la calidad de los productos ofrecidos por los productores y comercializadores de orquídeas.

Tecnológico

- Generación y utilización de variedades propias, mejores sistemas, técnicas de cultivo y presentaciones finales de orquídeas para generar mayor productividad y eficiencia del uso de suelo, material vegetativo, sustratos, fertilizantes, agua, pesticidas y contenedores.

Ecológico

- Reducción del saqueo ilegal de las orquídeas nativas por medio de la disponibilidad de material vegetativo de nuevas variedades nacionales competitivas.
- Producción sustentable de orquídeas mediante métodos intensivos, insumos adecuados y aprovechamiento altamente rentable de nuestra la biodiversidad.

XI. Literatura citada

- Arriaga, L., J. M. Espinosa, C. Aguilar, E. Martínez, I. Gómez y E. Loa. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México. 325 p.
- Ávila, D. I. y K. Oyama. 2002. Manejo sustentable de *Laelia speciosa* (orchidaceae). *Biodiversitas* 6:34-40.
- Dressler, R. 2005. How many orchids species? *Selbyana* 26 (1-2): 155-158.
- Flores-Palacios, A. y D. S. Valencia. 2007. Local illegal trade unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136: 372-387.
- Flores-Palacios, A. y P. Brewster. 2002. Introducción al cultivo de orquídeas. Instituto de Ecología A. C. y Asociación Mexicana de Orquideología. México 22 p.
- Hágsater, E. y M. A. Soto-Arenas. 1998. Orchid Conservation in Mexico. *Selbyana* 19:15-19.
- Hágsater, E., M. A. Soto Arenas, G. A. Salazar, R. Jiménez Machorro, M. A. López Rosas y R. L. Dressler. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoín. México D.F. 304 p.
- Hernández-Apolinar, M. 1992. Dinámica poblacional de *Laeliaspeciosa* (HBK) Schltr. (Orchidaceae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 138 p.
- Iriondo-Alegría, J.M. 2001. Conservación de germoplasma de especies raras y amenazadas. *Investigación Agraria – Producción y Protección Vegetal* 16:5-22.
- Santos-Hernández, L., M. Martínez-García, J. E. Campos y E. Aguirre. 2005. *In vitro* propagation of *Laelia albida* (Orchidaceae) for conservation and ornamental purposes in Mexico. *HortScience* 40:439-442.
- SAGARPA, SNICS, SINAREFI. UACH. 2011. Diagnóstico de la familia Orchidaceae en México (*Prosthechea citrina*, *Prosthechea vitellina*, *Stanhopea tigrina*, *Encyclia adenocaula*, *Laelia speciosa*, *Laelia gouldiana* y

- Rhyncho스테le rossi*). Compilador. María de los Ángeles Aída Téllez Velasco.
- SNICS. 2014a. Gaceta Oficial de los Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales, Año 8, Núm. 15, 221p
- SNICS. 2014 b. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales .SNICS-SAGARPA, fecha de consulta: 07/09/2015); <http://snics.sagarpa.gob.mx/dov/Paginas/CNVV.aspx>
- SNICS, 2015. http://snics.sagarpa.gob.mx/Documents/Presentaciones_FIRA_2014/16_Mejoramiento_genetico_de_orquideas_mexicanas_para_la_obtencion_de_material_de_interes_comercial.Viveplants.pdf Fecha de consulta 15/09/2015
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México. 30 de diciembre de 2010.
- Soto-Arenas, M. A., G. A. Salazar y E. Hagsater, E. 1990. *Phragmipedium xerophyticum* una nueva especie del sureste de México. *Orquidea (Mex.)* 12:1-10.
- Soto-Arenas, M. A. 1993. Clasificación intraespecífica de *Laeliaanceps*. *Orquidea (Mex.)* 11:233-277.
- Soto-Arenas, M. A. 1996. México (Regional account). En: IUCN/SSC Orchid Specialist Group. Orchids. Status Survey and Conservation Action Plan, UICN. U.K. 53-58.
- Soto-Arenas, M. A. y G. A. Salazar. 2004. Orquídeas. En: A.J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la naturaleza, World Wild Life Fund. Mexico. pp. 271-295.
- Soto-Arenas, M. A., E. Hagsater, R. Jiménez-Machorro, G. A. Salazar Chávez, R. Solano-Gómez, R. Flores-González y I. Ruiz-Contreras, I. 2007a. Las

- orquídeas de México. Catálogo Digital. Disco Interactivo Multimedia. Win-Mac. Herbario Amo. Instituto Chinoín A.C. México.
- Soto-Arenas, M. A., R. Solano y E. Hágsater. 2007b. Risk of extinction and patterns of diversity loss in Mexican orchids. *Lankersteriana* 7(1-2): 114-121.
- Velázquez, A., J. F. Mas y Palacio, J. L. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo. Instituto de Geografía, UNAM - Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, México, D.F.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

Demanda 4

SISTEMA PRODUCTO ORNAMENTALES – Nochebuena

I. Título tema a demandar

Generación de variedades mejoradas de nochebuena e innovaciones en su proceso de producción intensiva en México

II. Beneficiarios del Proyecto

Productores, viveristas, consumidores y comercializadores del cultivo de nochebuena de las principales zonas productoras del país.

III. Antecedentes

La nochebuena pertenece a la familia Euphorbiaceae, la cual es muy diversa (la sexta entre las angiospermas) y está constituida por cinco subfamilias, 49 tribus, 317 géneros y cerca de 8100 especies en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Martínez-Gordillo *et al.*, 2002). En México se encuentran alrededor de 43 géneros y 782 especies de esta familia, siendo *Euphorbia* el género representativo (241 especies; 31 %). La mayoría contiene una savia lechosa que puede producir dermatitis en personas susceptibles (Taylor *et al.*, 2011), también se utilizan en medicina popular para tratar enfermedades de la piel, parásitos intestinales y verrugas (Rauf y Muhammad, 2013), además, poseen efectos anti-artríticos, anti-cancerígenos (Valente *et al.*, 2003; Luo *et al.*, 2006), anti-convulsivos (Singh *et al.*, 2012), anti-diabéticos, anti-eczemática (enfermedad de la piel), anti-inflamatorios, anti-microbianos, anti-espasmódicos, anti-tumorales, anti-tusivos (tos seca), hormonales y contra mielopoyesis (Ferreira *et al.*, 2006; Eberle *et al.*, 1999; Lin *et al.*, 1983).

La especie más importante de *Euphorbia* es *E. pulcherrima* (nochebuena) que se distribuye en los bosques tropicales caducifolios de la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa en México, hasta Guatemala (Steinmann, 2002); es originaria del Sur de México y el Norte de Guatemala. Joel Roberts Poinsett la encontró en la región de Taxco, Guerrero, de donde se considera, es su origen. En su hábitat nativo es un arbusto leñoso que florece en invierno y llega a crecer más de 3 m de altura (Taylor *et al.*, 2011; Ingram, 2014). Es la planta de maceta más importante del mundo económicamente hablando, con ventas anuales de cientos de millones de dólares (USDA, 2015); también es muy solicitada como ornamental en jardines y espacios públicos, y también como planta medicinal debido a su composición química (Colinas-León, 2009).

La característica más importante de la nochebuena es el color de las brácteas, que mucha gente cree que son flores, cuando en realidad son hojas modificadas. Las verdaderas flores de la nochebuena son menos conspicuas, y forman un conglomerado amarillo a rojo en el centro de las brácteas (Taylor *et al.*, 2011).

Esta especie es una importante fuente de ingresos para quien la produce y comercializa, lo cual se lleva a cabo a través de ventas al por menor directamente del invernadero o lugar de producción, y por ventas al por mayor en los jardines locales, con floristas, en tiendas de comestibles o departamentales y en locales a orilla de carretera. La producción de nochebuena es un negocio de alto riesgo, ya que su producción es costosa en todas las etapas y, además, requiere de una labor y manejo demandante. Generalmente los productores rotan el cultivo con algún otro de similares características. Las inversiones iniciales incluyen la construcción del invernadero, los costos del sistema de producción y del equipo (Ingram, 2014).

Para una buena producción y propagación de la especie, la selección de cultivares es una decisión crítica, para lo cual existe variabilidad de germoplasma en el país, entre genotipos silvestres, semicultivados y cultivados, con sus respectivas diferencias fenotípicas. Los genotipos silvestres, en comparación con los domesticados, tienen tallos altos no ramificados con internudos largos, las brácteas son más estrechas y menos brillantes, además tienen flores y frutos más grandes y abundantes (Trejo *et al.*, 2012). Son diversas las características a tomar en cuenta para obtener genotipos idóneos para comercialización, las más importante es el color y tamaño de las brácteas; además de las rojas y blancas, existen las rosas, las amarillentas, las naranjas y lilas, y también las de colores sólidos, moteados o con manchas. Otras variaciones hortícolas incluyen la intensidad del color de la hoja, la forma de la bráctea, la forma de la hoja y el hábito de crecimiento. Lo importante es elegir a aquellos cultivares que cumplan con las características deseadas por el cliente o por la demanda del mercado. Adicionalmente, los productores deben considerar otras características como la adaptabilidad a las condiciones del invernadero, la facilidad de ramificación, requerimientos de luz, tolerancia al frío, resistencia a enfermedades y vigor de la planta (Ingram, 2014). La distribución de la nochebuena en diferentes hábitats de México ha permitido la diferenciación fenotípica, que sobresale por su capacidad de adaptación y resistencia a factores ambientales específicos (Trejo *et al.*, 2012).

La propagación de nochebuena se da por esquejes tomados de plantas madre (Canul-Ku *et al.*, 2010; 2012; 2013). Una decisión clave que enfrentan los nuevos productores es decidir entre producir sus propias plantas madre para esquejes o comprar los esquejes (enraizados o no enraizados). Un aspecto esencial para el enraizamiento de esquejes es la nebulización controlada. Una vez enraizados, los esquejes son transplantados directamente al contenedor final (Ingram, 2014). Por otra parte, también se da la propagación mediante varetas (estacas de madera dura) (García-Pérez *et al.*, 2013), para lo cual se deben obtener varetas de buena calidad de plantas madre que presenten características fenotípicas adecuadas, como el porte de planta, forma, tamaño, color de hojas y brácteas (Canul-Ku *et al.*, 2010). Una estrategia económica y rápida (dos meses) para obtener buenas plantas comerciales es tomar en cuenta la selección de estacas con madurez adecuada de plantas madres, el sustrato adecuado con altos componentes orgánicos, el riego y la estimulación exógena base de ácido indol-3-butírico (García-Pérez *et al.*, 2013).

En México, la producción de nochebuena ha tomado relevancia pues es una planta llamativa y demandada en la época navideña. En los últimos 10 años la superficie destinada a su cultivo aumentó, con algunos altibajos, e igualmente la producción aumentó, lo que se ha visto reflejado en el aspecto económico. Se producen alrededor de 30 millones de plantas de nochebuena al año, con un valor de la producción de \$ 447, 293,600. Los principales estados productores son Morelos, Michoacán, Distrito Federal, Puebla, Jalisco, estado de México y Oaxaca, que producen alrededor de 30 variedades (SIAP, 2014).

Las innovaciones en la propagación y producción de nochebuena han hecho de esta especie la planta de maceta más ampliamente producida en muchos de los países productores; sin embargo, tiene la desventaja que está restringida a una sola época del año (temporada navideña), por lo que la expansión de su mercado es un aspecto a mejorar (Taylor *et al.*, 2011).

En México existen 11 variedades registradas en el SNICS (Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas): 'Teté', 'Valenciana', 'Valsu', 'Amanecer

Navideño’, ‘Anna’, ‘Belén’, ‘Corona’, ‘Estrella’, ‘Juan Pablo’, ‘Marysia’ y ‘Rehilete’, todas ellas denominadas de sol (CNVV, 2014). Las más producidas en el estado de Morelos son: ‘Juan Pablo’, ‘Rehilete’, ‘Belén’ y ‘Amanecer Navideño’, además de ‘Valenciana’, las cuales son de dominio público (Galindo-García *et al.*, 2012). La mayoría de ellas son resultado de la selección, reproducción y modificaciones realizadas a las nochebuenas criollas (Colinas-León, 2009).

En la Gaceta Oficial de Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales (SNICS, 2014), que confiere al solicitante, aprovechar y explotar, en forma exclusiva y de manera temporal, por sí o por terceros con su consentimiento, una variedad vegetal y su material de propagación, para su producción, reproducción, distribución o venta, así como para la producción de otras variedades vegetales e híbridos con fines comerciales; existen 1880 variedades protegidas bajo este esquema, de las cuales 430 solicitudes corresponde a especies ornamentales y 3 a nochebuena, integrado de la siguiente manera:

Nombre común	Número de solicitudes	%con respecto al total (1880)
Rosa	251	13.35
Gerbera	47	2.5
Crisantemo	32	1.7
Anturio	30	1.6
Alstromeria	23	1.22
Clavel	16	0.85
Gipsófila	8	0.43
Orquídea	6	0.32
Cempoalxochitl	5	0.27
Bugambilia	4	0.21
Dalia	3	0.16
Nochebuena	3	0.16
Azucena	2	0.11
Total	430	22.87

Fuente: SNICS 2014. Gaceta oficial de los derechos de obtentor de variedades vegetales, Año 8, Núm. 15, 221 p.

La nochebuena es termo-fotosensible, ya que su producción depende esencialmente de las condiciones de temperatura, humedad relativa y horas oscuridad para que ocurra la pigmentación en las brácteas; condiciones que deben ser consideradas como factores importantes durante la generación de híbridos y variedades (Canul-Ku *et al.*, 2013).

La nochebuena se puede encontrar en estado silvestre en su hábitat natural, sembrada en traspatios y jardines, o cultivada como variedad mejorada para decorar interiores. Aquellas especies de plantas establecidas en traspatio y jardines se conocen como nochebuena de sol, y se utilizan para ornato en autoconsumo (Galindo-García *et al.*, 2012). Por otra parte, los cultivares mejorados se cultivan en macetas de diferente tamaño y presentación, y son comercializadas en temporada navideña (Canul-Ku *et al.*, 2014). A lo largo de decenas de años, se han generado cultivares con brácteas más largas de varias formas y colores, y plantas más pequeñas y compactas (Trejo *et al.*, 2012), con lo cual se ha logrado obtener una diversidad de esta especie. El germoplasma de nochebuena está en peligro de perderse debido al bajo tamaño de la población nativa, al crecimiento del área urbana, la ocurrencia de heladas y sequía en algunas regiones del país y la oferta constante de variedades comerciales procedentes del extranjero (Canul-Ku *et al.*, 2013).

Con el fin de determinar su variabilidad genética se han realizado diversos estudios, a través de análisis morfológicos del germoplasma nacional de nochebuena, pero tales caracteres no fueron eficientes para agrupar las colectas por estado de origen; sin embargo, se logró diferenciar los materiales silvestres de los semicultivados y cultivados (Canul-Ku *et al.*, 2014); por lo cual es importante realizar estudios moleculares para lograr un resultado confiable de diversidad genética en México. En este aspecto, se han hecho estudios usando RAPD's (Randomly Amplified Polymorphic DNA, Amplificación Aleatoria de ADN Polimórfico) para identificar varios cultivares de nochebuena a partir de ADN de hojas, con lo cual se eliminan confusiones obtenidas a través de caracteres morfológicos (Ling *et al.*, 1997). También, a través de AFLPs (Amplified Fragment Length Polymorphism, Polimorfismo de la Longitud de Fragmentos Amplificados) se logró identificar cultivares de nochebuena y conocer su diversidad genética (Parks y Moyer, 2004). Por otra parte, a través de extracción, amplificación y secuenciación de ADN de hojas se determinó el origen de las plantas de nochebuena del Distrito Federal, concluyendo que existen dos variantes genéticas, una proveniente de Guerrero, y la otra pertenece a cultivares mexicanos

cercanamente emparentados a las poblaciones silvestres de Guerrero y Morelos. Los estudios de diversidad genética, así como la influencia de su posible origen geográfico, permite tomar acciones para la protección, manejo, conservación y mejoramiento genético del germoplasma mexicano de nochebuena (Trejo-Hernández *et al.*, 2015).

A lo largo de los años, se ha tratado de modificar el aspecto de la planta de nochebuena para obtener una mejor presentación y mejora de su estética, pero los resultados han provocado algunos cambios no esperados o no deseados. Con el objetivo de reducir la altura de la planta para mantener la relación 2:1 entre la planta y la maceta, se aplicaron dosis y frecuencias de etefón (ácido cloroetilfosfónico) en plantas de nochebuena; siendo 1000 mg L⁻¹ de etefón combinada con tres aplicaciones la que produjo plantas con menor altura, pero reduciendo el área de las brácteas (30 % menor que la del testigo), por lo cual se afectó la calidad de la planta (Pérez-López *et al.*, 2005). También, se estudió el efecto de la irradiación de rayos gamma sobre nochebuena (semillas) (aplicación desde 50 a 275 Gray); a 250 Gray se incrementó el tamaño de semilla y se redujo la altura de la planta, promoviéndose variación genética que pudiese utilizarse en programas de mejoramiento genético. Esto representa una alternativa viable y económica (Canul-Ku *et al.*, 2012). También se ha intentado producir nochebuena con rizobacterias promovidas por *Pseudomonas putida*, con lo cual se mejoraron algunos parámetros de crecimiento en las variedades 'Prestige' y 'Sonora' sin el deterioro del color de las brácteas; no obstante, se redujo el contenido de antocianinas. 'Prestige' respondió mejor al tratamiento, debido quizá a los exudados de las raíces. Este resultado pudiera aplicarse en la reducción del uso de fertilizantes y reducción de costos de producción (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2014). También, existe en nochebuena una bacteria en la hoja que inhibe el crecimiento de la bacteria patógena *Xanthomonas axonopodis*, protegiéndola de sus infecciones (Li *et al.*, 2008).

A través de ingeniería genética y con el fin de producir plantas de nochebuena compactas con la altura deseable y reducir la utilización de retardantes químicos de crecimiento, se introdujo el gen *AtSH1 SHORT INTERNODE* (*AtISH1* de Demandas del Sector 2015-5

NTERNUDO CORTO) de *Arabidopsis* controlado por el promotor - virus del mosaico de coliflor 35S por medio de *Agrobacterium tumefaciens*, con lo cual se demostró que la introducción de este gen puede ser una forma efectiva para controlar la altura de la planta sin afectar negativamente el tiempo de floración, lo cual puede ayudar a reducir el uso de retardantes de crecimiento que pueden ser tóxicos para el ambiente y el ser humano (Islam *et al.*, 2013). También, el 1-metilciclopropeno (1-MCP), que es un inhibidor de la producción de etileno, ayudó a mantener por más tiempo el buen aspecto de la nochebuena (Ruíz-Alvarado *et al.*, 2015).

La nochebuena no está exenta al daño de plagas y enfermedades. Las condiciones logradas en el invernadero para el buen desarrollo de la planta también favorecen la rápida acumulación y propagación de insectos y enfermedades, para lo cual la prevención y monitoreos son clave para su manejo y control. También, el control de malezas ayuda a reducir estos problemas, y se recomienda no aplicar productos químicos agresivos en el invernadero (Ingram, 2014). Los problemas ocasionados por enfermedades incluyen pudrición del tallo y raíz por *Rhizoctonia*, pudrición de raíz por *Pythium aphanidermatum* y *P. irregulare*, pudrición negra de raíz por *Thielaviopsis basicola* y moho gris por *Botrytis cinerea* (Benson *et al.*, 2002). Las acciones preventivas con la utilización de fungicidas y bactericidas, en combinación con buenas prácticas culturales y sanitarias son esenciales para el control. Las plagas más comunes en nochebuena bajo condiciones de invernadero son la mosca blanca, el thrips, *Scatella stagnalis* (*shoreflies*) y algunos ácaros (Ingram, 2014).

Otras enfermedades que afectan la producción de nochebuena son: roya (*Alternaria euphorbiicola*), cenicilla (*Oidium* spp.), sarna (*Sphaceloma poinsettiae*), roya por *Erwinia* (*Pectobacterium carotovorum*) y manchas en las hojas (*Xanthomonas campestris* pv. *Poinsettiicola*) (Benson *et al.*, 2002). Por su parte, Orlikowski *et al.* (2007) reportaron pudrición de raíz y muerte regresiva causada por *Fusarium oxysporum*; además ocurre pudrición de la corona y raíz por *Phytophthora* (Orlikowski and Ptaszek, 2013).

Ocampo-Ocampo *et al.* (2013) reportaron por vez primera el virus del mosaico del tabaco (Tobacco Mosaic Virus, TMV), y el virus del mosaico de la nochebuena (Poinsettia Mosaic Virus, PnMV) en plantas silvestres y semicultivadas a través de DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich – Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) y RT-PCR (Reverse Transcription – Polymerase Chain Reaction). Existen otros virus distribuidos en varias partes del mundo afectando a la nochebuena, entre los que se encuentran el virus del enrizado de hojas de *Euphorbia* (ELCV, Euphorbia Leaf Curl Virus), el virus del mosaico de poinsettia (PnMV, Poinsettia mosaic virus) y el virus latente de poinsettia (PnLV, Poinsettia Latent Virus) en China (Ma *et al.*, 2004), Estados Unidos (Fulton y Fulton, 1980), Canadá (Chiko, 1983), Australia (Guy, 1985), Alemania (Koenig y Lesemann, 1980; Bradel *et al.*, 2000), Inglaterra (Lesemann *et al.*, 1983), Corea (Chung *et al.*, 2004), Nueva Zelanda (Lebas *et al.*, 2007), Japón (Okano *et al.*, 2010), Noruega (Spetz *et al.*, 2008), Venezuela (Carballo *et al.*, 2001), y en Alemania e Italia (Bellardi y Bertaccini, 1989; Koenig y Lesemann, 1980), además del virus críptico de poinsettia (PnCV, Poinsettia cryptic virus) en diversas partes del mundo (Clarke *et al.*, 2006).

Para reducir la afectación por diversos factores y para obtener plantas idóneas para el mercado, es necesario tomar en cuenta la nutrición. La nochebuena de sol presenta alta demanda de N y K después de la poda en etapa vegetativa. El elemento más consumido en los cultivares ‘Valenciana’ y ‘Rehilete’ fue el N, seguido del K, Ca, Mg, y P. A partir de la etapa inductiva hubo mayor acumulación de biomasa en ambas variedades. ‘Rehilete’ requirió mayor cantidad de macronutrientes que ‘Valenciana’. La mayor tasa de absorción de N, P y K en ‘Rehilete’ fue en la etapa vegetativa, mientras que en ‘Valenciana’ la mayor tasa de absorción de P, Ca y Mg fue en la etapa inductiva (Galindo-García *et al.*, 2015).

Al igual que la mayoría de las especies vegetales, la nochebuena presenta una variada composición química, de acuerdo a las condiciones ambientales en las que se desarrolle y adapte, y pudiese aprovecharse para aplicaciones en medicina y alimentación, principalmente. La característica más importante de esta especie es la coloración de sus brácteas (rojas en su gran mayoría), lo cual se debe al alto contenido de antocianinas, responsable de este tipo de coloraciones en la mayoría

de las especies vegetales que las contienen. Han sido diversos los estudios dirigidos a conocer las propiedades de los compuestos químicos presentes en las diversas estructuras vegetales de la nochebuena, cuya evaluación a través de sus extractos han arrojado resultados sobresalientes.

El extracto acuoso y etanólico de flores, hojas, tallo y de la planta completa presentaron actividad contra bacterias y hongos patógenos. Las bacterias *Salmonella typhi* y *Escherichia coli* fueron inhibidas por los extractos antes mencionados, excepto por el extracto de las flores. También, el hongo *Aspergillus niger* fue sensible al extracto acuoso de hojas, pero en contraparte, *Candida albicans* fue muy poco afectado; mientras que el extracto etanólico de flores fue efectivo contra *A. niger* y *Trichophyton tonsurans*. De los extractos evaluados, los de hoja y tallo fueron los más efectivos contra los microorganismos estudiados. El estudio fitoquímico demostró la presencia de taninos, resinas, esteroides, glucósidos, alcaloides, azúcares reductores y saponinas, alguno de los cuáles pueden ser los responsables de tales efectos conjuntamente (sinergismo) o individualmente (Yakubu y Mukhtar, 2011).

Las antocianinas son, al parecer, el componente químico más abundante e importante y tienen funciones primordiales en la fisiología de la planta. Se comprobó que al realizar estudios de ADN a través de métodos de fluorescencia, se han encontrado errores en la medición del tamaño de la cadena de ADN debido a la interferencia de las antocianinas (Bennett *et al.*, 2008).

Otra de las especies de *Euphorbia*, *E. wallichii*, presentó actividad antioxidante y actividad citotóxica contra células cancerosas de pulmón y melanoma. El contenido fitoquímico reveló el contenido de alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos, terpenoides, y glucósidos cardiacos (Ihsan-Ul-Hap *et al.*, 2012). Por otra parte el extracto acuoso de *E. heterophylla*, también tuvo actividad antioxidante debido a su contenido de lignina, cumarinas, alcaloides y flavonoides, principalmente (Keerthana *et al.*, 2014).

Los extractos de partes aéreas de nochebuena fueron sujetos a un estudio anti-oxidante, anti-bacterial, analgésico y fitotóxico. La actividad anti-oxidante del

extracto de acetato de etilo fue notable con más del 90 % de inhibición del DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazilo), mientras que este mismo extracto y el metanólico presentaron moderada actividad antibacterial contra *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus stearothermophilus* y *Salmonella typhimurium*. El extracto crudo exhibió un efecto significativo fitotóxico y el extracto metanólico un efecto analgésico sobresaliente. El contenido fitoquímico reveló la presencia de alcaloides, terpenoides, saponinas, glucósidos, azúcares reductores y aminoácidos (Rauf y Muhammad, 2013). Por su parte, el látex de las partes aéreas de la nochebuena tiene propiedad anti-convulsiva, lo cual fue probado en ratas y ratones (Singh *et al.*, 2012). Los mayores componentes del látex de *Euphorbia* son los esteroides, los terpenoides, las vitaminas, y algunos compuestos con propiedades anti-cáncer como los flavonoides y alcaloides. Se ha informado que el látex de nochebuena es venenoso para el ganado, pero, en medicina veterinaria es usado para matar gusanos de las heridas del ganado (Kondamudi *et al.*, 2009). Otros tipo de compuestos encontrados en la nochebuena (excepto en la raíz) son los de naturaleza esteroidea como el colesterol, el sitosterol, el campesterol y el 22-dihidrobrassicasterol, además de otros esteroides y terpenoides (Sekula y Nes, 1980).

Como se sabe, las condiciones ambientales son unas de las condicionantes más importantes para el buen desarrollo de una especie vegetal y para su composición química característica. Generalmente se presentan variaciones de acuerdo con la localidad donde se desarrollen las especies. Como prueba de esto, se obtuvo evidencia de la fluctuación de carbohidratos entre nochebuenas desarrolladas en Texcoco, estado de México, y en Cuautla, Morelos, en donde se observó que las plantas de Cuautla tuvieron mayor contenido de azúcares totales, azúcares reductores y almidón que las de Texcoco, siendo Cuautla un lugar más cálido y con mayor intensidad de luz (Colinas-León *et al.*, 2006).

Se han realizado estudios de propagación *in vitro* y embriogénesis somática, lo cual es otra forma de mantener, aumentar y mejorar la nochebuena (Roy y Jinnah, 2001; Jasrai *et al.*, 2003). Igualmente en estudios *in vitro*, se analizó el efecto de la benciladenina (BA), la giberelina (AG3), la 6-bencilaminopurina (6-BAP) y el ácido

3-indolacético (3-AIA) en la propagación de nochebuena, obteniendo mayor longitud de brotes y aumento en el número de hojas con ciertas combinaciones de las hormonas (Bidarigh y Azarpour, 2013), además de la producción de callos rojizos productivos junto con callos blancos y grises-verdes en la base de las plántulas (Perera y Trader, 2010). Con este tipo de estudios pueden eliminarse ciertas restricciones en la propagación como los bajos niveles de crecimiento, pocos brotes por explante y lento crecimiento de raíces.

Un esquema de mejoramiento es la hibridación, la cual aprovecha los efectos no aditivos de los genes de las poblaciones de tipos cultivadas, lo cual se traduce en vigor híbrido (generalmente positivo), es decir, la ganancia exuberante en vigor en la generación resultante como resultado de cruzar dos genotipos contrastantes (aunque también puede haber heterosis negativa). En Zacatepec, Morelos, se han obtenido por hibridación diversas variedades, para lo cual se utilizaron progenitores femeninos de Oaxaca, Morelos, Puebla y Guerrero y los masculinos “Freedom Red” y “Prestige”, de los cuales se obtuvieron los siguientes genotipos: Zacatepec 3, 5, 10, 20, 23, 24, 27, 47 y 48, con diferencias morfológicas muy importantes, indicativo de la amplia variabilidad de germoplasma en México. Todas las variedades obtenidas presentaron características importantes de interés para el consumidor, como el tamaño de planta y el color y tamaño de las brácteas (Canul-Ku *et al.*, 2013). En ornamentales el uso de plantas híbridas va en aumento, ya que ofrecen múltiples ventajas como una alta respuesta a la aplicación de nutrimentos y se mejora la apariencia general de la planta (Kempe y Gils, 2011), lo cual es importante pues la estética de la planta es lo más importante en especies ornamentales. Con todo lo anteriormente mencionado, se puede afirmar que la conservación, producción y comercialización de nochebuena es una opción viable económicamente hablando; sin embargo, se requieren investigaciones que ayuden a la mejora y a tener alternativas de explotación de este cultivo.

IV. Problemática

Entre la problemática que enfrenta la cadena de valor nochebuena en México, se encuentra:

1. Escasa aplicación de tecnologías de acuerdo con los requerimientos edafoclimáticos del cultivo; de asesoría técnica especializada y bajo conocimiento de aspectos agronómicos, sobre todo entre pequeños productores.
2. El proceso de producción se realiza de manera convencional o empírica porque faltan guías tecnológicas de producción actualizadas, y en muchos de los casos faltan recursos económicos para su implementación (Galindo-García *et al.*, 2012).
3. La mayoría de los productores no son propietarios del área de producción por lo que tienen que rentar o conseguir terrenos prestados, lo que afecta la rentabilidad del cultivo. En algunos otros casos, la superficie de predios es reducida por lo que no es posible una producción a escalas mayores que ayuden a satisfacer las necesidades de demanda (Galindo-García *et al.*, 2012).
4. En algunas regiones, el material vegetativo es escaso y se tienen pocos recursos para conseguirlo, por lo que es difícil responder ante las demandas y exigencias del mercado en la época de comercialización (Galindo-García *et al.*, 2012).
5. El precio de venta de la planta al público es bajo, en parte por la intervención de revendedores; y el tiempo de comercialización es corto (Galindo-García *et al.*, 2012).
6. Baja organización de los productores y de trabajo en equipo, reflejada en muy pocas asociaciones, a través de las cuales se podría hacer más eficiente y rentable la producción y explotación de nochebuena (Galindo-García *et al.*, 2012).
7. Incidencia de diversas plagas y enfermedades en nochebuena: pudrición del tallo y raíz (*Rhizoctonia*), pudrición de raíz (*Phytium aphanidermatum* y *P. irregulare*), pudrición negra de raíz (*Thielaviopsis basicola*), moho gris (*Botrytis cinerea*) (Benson *et al.*, 2002), mosca blanca (*Trialeurodes*

vaporarorium), trips (*Frankiniella* spp.), mosca del mantillo (*Scatella stagnalis*), ácaros (Ingram, 2014); roya (*Alternaria euphorbiicola*), cenicilla (*Oidium* spp.), sarna (*Sphaceloma poinsettiae*), roya por *Erwinia* (*Pectobacterium carotovorum*), manchas en las hojas (*Xanthomonas campestris* pv. *Poinsettiicola*) (Benson *et al.*, 2007), pudrición de raíz y muerte regresiva causadas por *F. oxysporum* (Orlikowski *et al.*, 2007), araña roja (*Tetranychus urticae*) y gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) (Galindo-García *et al.*, 2012).

8. El uso de macetas de plástico representa un problema de contaminación ambiental a considerar (Candido *et al.*, 2008). Se podría implementar el uso de macetas biodegradables.
9. Se reproducen variedades susceptibles a plagas y enfermedades como la variedad 'Rehilete', una de las más producidas en Morelos (Galindo-García *et al.*, 2012).
10. No se realizan análisis químicos y microbiológicos para garantizar la calidad del agua y del sustrato, además de la falta de conocimiento en aspectos nutricionales de la especie, sobre todo entre los pequeños productores.
11. Falta de conocimiento en la aplicación de fertilizantes, reguladores de crecimiento y plaguicidas, o en algunos casos no se aplican (Galindo-García *et al.*, 2012).
12. Ante la falta de una adecuada tecnología de agricultura protegida ocurren daños por fenómenos atmosféricos como granizo, fuertes vientos, lluvia y fotoperiodo (cantidad de horas luz); algunos de estos factores provocan una pigmentación tardía (Galindo-García *et al.*, 2012).
13. Se limita la diversificación de mercados debido a problemas como la transportación del producto (Galindo-García *et al.*, 2012).
14. Pocos estudios moleculares para conocer la diversidad genética de la nochebuena, pues la mayoría de este tipo de estudios se enfocan en caracteres morfológicos (en México).

15. Escaso uso de fertilizantes orgánicos y biofertilizantes (o algunos otros agroquímicos) en la producción de nochebuena (Pineda-Pineda *et al.*, 2008).
16. Falta de conocimiento en los métodos de mejoramiento genético por parte de los productores, por ejemplo métodos que han funcionado en algunos otros ornamentales, como la mutagénesis (Canul-Ku *et al.*, 2012); y pocos programas sistematizados de mejoramiento.
17. Falta de generación de variedades mejoradas y comercialización de éstas en épocas diferentes a la navideña.
18. Desconocimiento y limitadas aplicaciones modernas de la composición química de la nochebuena como las antocianinas, las cuales tienen aplicación tanto en salud como en alimentación, y de otros metabolitos. En México, este tipo de estudios son muy escasos. Su uso y aplicación se da de manera tradicional.
19. Baja obtención de variedades mejoradas mexicanas, de descripción de las variedades existentes y su registro ante las instancias correspondientes.
20. La mayoría de los productores pequeños están enfocados en la comercialización a nivel doméstico, por lo que es difícil un el crecimiento de su mercado, ya que no cuentan con la infraestructura necesaria y material vegetativo suficiente para propagar, por lo que no pueden ofrecer productos de alta calidad.

En el taller de vinculación del SNITT con actores del sector productivo (21 de agosto de 2015; Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo estado de México; en el marco de los foros nacional e internacional “Ornato Chapingo 2015”), se lograron captar demandas urgentes y proyectos estratégicos de investigación y transferencia de tecnología para afrontar la problemática del cultivo de nochebuena en esas materias. Las demandas urgentes detectadas fueron:

1. Producción de material de propagación certificado.
2. Propagar y difundir las variedades mexicanas de sol disponibles.

3. Aplicación del fitoplasma que induce menor porte y más ramificación, para el control de altura/ramificación sin necesidad de usar retardantes químicos.
4. Control del porte de planta mediante manejo de la temperatura de crecimiento.
5. Desarrollo de fertilizantes, biofertilizantes y dosis específicas apropiadas para la nochebuena.
6. Inducción de brácteas coloreadas durante todo el año para producción continua de nochebuena.
7. Variedades e híbridos nacionales para diferentes climas: tropicales, templadas y áridas.
8. Diseño y evaluación de sustratos utilizando materiales de las regiones productoras (Sur, Centro y Norte del país).
9. Generar tecnologías sustentables de producción, alternativas al bromuro y al metam sodio para la desinfección de sustratos y contenedores en producción intensiva de vivero.
10. Caracterizar el control de enfermedades con cobre y cal (caldo bordelés).
11. Uso de microorganismos benéficos contra plagas y enfermedades foliares y en el suelo como biofertilizantes.
12. Monitoreo de plagas y enfermedades en invernaderos
13. Propagación y difusión del germoplasma sobresaliente de especies, tipos y variedades nativos sobresalientes ya colectadas, descritas y registradas de nochebuena.
14. Enmarcar en el derecho internacional el reconocimiento mexicano de la domesticación y la generación/mantenimiento de diversidad nativa de la nochebuena.
15. Estudios de mercado: costos de producción y precios de venta; distribución, promoción permanente y organización de productores.
16. Nuevas presentaciones para mercados y jardines mediante el uso de injertos y microinjertos en patrones enanos.
17. Difusión de especies silvestres en arreglos florales.

En tanto que, los proyectos estratégicos mencionados, en el Foro SNITT, fueron:

1. Mejoramiento genético para generar híbridos y variedades mexicanas para producción en sol (para jardín) e invernadero (de diferentes especies de *Euphorbia*) y desarrollo de variedades nacionales adaptadas a diferentes climas: tropical, templado y árido.
2. Tecnología de producción (manejo agronómico) para nochebuena de sol y sombra en producción continua para fines no convencionales: propagación, nutrición, plagas y enfermedades, reguladores de crecimiento, podas, injertos y presentaciones de producto terminado; validación de sistemas de producción y variedades en diferentes partes del país; desarrollo de fertilizantes y biofertilizantes y dosis acordes al requerimientos de la nochebuena que aumenten la eficiencia y bajen los costos en su aplicación.
3. Producción de material vegetativo certificado; sistemas de propagación; estudiar diferentes sistemas de enraizamiento de esquejes para mejorar la eficiencia.
4. Metodología para introducir el micoplasma apropiado para el control de la altura y mayor ramificación, a nivel de viverista.
5. Fisiología de los tipos de luz para inducción de brácteas todo el año para producción continua y desarrollo de colores intermedios en las brácteas.

V. Logros y Avances

Con el fin de obtener plantas idóneas para la comercialización, ampliar el conocimiento sobre el proceso de producción y de conocer del comportamiento de la nochebuena ante factores ambientales, se han realizado diversas investigaciones sobre el proceso de producción de nochebuena en diferentes regiones y condiciones ambientales:

1. Son conocidas las plagas y enfermedades que principalmente atacan a la nochebuena y sus daños, por lo que, a partir de esto, se pueden aplicar programas preventivos de control. Los daños ocasionados por plagas y enfermedades son ocasionados por insectos, arañas, hongos, bacterias y virus (Ingram, 2014; Benson *et al.*, 2002; Orlikowski *et al.* 2007; Orlikowski y Ptaszek, 2013; Ocampo-Ocampo *et al.*, 2013).
2. Se han realizado colectas de materiales de genotipos de nochebuena en prácticamente todos los estados donde se encuentran habitando (silvestres, semicultivadas y cultivadas), las cuáles son utilizadas para la generación de nuevas variedades, aprovechando al máximo sus mejores características (Canul-Ku *et al.*, 2014).
3. Variedades por hibridación se han obtenido a partir de progenitores femeninos de Oaxaca, Morelos, Puebla y Guerrero, y los progenitores masculinos mejorados “Freedom Red” y “Prestige”, obteniendo ejemplares con características físicas sobresalientes ideales para su comercialización (Canul-Ku *et al.*, 2013).
4. Hay conocimiento de las propiedades antibacterianas y antifúngicas de extractos de nochebuena y de algunas otras especies de *Euphorbia*, además de los efectos antioxidantes, antiinflamatorios, anticonvulsivos, entre otros, y los compuestos químicos que pudiesen influir en tales propiedades (Yakabu y Mukhtar, 2011; Bennett *et al.*, 2008; Keerthana *et al.*, 2014; Rauf y Muhammad, 2013; Singh *et al.*, 2012; Sekula y Nes, 1980).
5. La modificación de aspectos físicos de la planta de nochebuena a través de agentes exógenos se logrado, por ejemplo, etefón (Pérez-López *et al.*, 2005), irradiación de rayos gamma (Canul-Ku *et al.*, 2012), con rizobacterias promovidas por *Pseudomonas putida* (Zulueta-Rodríguez *et al.*, 2014), a través de ingeniería genética (Islam *et al.*, 2013) y 1-metilciclopropeno (Ruíz-Alvarado *et al.*, 2014), principalmente el tamaño de la planta, con resultados positivos.
6. Existe buen conocimiento acerca de la propagación de la nochebuena, cuya práctica ha aumentado la producción y se han obtenido ejemplares con

buenas características para su comercialización (Trejo *et al.*, 2012; Canul-Ku *et al.*, 2013, Colinas-León, 2009).

7. El SINAREFI a través de la red de nochebuena, ha colectado diversas especies de nochebuena: *E. pulcherrima*, *E. colorata*, *E. radians*, *E. cornastra*, *E. hormorrhiza*, *E. strigosa*, *E. fulgens*, *E. heterophylla* y *E. cyatophora*.
8. Hay un banco de germoplasma de nochebuena en la Universidad Autónoma Chapingo, y réplicas en un banco comunitario de Morelos, que se ha utilizado para conservación y mejoramiento genético (SINAREFI, 2015).

VI. Propósito de la Demanda

Satisfacción de las principales demandas urgentes y estratégicas de investigación, transferencia e innovación en el proceso de producción nochebuena para aumentar la productividad, calidad y rentabilidad mediante la implementación de tecnologías sustentables de producción, impulso a un ambicioso programa de mejoramiento genético y la terminación de variedades mejoradas mexicanas.

VII. Objetivos

7.1 Objetivo General

Contribuir a satisfacer las principales demandas de variedades nacionales, de desarrollo, validación, transferencia e innovación tecnología sustentable para procesos de producción intensiva de nochebuena con diferentes fines (planta en maceta, flor cortada y arreglos florales) en todo al año, en aumento de la productividad, calidad y rentabilidad.

7.2 Objetivos Específicos

1. Terminar, caracterizar, evaluar, describir variedades nativas de nochebuena, de sol y sombra, para diferentes zonas y objetivos de la producción (planta en maceta, planta para parques y jardines, flor cortada y para arreglos florales) y producción intensiva continua, con fines registro varietal.
2. Fortalecer un programa sistematizado de mejoramiento genético enfocado a la obtención de variedades mexicanas productiva y comercialmente competitivas en el mercado nacional e internacional (para el uso convencional y otros nuevos que sustenten su producción continua) y adaptadas a diferentes climas (tropical, de altura y árido) basado en germoplasma nativo y en el mejorado disponible.
3. Establecer las bases fisiológicas y de manejo del cultivo de nochebuena con relación al fotoperiodo, calidad de luz e interacciones con la temperatura, para inducir artificialmente a la planta a emitir las brácteas rojas características, para su comercialización en cualquier época del año, en maceta, flor cortada y arreglos florales.
4. Realizar estudios de composición química de las nochebuenas nativas para conocer sus cualidades, propiedades, usos y posibles aplicaciones novedosas o en productos de alto valor agregado y comercial.
5. Desarrollar, adoptar o adaptar y validar tecnología sustentable de producción (preferentemente continua) de la nochebuena con nuevas y mejores prácticas [uso de material propagativo certificado; diseño y evaluación de sustratos locales; alternativas sustentables a la desinfección de sustrato y contenedores; protocolo estandarizado de aplicación del fitoplasma que reduce el porte de planta y aumenta ramificación sin retardantes químicos; manejo del fotoperiodo/temperatura/calidad de luz para la inducción de emisión de brácteas; uso eficiente de fertilizantes (dosis especiales acordes a la demanda del cultivo); el manejo integrado plagas y enfermedades y nuevas presentaciones para mercados y jardines: injertos y

microinjertos, entre otros]; en diferentes variedades y zonas productoras del país.

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

VIII. Justificación

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

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

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y

Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada “**Generación de variedades mejoradas de nochebuena e innovaciones en su proceso de producción intensiva en México**”, misma que forma parte integral de la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

Existe una gran diversidad de nochebuena en diversos estados de la República Mexicana que se debe explotar y manejar de manera racional con el fin de obtener de cada una de ellas las mejores características que permitan obtener nuevas variedades acorde a las demandas, necesidades y exigencias del mercado.

La producción de nochebuena en nuestro país es de gran importancia y relevancia ya que involucra aspectos de carácter cultural, social y económico, pues es la actividad primaria de muchos productores en varios estados de la República. Como lo menciona el SIAP (2015) a través de sus bases datos, la producción de esta planta se ha incrementado año con año y por consecuencia los ingresos que esto representa, lo cual deriva en el bienestar de quien la produce y comercializa. Como en todo cultivo, existen limitaciones en cuanto al proceso de producción de nochebuena en sus diferentes etapas, desde la forma de conseguir el material para la propagación hasta los aspectos meramente de comercialización, incluyendo el resto de los aspectos agronómicos y de manejo postcosecha (Galindo-García *et al.*, 2012; Canul-Ku *et al.*, 2013), los cuales afectan, principalmente, a pequeños productores.

La producción de nochebuena en México ha crecido en los últimos años, colocándose entre las mejores ornamentales comercializadas con ingresos totales de más de 447 millones de pesos generados a partir de la producción de más 25 millones de plantas (representadas por 14 mil toneladas de producción) obtenidas de 225 ha destinadas a su cultivo (SIAP, 2015). Es de destacar que nuestro país es el centro de origen de esta planta ornamental por lo que la diversidad genética

es sobresaliente y resulta de suma importancia realizar estudios para generar información útil que ayude a tomar las mejores decisiones en la conservación, manejo, uso y mejoramiento genético (Canul-Ku *et al.*, 2013). La producción de ornamentales en el mundo se ha incrementado notablemente en volumen y valor de producción, así como en la especialización, tecnificación y comercialización; por lo que es necesario, a través de investigación y la implementación de innovaciones tecnológicas, la generación de estrategias que permitan competir en rendimiento, calidad y volumen de producción. La implementación de tecnología adecuada para la producción, la buena organización de los productores, el buen uso de las prácticas agronómicas, de poscosecha y comercialización, además de los altos estándares de calidad son los aspectos más importantes a tomar en cuenta para conseguir un proceso productivo eficiente con el objetivo final de obtener rendimientos, productividad y competitividad.

IX. Productos a entregar

1. Un documentos y base de datos con resultados de la evaluación, descripción o caracterización y multiplicación de nuevas variedades mexicanas de nochebuena (al menos tres) con fines de registro varietal y producción intensiva, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.
2. Informe de avances y base de datos de un programa sistematizado de mejoramiento genético de nochebuena con evidencia de metas aumentadas (más productos y menos tiempo), enfocado a la obtención de variedades mexicanas productiva y comercialmente competitivas en el mercado nacional e internacional (para el uso convencional y otros nuevos que sustenten su producción continua) y adaptadas a diferentes climas (tropical, de altura y árido) basado en germoplasma nativo y en el mejorado disponible, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.
3. Un documento con el informe y base de datos de los resultados de manejo del cultivo en interacción con fotoperiodo, calidad de luz y temperatura que

permita inducir artificialmente a la nochebuena a emitir sus brácteas rojas características, para su comercialización nacional e internacional en cualquier época del año en maceta, flor cortada y arreglos florales, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.

4. Un documento (informe) de caracterización química de las variedades de nochebuena (silvestres, semicultivadas y cultivadas), y resultados de bioensayos para determinar o comprobar sus propiedades (aplicaciones en salud y alimentación), con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.
5. Dos manuales, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual, con las guías de producción de nochebuena con la tecnología sustentable de producción (convencional y continua) generada en el proyecto y la disponible en el estado del arte de la nochebuena con nuevas y mejores prácticas (uso de material propagativo certificado; diseño y evaluación de sustratos locales para diferentes regiones productoras (sur, centro y norte); alternativas sustentables a la desinfección (sustrato y contenedores) con bromuro y metam sodio; protocolo estandarizado de aplicación del fitoplasma que reduce el porte de planta y aumenta ramificación sin retardantes químicos; manejo del fotoperiodo/temperatura/calidad de luz para la inducción de emisión de brácteas; uso eficiente de fertilizantes (dosis especiales acordes a la demanda del cultivo); el manejo integrado plagas y enfermedades y nuevas presentaciones para mercados y jardines: injertos y microinjertos, entre otros); en diferentes variedades y en diferentes zonas del país, con el fin de inducir a técnicos y productores en su aplicación e innovación, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.
6. Un informe con los resultados de la transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para promover el cultivo de nochebuena con su tecnología de producción para inducir a la innovación, con evidencia de trámite de registro de propiedad intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Reducción de costos de producción a través del mejoramiento de las técnicas agronómicas, como el uso efectivo y racional de fertilizantes, desinfectantes y la aplicación de tecnologías sustentables.
- Incremento de la producción, competitividad, rentabilidad y calidad de la nochebuena en beneficio de los productores, consumidores e industriales encargados de la comercialización y / o transformación de la nochebuena.
- Incremento de la demanda de nochebuena a partir del incremento de la producción de variedades mejoradas con características de interés para el cliente y expansión del conocimiento de los nuevos usos, presentaciones y propiedades de la especie.
- Incremento del mercado de exportación a través del aumento de la producción y calidad de la planta y nuevos productos, con la ayuda de mejoras en las políticas de comercialización.
- Incremento de las aplicaciones, productos y usos de la nochebuena. Su composición química la hacen idónea para aplicaciones en salud y alimentación, con lo cual se podrían obtener productos con valor agregado.
- Aumento del precio de venta, con base en la mejora de la calidad de la planta, nuevas presentaciones y productos.

Social

- Disponibilidad de variedades mejoradas de nochebuena para diferentes usos (incluida la producción continua) y productos de acuerdo a la estructura vegetal que se utilice.
- Mejora de políticas de comercialización y precios en beneficio de los productores y comercializadores.

- Implementación de mejoras al proceso productivo del cultivo (tecnológicas principalmente) que reditúen en la baja de costo de producción.
- Generación de empleos y mejores oportunidades, directa e indirectamente en las zonas productoras de nochebuena.
- Expansión del conocimiento de las propiedades, nuevos productos y aplicaciones de la nochebuena en salud y alimentación.
- Elaboración de nuevos productos de la nochebuena a partir de sus propiedades químicas.

Tecnológico

- Liberación de variedades mejoradas mexicanas que compitan en el mercado nacional y de exportación con base en la mejora de las características y estética de la nochebuena y de sus nuevos productos y presentaciones.
- Mejora del proceso productivo en cuanto a aspectos agronómicos y del proceso postcosecha a través de la implementación de tecnologías actuales.
- Implementación, mejora y actualización de las instalaciones y sistemas de producción de nochebuena.
- Posibles nuevos usos o productos de alto valor agregado y comercial de la nochebuena y conocimiento de sus procesos de elaboración.

Ecológico

- Producción sustentable de nochebuena a partir de la mejora y actualización de las técnicas agronómicas sustentables implementadas en el proceso de producción.
- Uso racional de pesticidas, desinfectantes y reguladores del crecimiento o en su caso, aplicación de pesticidas (o productos químicos en general) de origen natural.

- Restauración de zonas que pudiesen verse afectadas por el cultivo o por las técnicas empleadas durante el proceso productivo.
- Evitar o disminuir la contaminación de mantos freáticos mediante la disminución de agroquímicos o pesticidas agresivos.
- Obtención de productos de origen natural para el manejo de plagas y enfermedades en sistemas de producción de cultivos orgánicos.
- Fomentar el manejo orgánico del cultivo.

XI. Literatura citada

- Bellardi, M. G., and A. Bertaccini. 1989. Virus diseases of ornamental shrubs. III. Angular mosaic of *Euphorbia fulgens*. *Phytopathologia Mediterranea* 28: 79-82.
- Bennett, M. D., H. J. Price, and J. S. Johnston. 2008. Anthocyanin inhibits propidium iodide DNA fluorescence in *Euphorbia pulcherrima*: implications for genome size variation and flow cytometry. *Annals of Botany* 101: 777-790.
- Benson, D. M., J. L. Hall, G. W. Moorman, M. L. Daughterey, A. R. Chase, and K. H. Lamour. 2002. The history and diseases of poinsettia, the Christmas flower. *Plant Health Progress*: 1-19
- Bidarigh, S., and E. Azarpour. 2013. Effect of BA and GA3 application on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd) under *in-vitro* conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5: 1053-1057.
- Bradel, B. G., W. Preil, and H. Jeske. 2000. Sequence analysis and genome organization of *Poinsettia mosaic virus* (PnMV) reveal closer relationship to marafiviruses than to tymoviruses. *Virology* 271: 289-297.
- Candido, V., V. Miccolis, D. Castronuovo, and C. Manera. 2008. Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) cultivation in biodegradable pots: mechanical and agronomical behavior of pots and plants traits. *Acta Horticulturae* 801: 1563-1570.

- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, S. Ramírez-Rojas, y F. Osuna-Canizales. 2010. Estrategias para el mejoramiento genético de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Investigación Agropecuaria 7: 44-45.
- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, E. Campos-Bravo, E. J. Barrios-Gómez, E. de la Cruz-Torres, J. M. García-Andrade, F. J. Osuna-Canizales, y S. Ramírez-Rojas. 2012. Efecto de la irradiación sobre nochebuena silvestre (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Morelos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 1495-1507.
- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, F. J. Osuna-Canizales, S. Ramírez-Rojas, I. Alía-Tejagal, J. M. P. Vázquez-Alvarado, E. Campos-Bravo y B. Portas-Fernández. 2013. Genotipos de nochebuena obtenidos por hibridación. 1ª edición INIFAP-SAGARPA. 53 p.
- Canul-Ku, J., F. García-Pérez, E. J. Barrios Gómez, F. J. Osuna-Canizales, S. Ramírez-Rojas, I. Alía-Tejagal y R. E. Montoya-Contreras. 2014. Caracterización morfológica de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 2: 16-23.
- Carballo, O., M. L. Izaguirre, and E. Marys. 2001. Detection of *Poinsettia mosaic virus* infecting Poinsettias (*Euphorbia pulcherrima*) in Venezuela. Plant Disease 85: 1208.
- Chiko, A. W. 1983. *Poinsettia mosaic virus* in British Columbia. Plant Disease 67: 427-428.
- Chung, B. N., E. K. Lee, M. I. Jeong, and H. R. Kim. 2004. First report on *Poinsettia mosaic virus* in Korea. The Plant Pathology Journal 20: 220-223.
- Clarke, J. L., S. S. Klemsdal, E. Floistad, A. K. Hvoslef-Eide, S. Haugslie, R. Moe, and D. R. Blystad. 2006. Genetic engineering of poinsettia with the aim of enhancing its resistance to *Poinsettia mosaic virus*. Proceedings of the XIth IS on Virus Diseases in Ornamentals. Acta Horticulturae 722: 321-325.
- CNVV. 2014. Catálogo Nacional de Variedades Vegetales. SNICS-SAGARPA. 82 p.

- Colinas-León, M. T., I. Alía-Tejacal, C. Bautista-Bañuelos y L. A. Valdéz-Aguilar. 2006. Fluctuación de carbohidratos durante el desarrollo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) en dos localidades. Revista Fitotecnia Mexicana 29: 63-68.
- Colinas-León, M. T. 2009. La nochebuena: ayer, hoy y mañana, pp.118-123. In: 7° Simposium Internacional de Viverismo. Osuna, F. J., P. F. García, R. L. Ramírez, C. D. V. Granada, y G. Galindo (Comps.).
- Eberle, M. M., C. Erb, J. Flammer, and P. Meyer. 1999. Dermatitis and conjunctivitis after contact with *Euphorbia myrsinites* (wolf milk extract) – a case report. Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 215: 203-204.
- Ferreira, M. J., N. Duarte, N. Gyemant, R. Radics, G. Cherepnev, A. Varga, and J. Molnar. 2006. Interaction between doxorubicin and the resistance modifier stilbene on multi drug resistant mouse lymphoma and human breast cancer cells. Anticancer Research 26: 3541-3546.
- Fulton, R. W., and J. L. Fulton. 1980. Characterization of a tymolike virus common in poinsettia. Phytopathology 70: 321-324.
- Galindo-García, D. V., I. Alía-Tejacal, M. Andrade-Rodríguez, M. T. Colinas-León, J. Canul-Ku, y M. J. Sainz-Aispuro. 2012. Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3: 751-763.
- Galindo-García, D. V., I. Alía-Tejacal, L. A. Valdez-Aguilar, M. T. Colinas-León, O. G. Villegas-Torres, V. López-Martínez, M. J. Sainz-Aispuro, y D. Guillén-Sánchez. 2015. Extracción de macronutrientes y crecimiento en variedades de nochebuena de sol nativas de México. Revista Fitotecnia Mexicana 38: 305-312.
- García-Pérez, F., J. Canul-Ku, S. Ramírez-Rojas, F. J. Osuna-Canizalez, y B. Portas-Fernández. 2013. Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch). Agroproductividad 6: 37-41.
- Guy, P. 1985. New plant disease record in Tasmania: *Poinsettia mosaic virus*. Australian Plant Pathology 14: 12-13.

- Ihsan-UI-Haq, N. Ullah, G. Bibi, S. Kanwal, M. S Ahmad, and B. Mirza. 2012. Antioxidant and cytotoxic activities and phytochemicals analysis of *Euphorbia wallichii* root extract and its fractions. 2012. Iranian Journal of Pharmaceutical Research 11: 241-249.
- Ingram, D. 2014. Poinsettias. University of Kentucky College of Agriculture, Food and Environment. The Center of Crop Diversification. 3 p.
- Islam M. A., H. Lütken, S. Haugslie, D. R. Blystad, S. Torre, J. Rolcik, S. K. Rasmussen, J. E. Olsen, and J. L. Clarke. 2013. Overexpression of the *AtSH1* Gene in poinsettia, *Euphorbia pulcherrima*, results in compact plants. Plos One 8: 1-10.
- Jasrai, Y. T., K. N. Thaker, and M. C. D'Souza. 2003. *In vitro* propagation of *Euphorbia pulcherrima* Willd. through somatic embryogenesis. Plant Tissue Culture 13: 31-36.
- Keerthana, K., A. Deepa, G. Shobana, G. Jothi, and G. Sridharan. 2014. Preliminary phytochemical screening and *in vitro* antioxidant potential of *Euphorbia heterophylla* L. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 6: 549-553.
- Kempe, K., and T. Gils. 2011. Pollination control technologies for hybrid breeding. Molecular Breeding 27: 417-437.
- Koenig, R., and D. E. Lesemann. 1980. Two isometric viruses in poinsettias. Plant Disease 64: 782-784.
- Kondamudi, R., K. S. R. Murthy, and T. Pullaiah. 2009. Euphorbiaceae – a critical review on plant tissue culture. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 313-335.
- Lebas, B. S. M., F. M. Ochoa-Corona, D. R. Elliott, J. Z. Tang, and B. J. R. Alexander. 2007. Detection of *Poinsettia mosaic virus* by RT-PCR in *Euphorbia* spp. in New Zealand. Plant Disease 91: 110.
- Lesemann, D. E., R. Koenig, W. Huth, A. A. Brunt, S. Phillips, and R. J. Barton. 1983. *Poinsettia mosaic virus*: a tymovirus? Phytopathology 107: 250-262.

- Li, B., L. H. Xu, M. M. Lou, F. Li, Y. D. Zhang, and G. L. Xie. 2008. Isolation and characterization of antagonistic bacteria against bacterial leaf spot of *Euphorbia pulcherrima*. *Letters in Applied Microbiology* 46: 450-455.
- Lin, L. J., G. T. Marshall, and A. D. Kinghorn. 1983. The dermatitis-producing constituents of *Euphorbia hermentiana* latex. *Journal of Natural Products* 46: 723-731.
- Ling, J. T., R. Sauve, and N. Gawel. 1997. Identification of poinsettia cultivars using RAPD markers. *HortScience* 32: 122-124.
- Luo, H., and A. Wang. 2006. Induction of apoptosis in K562 cells by jolkinolide B. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 84: 959-965.
- Ma, X. Y., J. H. Cai, G. X. Li, B. X. Qin, and X. P. Zhou. 2004. Molecular characterization of a distinct begomovirus infection *Euphorbia pulcherrima* in China. *Journal Phytopathology* 152: 215-218.
- Martínez-Gordillo, M., J. Jiménez-Ramírez, R. Cruz-Durán, E. Juárez-Arriaga, R. García, A. Cervantes, y R. Mejía-Hernández. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología UNAM, Serie Botánica* 73: 155-281.
- Ocampo-Ocampo, T., D. L. Ochoa-Martínez, S. Ramírez-Rojas, G. Valdovinos-Ponce y Cristian Nava-Díaz. 2013. Primer reporte de *Tobacco mosaic virus* (TMV) y *Poinsettia mosaic virus* (PnMV) en nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzch) en México. *Revista Internacional de Botánica Experimental* 82: 235-241.
- Okano, Y., K. Maejima, T. Shiraishi, M. Hashimoto, H. Senshu, J. Ozeki, S. Takahashi, K. Komatsu, Y. Yamaji, and S. Namba. 2010. Genetic heterogeneity found in the replicase gene of *Poinsettia mosaic virus* isolates. *Archives of Virology* 155: 1367-1370.
- Orlikowski, L. B., C. Skrzypczak, A. Valiuskaite, and M. Sroczynski. 2007. *Fusarium* rot – new disease of Poinsettia in Poland. *Progress in Plant Protection* 47: 212-215.

- Orlikowski, L. B., and M. Ptaszek. 2013. First notice of *Phytophthora* crown and root rot of *Euphorbia pulcherrima* in Polish greenhouses. *Journal of Plant Protection Research* 53: 307-311.
- Parks, E. J., and J. W. Moyer. 2004. Evaluation of AFLP in poinsettia: polymorphism selection, analysis, and cultivar identification. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129: 863-869.
- Perera, D., and B. W. Trader. 2010. Poinsettia 'Prestige™ Red' (*Euphorbia pulcherrima*) *in vitro* propagation. *HortScience* 45: 1126-1128.
- Pérez-López, A., J. A. Carrillo-Salazar, M. T. Colinas-León, y M. Sandoval-Villa. 2005. Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) con etefón. *Agrociencia* 39: 639-646.
- Pineda-Pineda, J., A. M. Castillo-González, J. A. Morales-Cárdenas, M. T. Colinas-León, L. A. Valdez-Aguilar, y E. Avitia-García. 2008. Efluentes y sustratos en el desarrollo de nochebuena. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14: 131-137.
- Rauf, A., and N. Muhammad. 2013. Phytochemical and pharmacological evaluation of aerial parts of *Euphorbia pulcherrima* L. *Wudpecker Journal of Pharmacy and Pharmacology* 2: 15-20.
- Roy, S. K., and M. A. Jinnah. 2001. *In vitro* micropropagation of poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) *Plant Tissue Culture* 11: 133-140.
- Ruiz-Alvarado, C., A. Zárate-Márquez, L. F. Escoboza-García, I. Escoboza-García, F. Núñez-Ramírez, y M. A. García-López. 2015. Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex Klotzsch) tratado con 1-MCP. *Revista Biológico-Agropecuaria Tuxpan* 3: 1149-1158.
- Sekula, B. C., and W. R. Nes. 1980. The identification of cholesterol and other steroids in *Euphorbia pulcherrima*. *Phytochemistry* 19: 1509-1512.
- SIAP, 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.
[22/09/15, 14:25 h.](#)

- Singh, K. K., G. P. Rauniar, and H. Sangraula. 2012. Experimental study of neuropharmacological profile of *Euphorbia pulcherrima* in mice and rats. *Journal of Neurosciences in Rural Practice* 3: 311-319.
- Steinmann, V. W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61: 61-93.
- Spetz, C., R. Moe, and D. G. Blystad. 2008. Symptomless infectious cDNA clone of a Norwegian isolate of *Poinsettia mosaic virus*. *Archives of Virology* 153: 1347-1351.
- Taylor, J. M., R. G. López, C. J. Currey, and J. Janick. 2011. The poinsettia: history and transformation. *Chronica Horticulturae* 51: 23-28.
- Trejo, L., T. P. Feria-Arroyo, K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B. Arroyo, J. A. Gruhn, and M. E. Olson. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99: 1146-1157.
- Trejo-Hernández, L., M. E. Olson-Zúnica, and R. A. Bye-Boettler. 2015. Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 478-485.
- USDA. 2015. Floriculture Crops 2014 Summary. United States Department of Agriculture. 59 p.
- Valente, C., M. J. Ferreira, P. M. Abreu, M. Pedro, F. Cerqueira, and M. S. Nascimento. 2003. Three new jatrophone-type diterpenes from *Euphorbia pubescens*. *Planta Medica* 69: 361-366.
- Yakubu, A. I., and M. D. Mukhtar. 2011. *In vitro* antimicrobial activity of some phytochemical fractions of *Euphorbia pulcherrima* L. (poinsettia). *Journal of Medicinal Plants Research* 5: 2470-2475.
- Zulueta-Rodríguez, R., M. V. Cordoba-Matson, L. G. Hernández-Montiel, B. Murillo-Amador, E. Rueda-Puente, and L. Lara. 2014. Effect of *Pseudomonas putida* on growth and anthocyanin pigment in two poinsettia (*Euphorbia*

pulcherrima) cultivars. Hindawi Publishing Corporation – The Scientific World Journal. 6 p.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

Demanda 5

SISTEMA PRODUCTO ORNAMENTALES

I. Título tema a demandar

Estudio de mercado de las ornamentales en México

II. Beneficiarios del Proyecto

Productores agrícolas, viveristas y demás actores de las cadenas de valor ornamentales.

III. Antecedentes

Estudios de mercado. Existen tres tipos básicos de estudios de mercado: los descriptivos, los causales y los de predicción; los cuales se clasifican según los objetivos de las investigaciones o problemas a resolver:

- Los estudios de mercado descriptivos buscan definir un objeto (un mercado, una industria, una competencia, los puntos fuertes o débiles de una empresa, algún tipo de medio de publicidad o un problema de mercado); este tipo de estudio establece el “Qué” y el “Dónde”, sin preocuparse por el

“Por qué”, y genera datos de primera mano para realizar después un análisis general y presentar un panorama del problema.

- Los estudios de mercado causales tratan de explicar las relaciones entre las diferentes variables de un problema de mercado, llega a los nudos críticos e identifica claramente las fortalezas y las debilidades. Explica el “Por qué” y el “Cómo” suceden las cosas y, generalmente, se usan para identificar fallas en algún elemento de mercadeo, por ejemplo, el diseño de un empaque, la(s) preferencia(s) de los consumidores, que genere alguna ventaja competitiva o alguna característica de los productos que no guste a los consumidores.
- Los estudios de mercado de predicción tratan de proyectar situaciones a futuro, por ejemplo, predecir las variaciones en la demanda de un bien, los niveles de crecimiento en las ventas, el potencial de mercados a futuro, el número de usuarios en el tiempo y comportamiento de la competencia. Estos estudios toman en cuenta el comportamiento histórico de la demanda, los cambios en las estructuras de mercado y el aumento o disminución del nivel de ingresos. Los estudios predictivos son los más elaborados y son los que realmente pueden hacer diferencia entre el éxito y el fracaso de empresas en el largo plazo, pues acertar en el comportamiento de un mercado a futuro, es claramente la mejor manera de garantizar su estabilidad y sustentabilidad (Anónimo, 2015).

En todos los estudios de mercado, la metodología de trabajo es similar. Es importante mantener siempre criterios de calidad en la recolección de datos, su procesamiento (análisis) e interpretación, para obtener resultados confiables.

El proceso metodológico, se puede resumir en siete puntos o elementos básicos:

1. **Obtención de datos.** El primer paso siempre es la recolección de información primaria que sirva de base para el análisis, teniendo en cuenta que el tipo de información a recolectar depende de los objetivos de la investigación. Para la realización de este importante paso, hay diferentes tipos de fuentes, entre las que se pueden mencionar, están las encuestas

propias, los estudios históricos, los registros de empresas, las cámaras de comercio, la investigación de campo, los datos internos de la empresa y los historiales de venta.

2. **Muestreo.** Consiste en obtener muestras representativas para generar conclusiones aplicables a toda la población objetivo; también permite captar datos relevantes de fuentes primarias para luego analizarlos y generalizarlos.
3. **Experimentación.** En este paso se manejan uno o varios elementos de mercado (precio, cantidad, calidad, publicidad) para generar datos sobre las reacciones del mercado. También busca identificar el impacto de cada variable sobre el comportamiento del mercado; un ejemplo es una promoción especial en algunas zonas (“2 por 1”), para saber si el impacto es positivo o negativo para el mercado y la empresa, y dados los resultados, se decide generalizar o no dichas promociones.
4. **Análisis del comportamiento del consumidor.** Indaga el “Por qué” las personas varían sus preferencias, aceptan o rechazan determinados productos o algunas marcas. Por lo general estas investigaciones se basan en factores de conducta y psicológicos.
5. **Análisis de regresión.** Se aplican técnicas matemáticas para estimar relaciones existentes entre variables dependientes e independientes aisladas con base en datos preliminares.
6. **Predicción o informe** Significa estimar valores (investigación descriptiva), o predecir valores (investigación predicativa), que serán los resultados de la investigación y la base para obtener conclusiones.
7. **Simulación.** Consiste en modelar los resultados de mercado para producir datos artificiales y evaluar diversas alternativas; las nuevas tecnologías han llegado incluso a simular mercados por medios virtuales (Anónimo, 2015).

Dado que sin clientes no hay negocio, la orientación al cliente es la fuerza de las organizaciones productivas-comerciales modernas, por lo que el detectar las

necesidades y deseos del cliente, es un elemento primordial. Tradicionalmente predomina el modo de pensar de “producir y después vender”; sin embargo, la orientación al cliente permite el cambio de actitud hacia “producir solo lo que tenga posibilidad de venta”. Toda organización que vende, requiere información sobre el mercado (clientes reales y potenciales, su comportamiento; la competencia directa e indirecta). El marco de referencia de una investigación de mercado puede ser muy amplio, tanto como los problemas que plantea la organización; sin embargo, los temas a los que dará respuesta una investigación de mercados son los que hacen referencia al mercado en el que desarrolla sus actividades, a los productos que tiene bajo investigación y todo lo relativo a publicidad, promoción, distribución, ventas, y lo relacionado con la competencia. La investigación de mercados permite orientar la toma de decisiones y evita errores costosos, ya que las decisiones mal tomadas suelen costar mucho dinero en pérdidas (Gross, 2015).

El propósito del estudio de mercado (marketing) es ayudar a las organizaciones a alcanzar sus objetivos. En su caso, las empresas privadas lo orientan a maximizar el beneficio, y por su parte, las organizaciones no lucrativas, a sobrevivir y atraer fondos suficientes para poder desarrollar bien su trabajo. De este modo, el objetivo no es el beneficio por el beneficio, sino alcanzar el beneficio como una consecuencia del trabajo bien hecho.

Las funciones específicas que debe cumplir la investigación de mercados son:

1. Evaluación de los productos, de los resultados de ventas, de la competencia y otros aspectos similares.
2. Descripción de los sucesos o actividades que han ocurrido o están ocurriendo en el mercado en el que la organización está presente (descenso en el volumen de ventas y liderazgo de la competencia).
3. Predicción de que es lo que podrá ocurrir en términos de ventas, de las necesidades de nuevos productos, de distribución, de precios o de cualquier otro aspecto similar

4. Asistencia a la toma de decisiones, lo que implica que quien ha llevado a cabo la investigación deberá evaluar la información de forma cuidadosa y totalmente imparcial y efectuar las adecuadas recomendaciones a quien corresponda.

Para cumplir con las anteriores funciones, un estudio de mercado efectivo, requiere:

1. Definir el problema (descriptivo, causal o predictivo).
2. Definir los objetivos de la investigación.
3. Elaborar el plan de investigación (objetivos, hipótesis, metodología, cronograma de actividades, además de personal y dinero requerido.).
4. Obtención de datos y muestreo por observación directa y entrevistas (personales, telefónicas, o investigación experimental) para lo cual se seleccionan grupos similares de sujetos, sometiéndoles a tratamientos diferentes, controlando variables extrañas y checando si las diferencias de respuestas son estadísticamente significativas. El cuestionario es el medio más comúnmente usado para obtener datos; sin embargo, la encuesta puede obtener más cosas que el cuestionario.
5. Análisis de la información.
6. Presentación de resultados.
7. Cronograma de ejecución y control.

Los objetivos se plantean para responder a la pregunta ¿por qué se va a llevar a cabo este proyecto? Para lo cual se puede fijar un objetivo general, que sea breve, bien delimitado, y luego desarrollar todo el proceso de investigación. En los objetivos específicos se indican los resultados parciales a obtener como parte del estudio y permiten arribar al objetivo general (Gross, 2015).

Las ornamentales en el mundo. En 2004 se destinaron 354,451 ha alrededor del mundo para la producción de ornamentales; de esta superficie, el 34 % fue de China, el 18 % de India, Estados Unidos con el 7 %, México 6 %, Taiwán 3 %,

Brasil 3 %, mientras que Japón, Italia, Holanda y Tailandia tuvieron el 2 %, con un valor de producción total de 68,160 millones de dólares. De las ornamentales, las flores cortadas más vendidas en el mundo son las rosas, los crisantemos, los tulipanes, los claveles y el grupo de liliium (lirios). La rosa para flor de corte es un cultivo muy especializado; ocupa aproximadamente 1,000 ha de invernadero en Italia, 920 en Holanda, 540 en Francia, 250 en España, 220 en Israel y 200 en Alemania; mientras que en países sudamericanos se ha incrementado en los últimos años su producción, sobre todo en Colombia (cerca de 1,000 ha) y Ecuador. La producción de crisantemo es importante en varios países como Holanda, Gran Bretaña, Francia, Colombia, Estados Unidos y Canadá. El 40 % de la demanda corresponde al color blanco, 31 % al amarillo y 11 % al violeta. La actividad está basada, principalmente, en la venta de cultivares uniflorales y estacionales aunque aumenta su oferta a lo largo del año y como planta en maceta.

El tulipán se da típicamente en Holanda, ya que este país es el líder mundial en producción y exportación (bulbo y planta en maceta) con más de 10,000 ha (55 % del área mundial cultivada y 53.3 % de las exportaciones mundiales). Por otro lado, el clavel (estándar y miniatura) es de fácil y rápida multiplicación y su principal mercado es Estados Unidos; en América, tan solo Colombia cultiva más de 4,000 ha de clavel por lo que es el principal productor mundial y proveedor de Estados Unidos (60 % de ese mercado). Holanda también es el principal productor mundial flores y bulbos de liliium (lirios) (3,500 ha); su flor es de alta calidad y por lo mismo es de las más cotizadas en el mercado internacional, lo que junto con la gran aceptación del público, ocasionó que a finales de la década de los 90's y gran parte del inicio del Siglo XXI se triplicara su superficie sembrada (FUNPROVER, 2008). En 2004, el consumo europeo *per cápita* de ornamentales fue de 27 euros, siendo los más consumidores Holanda (53 euros), Reino Unido (45 euros), Austria y Alemania (36 euros), mientras que en Estados Unidos fue de 21 euros y en México, 10 euros.

Los principales productores y comercializadores de flor cortada a nivel mundial son Holanda (3,578 ha bajo vidrio altamente tecnificado), seguido por Colombia, la

Unión Europea, Ecuador y Kenia. Otros países como Israel, Italia y Tailandia, tienden a aumentar su producción (Orozco, 2007; FUNPROVER, 2008).

La derrama económica por concepto de venta de flores en Estados Unidos se estima superior a los 20 mil millones de dólares, siendo los principales consumidores Florida, Texas, Nueva York y California (Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S. C. de R. S., 2009).

El mayor consumo de flores en Estados Unidos se da principalmente durante las principales festividades: navidad (14 - 24 de diciembre, colores rojo y blanco; 15 % de las ventas), San Valentín (febrero, colores: rosas, rojas, pocas blancas y coloreadas; 17 % de las ventas), Pascua (abril; rosado, lavanda y amarillo; 15 %), día de las madres (mayo; rosado, amarillo, lavanda; 22 %) y día de acción de gracias (thanksgiving day) (segundo jueves de noviembre; amarillo, café, naranja; 13 %).

Ornamentales en México. La superficie destinada a la producción ornamental en México ocupa el tercer lugar a nivel mundial con cerca de 22,000 ha sembradas, de las cuales, el 52 % es producción de flor de follaje y de corte, 15 % de flores y plantas de viveros, y el resto corresponde a flores forrajeras y semillas (Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S. C. de R. S., 2009).

El valor la producción de las ornamentales alcanzó los 5,787 millones de pesos, lo que representa un ingreso bruto de 320,650.00 pesos por hectárea. La mayor proporción del valor (31.2 %) correspondió a rosa, seguido de gladiola (20.14 %), nochebuena de invernadero (9.69 %), lillium (6.77 %), clavel (4.6 %) y árboles de navidad (4.2 %) (SIAP, 2015).

México ocupa el 14º lugar como exportador de ornamentales en el mundo, siendo sus principales destinos Estados Unidos y Canadá (99.7 %) y el 0.3 % restante, Europa. En contraste, Colombia, Ecuador y Costa Rica con una superficie de cultivo menor a la del Estado de México, han logrado posicionarse como proveedores líderes del mercado norteamericano, cuyas exportaciones ascendieron a 570.3, 215.9 y 161.0 millones de dólares, respectivamente (FUNPROVER, 2008). Las exportaciones de México al mundo (2007) en

ornamentales sumaron 59,067,722.00 de pesos; de los cuales: follajes 12,945,195.00 (21.9 %), rosas 4,017,515.00 (6.8 %), gladiola 2,610,234.00 (4.4 %), gerbera 2,244,384 (3.79 %) y ave de paraíso 1,410,837.00 (2.38 %) (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012).

La falta de una calidad adecuada y de buenas prácticas de manejo poscosecha son factores adversos de la comercialización nacional de flores en México; y repercute directamente en la calidad y vida de anaquel del producto.

En el país, el 95 % de los productores son pequeños y medianos que deben profesionalizarse, y a quienes se debe orientar a realizar operaciones en un entorno más empresarial. Lo común es que el pequeño productor acuda a los mercados mayoristas como la Central de Abastos del D. F. y a los mercados locales de cada región o ciudad más cercana, donde vende sus productos a intermediarios y mayoristas de diferentes ciudades de la república (Guadalajara, Monterrey, Culiacán, Cancún, Acapulco y Morelos, entre otras).

En la ciudad de México los puntos de venta más importantes son la central de abasto de Iztapalapa (CEDA), el mercado de flores de Jamaica y cadenas de florerías como Matzumoto y Del Valle.

En las cercanías del Distrito Federal se destinan alrededor de 6,500 ha a ornamentales (52 % se ocupa con flor y follaje de corte y el resto en macetas; de esta superficie, 10 % se produce bajo condiciones de invernadero), siendo el Estado de México el más importante con 35 % del total de la superficie, con lo que aporta el 80 % de la producción nacional de flor cortada (4,945 ha; en la región de Coatepec-Villa Guerrero concentra 4,055 ha dedicadas a producir flor y ornamentales). Entre las especies cultivadas destacan: crisantemo, clavel, rosa, gladiola, liliun y gerbera. Adicionalmente, Atlixco, Puebla, se coloca a nivel nacional como el primer municipio productor de rosales, de flor de nochebuena y plantas de flor en maceta en general. Con todo esto, las ornamentales han mostrado un crecimiento del 15 % a partir de 1994. El consumo de flores de corte en México se calcula en 200 millones de dólares, lo que representa el 90 % de la producción nacional y el 10 % restante se utiliza para la exportación, lo cual

genera divisas de alrededor de 50 millones de dólares anuales. En cuanto a las exportaciones, el Estado de México aporta 80 % del total de ornamentales, cuyo destino principal es Estados Unidos, con ventas estimadas en 40 millones de dólares anuales.

Existen en México actualmente unas 200 empresas consolidadas en el sector florícola; de éstas sólo 10 exportan sus productos. Los especialistas mexicanos se plantean el reto de aumentar la producción y exportación para desbancar a sus competidores del continente (Colombia y Ecuador) en el suministro de flor y planta a Estados Unidos.

Grupo Visaflor, es la empresa productora y distribuidora más grande del país (flor cortada principalmente), se estableció en 1981 y se constituye como la empresa más antigua del rubro; para atender el mercado nacional cuenta con centros de venta de mayoreo y medio mayoreo en las principales ciudades del país. Destina más de 60 ha el cultivo de ornamentales (FUNPROVER, 2008).

Los principales estados de la república productores de ornamentales son: Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Baja California y Guerrero, destacando en importancia el Estado de México (FUNPROVER, 2008); y los principales productores de ornamentales en vivero son: Guerrero (290 ha), Morelos (207 ha), Veracruz (203 ha), Michoacán (91 ha), D.F. (70 ha), Puebla (56 ha) y Colima (56 ha) que representan el 77 % de la superficie nacional y cultivan 221 especies como: rosa, palma areca, crotos, dieffembachias, azaleas, aralias, trueno, arrayán y helechos (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2005).

Resalta que el Estado de México con solo el 35 % de la superficie cultivada de flores obtiene altos porcentajes de producción en volumen (más del 90 %), debido a sus favorables condiciones ambientales, mejor tecnología y sistemas de producción (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2005).

La superficie destinada a cultivos agrícolas en el Estado de México fue de 1'830,475 ha, de las cuales 11,000 ha (0.6 %) fueron de flor, con las que la contribución económica promedio del sector florícola fue de 22 % al valor total de la producción agrícola estatal (20,195 millones de pesos). La participación del

crisantemo y la gladiola en el conjunto de ornamentales generalmente se distribuye de la siguiente manera: superficie 84.2 %, producción, 87.6 % y valor de la producción 96.0 % (Orozco, 2007).

Por otra parte, Baja California exporta claveles a California, Estados Unidos; mientras Tabasco, Veracruz y Chiapas exportan flores exóticas y tropicales (aves del paraíso y heliconias) al mismo país (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2005).

El consumo estimado per cápita anual de flores en México es de \$ 10 dólares americanos, mientras que en EE.UU. y Europa, el consumo es de \$ 25 y \$ 35 dólares, respectivamente; lo que demuestra lo poco desarrollado que se encuentra nuestro mercado interno de flores de corte (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2005).

IV. Problemática

La problemática de las ornamentales según el Sistema Producto Nacional de Ornamentales, se resume en lo siguiente:

1. Alrededor del 70 % de la producción, distribución y consumo de flores y plantas se realiza en la zona centro del país; esta excesiva concentración de la actividad, genera importantes desequilibrios, saturación en algunas zonas y desabasto en muchas otras.
2. La gran mayoría de los pequeños productores están enfocados en la atención del mercado doméstico y no cuentan con la capacidad para ofertar productos de alta calidad, concentrándose en cultivos de pocas especies tradicionales.
3. Existe una orientación productiva a productos de poca rentabilidad.
4. Los predios son de superficie reducida (1 a 3 ha), lo que limita las economías de escala.

5. Escasez crónica de capital excedente con la correspondiente incapacidad estructural de innovación y perfeccionamiento productivo.
6. Falta de capacidad para organizarse y comercializar sus productos en forma colectiva.
7. Escasos recursos para infraestructura y adquisición de material propagativo.
8. Poca capacitación en nuevas tecnologías e inadecuado manejo postcosecha (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012).

La producción de flores en México presenta características claramente identificadas, aunque no bien cuantificadas:

1. Muy pequeña escala: menos de 2,000 m² por unidad de producción, cuando en Colombia el promedio es de al menos 10 veces más.
2. Resistencia a asociarse, se prefiere trabajar individualmente.
3. Baja tecnificación.
4. Casi nula investigación y desarrollo.

Una debilidad importante de México para exportar es la dependencia en cuanto a material genético y el pago de regalías que representa. Las plántulas y semillas de flores son vendidas a todo el mundo por empresas holandesas, francesas, japonesas y estadounidenses, que patentan sus variedades y cobran regalías, aumentando los costos. Es paradójico que siendo México un país megadiverso y donde la floricultura es una tradición, no tenga una sola variedad propia de flor de corte registrada en el mercado mundial. En general, el 95 % del material vegetativo es importado (bulbos, plantas y semilla) (Plan Rector Diagnóstico Nacional de Ornamentales, 2012; Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012; Flores-Palacios y Valencia-Díaz. 2007).

Los temas de investigación y transferencia de tecnología considerados prioritarios para horticultura ornamental en el estado de Veracruz, en concordancia con los problemas del sector, son

1. *En la producción primaria:* 1) censo de productores; 2) asesoría para el manejo integrado de plagas y enfermedades (principalmente en flores de corte); 3) zonificación para diferentes especies y variedades; 4) capacitación y asesoría técnica para el manejo de las diferentes especies; multiplicación; tipos y utilización de sustratos, sistemas de riego (fertirriego), adaptación y manejo de nuevas especies, y manejo postcosecha; 5) crear centros o viveros para la producción de material vegetativo y germinadores de semillas certificadas; 6) evaluar, conservar, cultivar y multiplicar material genético de especies y variedades nativas con potencial ornamental y comercial; 7) desarrollar técnicas eficientes de propagación de especies con valor comercial; 8) elaborar manuales para la producción de especies ornamentales; y 9) crear un banco de germoplasma de plantas nativas y tropicales.
2. *En el procesamiento y transformación de productos,* son: 1) capacitación en manejo poscosecha (principalmente en flor de corte) en temas como: estándares de calidad, preservación, empaque, cadena de frío, embalaje, embarque y transportación; 2) creación de empaques para el manejo poscosecha; 3) estandarizar la calidad del producto ante el mercado; 4) capacitación para diversificar presentación de productos; 5) aprobar normas y procedimientos para mejorar la calidad.
3. *En comercialización-organización,* son: 1) organización para producir y comercializar sus productos; 2) realizar estudios de mercado para detectar nichos nacionales e internacionales; 3) agrupar y diversificar la oferta vía web ligada a padrón de productores; 4) promocionar para impulsar el consumo; 5) conformar organizaciones legalmente integradas (UMAs); y 6) colaboración entre actores de diferentes eslabones (FUNPROVER, 2008).

En el estado de Chiapas, los problemas críticos de las ornamentales, son (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012): 1) el material vegetativo con el que se cuenta es de producción nacional lo que limita la calidad de las flores de corte; 2) no existen especialistas en el cultivo de las diferentes especies; 3) el nivel de

desarrollo científico-tecnológico en Chiapas es muy bajo; 4) no se cuenta con los recursos necesarios para apropiar tecnología adecuada; 5) se cuenta con tecnología media - baja (se carecen de equipos especializados e infraestructura moderna de invernaderos) ; 6) no existe una planificación adecuada de cultivos; 7) gran dispersión de pequeñas plantaciones; 8) no existe una concentración de la producción a lugares específicos para su venta; 9) existe una baja calidad de la producción que limita la comercialización del producto al mercado exterior; 10) no existe un adecuado manejo post-cosecha; 11) no se cuenta con información estadística actualizada relacionada al sector florícola; y 12) no se cuenta con un reconocimiento de Chiapas como productor importante de flores de calidad y cantidad para el mercado nacional.

Los proyectos identificados y su priorización para ornamentales en Chiapas, son:

1. Creación de un sistema de información estadística para los tres niveles de mercados de flores.
2. Formación de especialistas en diversas especies florícolas.
3. Creación de un campo demostrativo para evaluar la mayor diversidad de flores con tecnologías avanzadas de relativa facilidad para su transferencia a floricultores actuales y potenciales.
4. Establecimiento de cadenas de florerías propias de la integradora en las principales ciudades como parte de un plan integral de comercialización.
5. Incubar empresas proveedoras de insumos y servicios a la producción de flores y follajes.
6. Creación de un centro de multiplicación y abastecimiento de material vegetativo y plántulas de diversas especies, con variedades mejoradas de calidad internacional y certificada.
7. Campaña de sanidad vegetal para el tratamiento de plagas y enfermedades.

8. Desarrollo de los canales de comercialización de los mercados de la región sur sureste, (principalmente mercado de la península de Yucatán) a través de CEPFLOR como agente integrador.
9. Diseño de una plataforma de comercio electrónico (e-Commerce).
10. Establecimiento de centros de acopio cercanos a las unidades de producción y centros de distribución en lugares estratégicos.
11. Definición de paquetes tecnológicos adecuados para las diversas especies en producción de acuerdo a los sistemas de producción (invernadero y cielo abierto).
12. Plan de capacitación técnico-administrativo enfocado a productores y asesores técnicos en el manejo de diversas especies florícolas (incluyendo tecnologías de producción bajo ambiente controlado, administración de las plantaciones florícolas, etc.).
13. Creación y/o consolidación de la infraestructura productiva para el manejo eficiente y efectivo del agua (sistemas de irrigación, pozos profundos, etc.).
14. Estudio de mercado nacional para flores de corte.
15. Plan de atención de clientes cautivos en diversas ciudades.
16. Proyectos de exportación a mercados internacionales.
17. Especificación de normas técnicas y de calidad.
18. Estudio de las plantas repelentes para aprovechar sus principios alelopáticos (*Calendula officinalis*, *Crotalaria juncea*, *Tagetes* spp. (marygold) que actúan como repelentes de insectos y nematodos ligado al control etológico (feromonas) y biológico.
19. Estudios sobre flores secas y producción orgánica de pétalos y flores comestibles (capichina, pensamientos, caléndula, borraja, rosa, orquídea, malvón, clavel, bugambilia, aretillo, mastuerzo, tulipán, crisantemo,

girasol, geranio, margarita, violeta tricolor, la flor de yuca, del amaranto, del limón, de la papaya, de la naranja y manzanilla.

20. Cadena de frío en el manejo poscosecha. Con excepción de los anturios, el ave de paraíso, las heliconias, las “gingers”, algunas orquídeas y los follajes (palmas y helecho cuero), que son especies tropicales, todas las otras ornamentales son de clima templado.
21. Los principales factores que afectan el precio de las flores en general, son el tamaño del tallo, la temporada, la frescura del tallo y del botón, la presentación de la flor (apariencia general y empaque), el número de tallos por empaque (entre menor sea es mejor, porque se conservan más), el origen (ciertos países tienen reconocido prestigio de calidad y servicio, como Holanda, Colombia e Israel) y el conocimiento del comprador de las distintas variedades para estimar la vida de anaquel; mientras que en el mercado nacional la base principal es el precio (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012).

Las bases de competencia para el mercado internacional son el certificado de origen de las plantas, el precio, que es importante pero no determinante por sí solo, los volúmenes de venta grandes de acuerdo a las necesidades del comprador, la capacidad de vender a lo largo de todo el año o al menos durante la mayoría de los meses, las variedades de especies ofrecidas, el aseguramiento de calidad, el estar a la vanguardia en novedades y modas del mercado, y, por último, la seriedad mostrada en todas las operaciones (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012).

No se tienen datos precisos de la superficie con invernaderos para ornamentales. SAGARPA estima que hay 400 ha de las más de 10,000 ha totales destinadas a este grupo de especies. El Consejo Mexicano de la Flor registra 600 ha de invernaderos para flor de corte y 700 ha para planta en maceta, de un total de 3,740 ha (Sistema Producto Flores de Chiapas, 2012).

Los resultados del Taller de Vinculación, organizado por el SNITT el 21 de agosto de 2015 *“Planteamiento de demandas urgentes y temas estratégicos de Demandas del Sector 2015-5*

Investigación y Transferencia de Tecnología (ITT) en ornamentales (nochebuena, orquídeas y heliconias)” y la reunión de trabajo con representantes del Consejo Mexicano de la Flor y Sistema Producto Ornamentales del Estado de Morelos del día 27 de agosto de 2015; permitieron identificar las necesidades de investigación en nochebuena y , orquídeas; así como la necesidad imperante de realizar un estudio de Mercado de la producción Ornamental de México, misma que se ve reflejada diferentes planes rectores de los sistemas producto Estatales.

V. Logros y avances

Se han originado diversos datos y estadísticas propias de un estudio de mercado, mostrados por Granada-Carreto (2013); Orozco-Hernández, 2007 y Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S. C de R. S. (2009):

1. En el año 2012, los principales estados productores de ornamentales en México eran: Baja California, Colima, Chiapas, Distrito Federal, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Puebla, Yucatán y Veracruz, además de Michoacán, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Oaxaca, Tabasco, Nuevo León, Coahuila y Nayarit.
2. La actividad con ornamentales emplea a 165,000 jornales directos; además otro tanto de empleos indirectos, lo cual beneficia a 150,000 familias; además existen 20,000 productores (dato estimado).
3. La producción de ornamentales se da en 20 estados de la República Mexicana, en los cuáles se cosechan 18,070 ha con un valor de producción de \$ 4'081,950.00 pesos.
4. El consumo per cápita en México es de \$ 11.00 dólares.
5. Se estima en 6,097 millones de pesos anuales aportados, principalmente, por 12 estados de la república, lo cual representa el 86 % de la producción total del país.
6. Los tipos de ornamentales más demandados son las plantas con flores, plantas para setos, cubre-suelos, árboles, follaje, exóticas, de interior y

exterior. La distribución de la demanda es: 60 % en el norte del país (Nuevo León, Sinaloa, Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua), 25 % en el sur (Quintana Roo, Oaxaca, Yucatán, Tabasco, Chiapas, Veracruz), 15 % en el centro (D.F., Estado de México, Puebla, Querétaro, Guanajuato e Hidalgo).

7. Se sabe quiénes son los principales clientes: mayoristas, distribuidores, tiendas de autoservicio, empresas constructoras, arquitectos, paisajistas, jardinería especializada, direcciones de parques y jardines municipales, centros recreativos, hoteles, restaurantes y consumidor final.
8. Se conocen las condiciones en que los ornamentales son empacados y transportados: las plantas son protegidas con mangas (papeles, polipapel, polietileno), en cajas de cartón, de plástico y transportadas en vehículos tipo pick-up, estaquitas, camionetas de 3 t, y camiones tipo tráiler, acomodadas en estivas, con niveles de madera o en carritos.
9. Los cultivos con más superficie destinada para su cultivo son: gladiola (29 %), crisantemo (21 %), palma de ornato camedor (9 %), pasto tapete (7 %), flores (7 %), cempoalxóchitl (7 %), rosa (gruesa) (6 %), rosa de invernadero (gruesa) (6 %), plantas de ornato (planta) (4 %), y clavel (4 %).
10. Los cultivos con mayor valor de producción por ha son: la orquídea, la hortensia (planta), el ciclamen, el crisantemo, el liliium (gruesa), la rosa de invernadero, el belén (planta), liliium (planta), geranio, begonia, gerbera, aretillo, nochebuena (planta), helecho, cineraria (planta), calancoe (planta), rosa de invernadero (gruesa), tulipán holandés, flores (planta) y rosa (planta).
11. El crecimiento de las importaciones de los mercados internacionales es de la siguiente manera: Alemania con 23 % (bulbos de orquídeas, jacintos, narcisos y tulipanes) y 4 % (plantas ornamentales y plantas vivas con raíces); Holanda con 5 % (esquejes sin enraizar e injertos); Francia con 15 % (bulbos con narcisos en reposo vegetativo), 23 %

(orquídeas, jacintos, narcisos y tulipanes, en vegetación o en flor) y 4 % (plantas ornamentales, plantas vivas incluyendo sus raíces; Reino Unido con 16 % (bulbos de gladiola en reposo vegetativo); Estados Unidos con -1 % (flor de corte y planta ornamental) y Canadá con 10 % (flor de corte y planta ornamental).

12. Se sabe nuevas plantas con oportunidad de mercado en Europa, entre las que destacan: aglaonema, ananas, benjamina, aralia, araucaria, bambusa, entre otras; lo cual abriría nuevas puertas de mercado.
13. En 2008, México exportó 24 millones de dólares en valor de ornamentales a Estados Unidos, mientras que Colombia, Ecuador y Costa Rica exportaron 502, 134 y 28 millones de dólares respectivamente. Estados Unidos representa el 99 % del total de las exportaciones mexicanas.
14. Se sabe que en México se cultivan más de 70 variedades de flor de corte y follaje concentrando el 90 % de la superficie de su producción en 5 estados: Estado de México, Morelos, Puebla, Veracruz y Michoacán.
15. Las rosas, gladiolas, claveles y crisantemos representan el 50 % de la superficie cultivada con un valor de casi el 80 % del valor de la producción.
16. El Estado de México concentra más del 50 % de la producción de flor de corte y casi el mismo porcentaje del total de las exportaciones del país.
17. Se sabe que no se cuenta con asociaciones, cámaras u organizaciones profesionales y verdaderamente representativas del sector ornamental.

VI. Propósito de la Demanda

Conocer y caracterizar el mercado nacional de ornamentales; y establecer su potencial de desarrollo interno y externo, con base en los recursos genéticos (nativos y exóticos) y las condiciones climáticas disponibles.

VII. Objetivos

7.1. Objetivo General

Caracterizar el mercado nacional de las principales ornamentales y establecer el potencial de desarrollo del mercado interno y al exterior, con base en los recursos genéticos (nativos y exóticos), climáticos, tecnológicos, y el estado del arte disponibles.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar el mercado nacional de ornamentales con base en la oferta, demanda, precio (al productor, venta al público) de venta, tipo y calidad de productos, consumidores, regiones de producción y consumo, climas y estacionalidad de la producción y tecnología de producción.
2. Establecer el potencial de desarrollo del mercado interno con los consumidores, y los productos actuales y emergentes (nativos y exóticos).
3. Identificar nichos y segmentos de mercado, productos ornamentales, viveristas, consumidores, regiones y oportunidades de negocio que ofrece el mercado nacional para productores e inversionistas mexicanos.
4. Elaborar materiales escritos (folletos y carteles) para la difusión de las oportunidades que ofrece el mercado interno para productos ornamentales (incluye las diversas presentaciones); y lo equivalente para los principales productos con opción de negocio en el mercado internacional.

VIII. Justificación

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

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

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente Demanda titulada **“Estudio de mercado de las ornamentales en México”**; misma que forma parte integral de la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

Las demandas urgentes y temas estratégicos de investigación transferencia de tecnología, captadas en el Taller de Vinculación sobre ornamentales, organizado por el SNITT, en 2015 (21 de agosto) derivadas de la problemática ahí establecida y mencionada por algunos autores como Menchaca-García y Moreno-Martínez (2011) y otros investigadores relativas, al mercado de las ornamentales, incluyen: desconocimiento de las características y el potencial del mercado nacional de Demandas del Sector **2015-5**

ornamentales (oferta y demanda) por: productos, regiones productoras, regiones de consumo; precios (al productor y venta al público), distribución de los productos, la agregación de valor mediante diferentes presentaciones al mercado la época del año, así como por el diferencial de precios de productos equivalentes (nacionales e importados) entre los importados y los producidos en el país.

En tal situación, se requiere generar información del mercado nacional que permita la toma de buenas decisiones para aumentar la competitividad de las cadenas de valor de las ornamentales basada en productores que atiendan las necesidades y aspiraciones de los clientes, mediante el cambio de la actitud de “producir y después vender”, hacia “producir solo lo que tenga posibilidad de buena venta”, partiendo del análisis del mercado y la comercialización nacional, en el marco del actual contexto internacional sobre ornamentales.

IX. Productos a entregar

1. Un informe (impreso y digitalizado) que incluya los resultados y la base de datos de la caracterización del mercado nacional de ornamentales con base en la oferta, demanda, precios (al productor y de venta al público) de productos, consumidores, tipos y calidad de productos, preferencias de los clientes y tendencias; en función de las regiones productoras, económicas, climáticas, estaciones del año y fechas y periodos de consumo, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
2. Un informe (impreso y digitalizado) que incluya los resultados y la base de datos del potencial de desarrollo del mercado interno con los productores, consumidores, y productos convencionales y emergentes (nativos o exóticos), y sus posibilidades (actuales y potenciales) de expansión exitosa, basadas en el contexto actual, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
3. Un informe (impreso y digitalizado) que incluya los resultados de la identificación de nichos y segmentos de mercado, productos, regiones y oportunidades de negocio que ofrece el mercado nacional de ornamentales para productores e inversionistas mexicanos; indicando aquellos que tengan posibilidades en el

mercado internacional, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.

4. Al menos un folleto y un cartel (impreso y digitalizado) para la difusión de las oportunidades que ofrece el mercado interno para cada uno de los seis principales productos ornamentales presentes en el mercado nacional; y lo equivalente para casos con opción en el mercado internacional, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Incrementar la rentabilidad y competitividad de las cadenas de valor ornamentales en México, en beneficio de los productores, consumidores y la economía nacional.
- Mayor eficiencia en la producción, distribución y comercialización de ornamentales con cobertura nacional).
- Fortalecimiento de los eslabones de las diferentes cadenas de valor con mejor atención a los consumidores de ornamentales, y desarrollo del mercado interno.

Social

- Mayor aprecio a las plantas ornamentales nativas y exóticas en todo el territorio nacional.
- Mejor calidad, presentación y mayor cobertura de la distribución de los diferentes productos ofrecidos por los productores y comercializadores de ornamentales.

Tecnológico

- Difusión y promoción con cobertura nacional de todos los productos y presentaciones de ornamentales que pueden inspirar a los productores locales a la innovación para generar mayor diversidad, productividad y

eficiencia del uso de suelo, material vegetativo, sustratos, fertilizantes, agua, pesticidas y contenedores.

Ecológico

- Reducción del saqueo ilegal de especies nativas en todas las regiones geográficas, por medio de la circulación y disponibilidad de material vegetativo de nuevas especies, variedades y productos nacionales competitivos.
- Producción sustentable de diversas ornamentales mediante métodos intensivos, insumos adecuados y aprovechamiento altamente rentable de especies nativas y exóticas.

XI. Literatura citada

Anónimo. 2015. 7 elementos de metodología de investigación de mercados <http://www.gestiopolis.com/7-elementos-metodologia-investigacion-mercados/> (Fecha de consulta: 13/09/2015).

Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S. C. de R. S. 2009. La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregado a los Estados Unidos y Canadá. SAGARPA – FIRCO. 225 p.

Flores-Palacios, A., and S. Valencia-Díaz. 2007. Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation* 136:372 –387.

FUNPROVER. 2008. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el estado de Veracruz. Fundación Produce Veracruz – Colegio de Postgraduados. 105 p.

Granada-Carreto, L. 2013. Particularidades del mercado y las expectativas para el uso y producción de material de propagación certificado. SNICS –

CONAPLOR. 30, 31 de octubre y 1 de noviembre, Cuautla, Morelos. Consejo Mexicano de la Flor.

Gross, M. 2015. Metodología de la investigación de mercados. <http://manuelgross.bligoo.com/metodologia-de-la-investigacion-de-mercados>.

Fecha de consulta: 13/09/2015).

Menchaca-García, R. A., y D. Moreno-Martínez. 2011. Conservación de orquídeas, una tarea de todos. 1^{ra} ed. SINAREFI. 43 p.

Orozco-Hernández, M. E. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. Convergencia - Revista de Ciencias Sociales 45:111-160.

Plan Rector Diagnóstico Nacional de Ornamentales. 2012. Convergencia. Diagnóstico Base de Referencia, Estructura Estratégica. SAGARPA – Tecnológico de Monterrey. Ixtapan de la Sal, México. 28 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> Fecha de Consulta 08/09/15

Sistema Producto Flores de Chiapas. 2005. Plan Rector Sistema Producto Ornamental 2005-2015. Fomento Económico de Chiapas, A. C. – Secretaría de Desarrollo Rural – SAGARPA - Gobierno de Chiapas. 95 p.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

Demanda 6

CADENA DE VALOR YACA

I. Título tema a demandar

Desarrollo integral de la cadena agroindustrial del cultivo de yaca en México

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores, consumidores y comercializadores del cultivo de yaca de las principales zonas productoras de yaca en México.

III. Antecedentes

El género *Artocarpus* (Moraceae) comprende aproximadamente 50 especies de árboles tropicales nativos del Sur-Sureste de Asia y la región del Pacífico; la mayoría de ellos producen frutos comestibles (Nelson, 2005). Las cuatro especies más importantes son *A. altilis* (Parkins) Fosb., *A. heterophyllus* Lam., *A. integer* (Thunb). Merr y *A. odoratissimus* Blanco (Love and Paul, 2011). La yaca (*A. heterophyllus*) es cultivada ampliamente en zonas de bajas elevaciones del Sureste de Asia (Rahman *et al.*, 1999; Setu *et al.*, 2013), en los bosques perennes en el Oeste de África (Burkill, 1977), en el Norte de Australia (Azad *et al.*, 2007) y México, principalmente en el estado de Nayarit (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

El árbol de yaca es de hojas perennes, de tamaño regular a mediano (8 a 25 m) y soporta frutos de 2 a 35 kg. Es una especie monoica, con inflorescencias masculinas y femeninas separadas y producidas en toda la planta, pero se prefiere manejar las inflorescencias del tallo para asegurar el crecimiento de los frutos a menor altura (Luna-Esquivel *et al.*, 2013). Las inflorescencias pueden tener más de 5,000 flores femeninas y masculinas, y la receptividad de los estigmas se da en un período de 15 a 28 días posteriores a la formación. Cada planta puede emitir

de 8 a 103 inflorescencias femeninas al año y el proceso de maduración de los frutos tarda de 81 a 137 días desde antesis. El fruto es compuesto, ya que los ovarios de múltiples flores o de una inflorescencia se unen para formar un fruto, lo que origina que la superficie del fruto tenga una apariencia de panal, en donde cada polígono representa una flor. En el fruto pueden distinguirse tres regiones primarias: a) eje o centro del fruto, que contiene el látex (no comestible); b) perianto, mayor porcentaje comestible del fruto y región media fusionada (formando el anillo del sincarpo) y la región externa córnea no comestible de color verde y amarillo al madurar; y c) fruto verdadero (semillas) que se desarrolla desde el carpelo del ovario y está rodeado por el pericarpio fresco. Una característica importante de la especie es que posee flores prácticamente todo el año (Ong *et al.*, 2006; Piña-Dumoulin *et al.*, 2010), pero sus semillas son viables por poco tiempo, sensibles al frío y a la desecación, por lo que se recomienda almacenarlas a 20 °C para poder retener la viabilidad hasta por 5 semanas, lo que puede dar de 41 a 48 % de germinación (Warrier *et al.*, 2009). Entre las características deseadas de los cultivares de yaca se encuentran la precocidad y productividad del árbol, además de rasgos del fruto como el aroma, la proporción comestible, la firmeza de la pulpa, el color y sabor (Ayala-Silva, 2004).

Los usos de la yaca son diversos, su fruto se consume en fresco, curtido o cocinado, y también en distintas formas procesadas como dulces, paletas, nieves (Luna-Esquivel *et al.*, 2013), mermelada (Ihediohanma *et al.*, 2014) y botana (Molla *et al.*, 2008).

Las brácteas de los frutos maduros tienen un alto valor nutritivo, ya que 100 g de brácteas maduras contienen 287 - 323 mg de potasio, 30 - 73.2 mg de calcio y 11 - 19 g de carbohidratos. Las semillas son muy nutritivas y se consumen cocidas o se tuestan (Samaddar, 1985), mientras que las semillas secas se utilizan en la elaboración de dulces o se consumen hervidas como aperitivos (Love y Paull, 2011), y se les extrae una goma con alto contenido de polisacáridos (Dasaesamoh y Seechamnaturakit, 2014). La madera es durable, de color naranja a café-rojizo de acuerdo a la edad, y es resistente a termitas. Los desechos del fruto y hojas se utilizan como un forraje muy nutritivo para cerdos, cabras y vacas (Shyamalamma

et al., 2008; Love y Paull, 2011), las hojas se cocinan y los frutos también son cocinados o procesados como jugo, helados o rodajas fritas (Love y Paull, 2011). A pesar de muchas ventajas, la popularidad de la yaca como cultivo comercial es muy pobre debido a las grandes variaciones en la calidad del fruto, a la dormancia de las semillas y a la creencia de que el consumo de brácteas de yaca conduce a problemas digestivos (Sammadar, 1985). La propagación de yaca se da comúnmente a través de semilla; sin embargo, no es ampliamente aceptada por su alta heterocigosis, por lo que la propagación *in vitro* es una alternativa viable con el objetivo de mantener la calidad verdadera del fruto (Arachchi y Senarath, 1999; Lee y Keng, 2005; Amany *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2010a; Ashrafuzzaman *et al.*, 2012; Harb *et al.*, 2015).

En México, la yaca fue introducida en la década de 1960 (en Nayarit), y su producción ha aumentado año con año, la cual se exporta principalmente a Estados Unidos (Luna-Esquivel *et al.*, 2013). La superficie total destinada al cultivo de yaca en México en 2014 fue de 953 ha, de las cuales se cosecharon poco más de 870; la producción total fue de más de 14,300 t con un rendimiento de 16.45 t.ha⁻¹, manejándose un precio de \$ 6,820.85 por tonelada (SIAP, 2014).

Nayarit, principal productor, presenta condiciones ideales para el desarrollo de la actividad frutícola. En 2014 se destinaron 846.73 ha (88 % del total nacional), de las cuales se cosecharon 779.73 ha, con una producción de 13,268.81 t y un rendimiento de 17.02 t ha⁻¹; mientras que el precio fue de \$ 7,028.98.00 por tonelada. La superficie utilizada para el cultivo de yaca a nivel nacional, como en el estado de Nayarit, se incrementó considerablemente en los últimos 10 años, yendo desde las 227 ha en 2004 a las 953 ha en 2014 a nivel nacional, y de 200 a 846 ha en Nayarit, por lo que la producción se incrementó también (SIAP, 2014).

Entre las especies perennes cultivadas en Nayarit, la yaca ocupa el 13^{er} lugar en cuanto a superficie destinada a este tipo de cultivos (0.46 %), el 12^{do} lugar en cuanto a superficie cosechada (0.45 %), el 14^{to} lugar en cuanto a producción, el 10^{mo} lugar en cuanto a rendimiento, el 8^{vo} lugar en cuanto a precio medio rural y el lugar 10^{mo} en cuanto a valor de producción (2.70 %). Entre los cultivos cíclicos y perennes en Nayarit, la yaca ocupa el 28^{vo} lugar en cuando a superficie sembrada

(0.21 %) y cosechada (0.21 %), el 29^{no} lugar en cuanto a producción, el 20^{mo} en cuanto rendimiento, el 24^{to} en cuanto a precio medio rural y el 21^{er} lugar en cuanto a valor de producción (1.28 %) (SIAP, 2014).

La mayor producción de yaca se da de mayo a septiembre y disminuye de octubre a enero (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

IV. Problemática

Los problemas durante el proceso productivo de la yaca son variados y van desde los meramente agronómicos (manejo del cultivo, plagas y enfermedades, principalmente) hasta aquellos que se dan durante el manejo postcosecha como el ineficiente manejo durante la traspotación del producto, las pobres tecnologías de almacenamiento (cadena de frío, componente esencial para el mantenimiento de la frescura del producto), de procesamiento, y el empaque, lo cual se engloba en una pobre infraestructura (Pandian y Soundararajan, 2014). Es una especie sensible al frío y se recomienda almacenarla entre los 13 – 15 °C y 85 – 90 % de humedad relativa (Luna-Esquivel *et al.*, 2013), incluso a temperaturas de almacenamiento de 20 °C (Warrier *et al.*, 2009). También se cuenta con pobres y limitadas políticas de mercado, en lo cual se podría trabajar para obtener más beneficios para los productores y que ellos logren interesarse más en el cultivo para explotarlo al máximo.

El cultivo de yaca no ha incrementado en cuanto a interés en los productores debido al desconocimiento tecnológico que se tiene de dicho cultivo. Los pocos productores de yaca desarrollan actividades sin llevar un control de la variedad o cultivar que están reproduciendo, lo cual ocasiona problemas de calidad, y tampoco se lleva un control de las actividades agronómicas que se llevan a cabo en el cultivo. Tales hechos, son consecuencia de la falta de validación y transferencia de un paquete tecnológico para el cultivo (FPN, 2011).

A continuación se detallan algunos de los problemas que se presentan en la cadena productiva de yaca. Tales aspectos fueron obtenidos en el Taller de Vinculación “Planteamiento de los temas estratégicos y las demandas urgentes de

Investigación y Transferencia de Tecnología (ITT) en la cadena de valor yaca”, realizado el 18 de septiembre de 2015, en el edificio del CENITT-UAN, en Tepic, Nayarit, y de la revisión de literatura:

1. No existen suficientes investigaciones de aspectos agronómicos y de mejoramiento genético de la especie, además de estudios en el conocimiento y descripción de las variedades o cultivares utilizados. Es necesario obtener variedades mejoradas.
2. Desconocimiento de tecnologías de producción óptimas para el cultivo, en donde se incluyen problemas como los altos costos de producción, baja rentabilidad del cultivo, problemas fitosanitarios, baja productividad, plantaciones de variedades susceptibles a plagas y enfermedades, desconocimiento del manejo agronómico, podas, fertilización, riego, ausencia de asistencia técnica y escasa capacitación a los productores.
3. Plagas y enfermedades, insectos barrenadores que se alimentan de troncos y ramas dañadas o muertas (*Elaphidion mucronatum*, *Nyssodrysin haldemani*, *Leptostylopsis terraecolor*); brácteas (*Pinnaspis strachani*, *Aspidiotus destructor*, *Protopulvinaria mangiferae*, *Protopulvinaria pyriformis*) y cochinillas que atacan hojas y frutos. Las inflorescencias femeninas y masculinas son atacadas por *Rhizopus artocarp* y *Botrytis cinerea*. Pudrición de raíces provocada por *Pythium splendens*, *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. Las hojas son atacadas por *Gloeosporium* spp., *Phyllosticta artocarp*, *Trichola varians* y *Pseudomonas* spp. (Crane y Balerdi, 2000; Navasero *et al.*, 2013; Chowdhury *et al.*, 2015); además, el fruto es susceptible a pudrición ocasionada por especies de *Rhizopus* (*R. orizae*, *R. artocarp* y *R. stolonifer*) (Nelson, 2005).
4. Se ha identificado una enfermedad relativamente nueva llamada “bronceado” de la yaca ocasionada por la bacteria *Pantoea stewartii* que se caracteriza por cambios en la coloración de la zona afectada (amarillento-naranja a rojizo) (Gapasin *et al.*, 2014). De tales problemas no está exenta la yaca en nuestro país y, particularmente, en el estado de Nayarit, por lo

que se deben tomar las medidas respectivas para evitar su introducción a esas zonas de cultivo.

5. Desconocimiento de las propiedades químicas de la yaca de las cuales se podría obtener un mejor aprovechamiento, ya sea directamente como producto procesado, obteniendo extractos o aislando compuestos con alguna aplicación en la salud, alimentación o en la agricultura orgánica. Es importante que los productores logren un entendimiento de las propiedades y características de la yaca de tal manera que se interesen en aprovechar al máximo esta especie y así evitar o reducir pérdidas al máximo.
6. Manejo ineficiente durante la traspotación del producto, ya que existen pobres tecnologías de almacenamiento (cadena de frío), procesamiento y de empaque (Pandian y Soundararajan, 2014). Es una especie sensible al frío (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).
7. Se cuenta con pobres y limitadas políticas de mercado, en lo cual se podría trabajar para obtener más beneficios para los productores en cuanto a comercialización; es decir, mejora de precios y aumento de exportación, principalmente.

V. Logros y Avances

En el mundo existe gran variedad de genotipos y cultivares de yaca: 'Black Gold', 'Nahen', 'Lemon Gold', 'Cochin', 'Honey Gold' 'Gold Nugget' y 'Galaxy' en Australia; 'Dang Rasimi', 'Golden Pillow', 'Chompa Grob', 'Malaysia', 'NS1', 'Mastura', 'J29', 'J30', 'J31' y 'J33' en Tailandia; 'Tabouey' y 'Bali Beauty' en Indonesia, además de las variedades 'Mutam' y 'Varikka' en India (Love y Paull, 2011). En Nayarit se cultivan diferentes selecciones varietales sin registro que se distinguen por características específicas de la planta y fruto: 'Agüitada', 'Buchona', 'Romina', 'Carlita', 'Ponciana', 'Clemente', 'Lisa', 'Bolonga', 'R-15' y 'Yesi' (Luna-Esquivel *et al.*, 2013). Las diferencias entre ellas residen en el tamaño, firmeza, densidad de protuberancias, presencia de látex y calidad de pulpa (Khan *et al.*, 2010b).

El cultivo de yaca en Nayarit se inició en el municipio de San Blas, como cultivo alternativo al plátano (*Musa paradisiaca*). El material más propagado es el cultivar 'Agüitada', la cual presenta hojas pequeñas y enrolladas en los bordes, con pocas hojas en comparación con otras variedades, es de porte bajo y tolera vientos, plagas y enfermedades. Su fruto es uniforme y crece en 2.5 – 4 meses dependiendo de la estación, su peso va de 8 a 9 kg, el perianto (parte comestible) es de pulpa naranja, de sabor y textura agradable y cáscara delgada. El fruto se colecta a los 81 días después de la antesis, dependiendo de la región y del tipo de yaca. El color del pedúnculo y del fruto se utiliza como indicador de cosecha, sin embargo, tales características puede depender del uso final del fruto, por ejemplo, industrialización o consumo como fruta fresca. Cabe mencionar que el fruto es climatérico, con alta densidad respiratoria (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

Existen estudios acerca de la diversidad de la yaca y la mayoría de ellos se han basado en características morfológicas (Hossain *et al.*, 1996; Saha *et al.*, 1996; Jagadeesh *et al.*, 2007); pero también hay estudios basados en AFLP's (polimorfismos de la longitud de fragmentos amplificados) con los cuales se ha mostrado evidencia del bajo grado de diversidad genética en cultivares de esta especie (Shyamamma *et al.*, 2008; Schnell *et al.*, 2001); así como por RAPD's (amplificación aleatoria de ADN polimórfico) (Pushpakumara y Harris, 2007; Gopalsamy *et al.*, 2012; Krishnan *et al.*, 2015) con conclusiones similares.

Un aspecto muy importante y destacado de *Artocarpus* es su valor nutraceútico. Las hojas y la corteza se utilizan para tratar anemia, asma, dermatosis, diarrea, catarro y como expectorante (Balbach y Boarim, 1993); también, el extracto metanólico de hojas presentó propiedades analgésicas e inmunomoduladoras (Prakash *et al.*, 2013), además de que los extractos de etanol al 70 % y butanol presentaron efectos hipoglicémicos e hipolipidémicos en ratones (Omar *et al.*, 2011). Por su parte, las semillas presentan propiedades anticancerígenas, antihipertensivas, antiúlceras, antioxidantes, quelantes, antifúngicas y antimicrobianas, además de que son beneficiosas en la purificación de la sangre y en dolencias pancreáticas (Gupta *et al.*, 2011; Shanmugapriya *et al.*, 2011;

Gangaraju *et al.*, 2015), mucho de ello debido al contenido de fenoles, flavonoides, taninos y alcaloides (Shanmugapriya *et al.*, 2011; Sirisha *et al.*, 2014). El fruto también presenta propiedades antidiabéticas, antioxidantes y antiinflamatorias (Biworo *et al.*, 2015).

La yaca, en sus diferentes estructuras, contiene carotenoides, flavonoides, taninos y esteroides, los cuáles le confieren, entre otras, propiedades anticancerígenas, además de tratar úlceras e indigestión. Las brácteas de los frutos maduros tienen 0.8 % de minerales, 30 UI (unidades internacionales) de vitamina A (1 UI de Vitamina A = 3 µg de retinol o 6 µ de β-caroteno, este último es el precursor) (FAO, 2015) y 0.25 mg 100 g⁻¹ de tiamina y un valor energético alto (APPARI, 2012; Ahmed y Labavitch, 1980). También es una fuente importante de azúcares y polisacáridos (principalmente almidón), proteínas y compuestos aromatizantes (Dushyanta *et al.*, 2011). Compuestos como el almidón, lípidos y proteínas se han observado a través de estudios histoquímicos y anatómicos en el floema y xilema del árbol de yaca (Islam y Begum, 2012). El almidón es un componente importante de la semilla de yaca (Madruga *et al.*, 2014) y también se utiliza como espesante y estabilizador en salsa picante (Rengsutti y Charoenrein, 2011). Adicionalmente, se ha extraído y caracterizado el mucílago de la pulpa de yaca como mucoadhesivo para la administración de fármacos (Sabale *et al.*, 2015). La cáscara, que no tiene valor económico, se ha utilizado para la preparación y obtención de carbón activado (Prahas *et al.*, 2008) y como biocombustible (Soetardji *et al.*, 2014).

La variedad de aplicaciones de la yaca en medicina es sobresaliente, pues también se ha estudiado el efecto de las proteasas de las semillas (Bhat y Pattabiraman, 1989) en desordenes trombóticos con resultados positivos, ya que este tipo de enzimas ayudan a hidrolizar coágulos (Gangaraju *et al.*, 2015). Aparte del almidón, la yaca contiene azúcares diferentes de los comunes, que se consideran raros en la naturaleza, como la trehalosa y psicosa que tienen ciertas aplicaciones en salud humana (Muangthai y Katinted, 2014). Referente a esto, un aspecto importante se presenta en condiciones de déficit de agua, en donde se da una acumulación considerable de azúcares solubles y aminoácidos en respuesta a

tal condición (Rodrigues *et al.*, 2010). Una aplicación que se da debido al alto contenido de azúcares en semillas (aprox. 36 %) es la producción de etanol vía fermentación (Chongkhong *et al.*, 2012).

Por otra parte, los metabolitos secundarios igualmente son abundantes e importantes debido a sus propiedades. Los flavonoides obtenidos en el extracto metanólico de semilla mostraron actividad citotóxica contra líneas celulares de cáncer de pulmón (línea A549), mientras que contra líneas celulares de cáncer cervical, de riñón embrionario y de pecho, la actividad fue nula (Patel y Patel, 2011). La yaca tiene, incluso, aplicación en salud bucal, ya que la resina contenida en el látex se puede utilizar para esos propósitos debido a sus propiedades antimicrobianas (Rao *et al.*, 2014).

Una característica importante de la yaca es su sabor y aroma, de los cuales son responsables los compuestos volátiles como el etil-3-metil-butanoato, el etil-butanoato, el butil-acetato, el etil 2-metil-butanoato y el butil-butanoato (Bicas *et al.*, 2011).

Actualmente se desarrollan estudios metabolómicos en diversas especies vegetales encargados de obtener un perfil químico completo o parcial y cuyos resultados dependiendo del objetivo muestran la variabilidad y propiedades químicas de las especies, lo cual se podría aplicar idóneamente a la yaca con el fin de aprovechar al máximo sus propiedades y aplicaciones. Los aspectos de composición química de la yaca se pueden aprovechar para la realización de estudios, por ejemplo, en la inhibición de ciertos microorganismos dañinos, tal como se realizó con extractos de corteza y estípulas de algunas especies de *Artocarpus* obtenidos con acetona, etanol, cloroformo, éter de petróleo y benceno, con los cuales se evaluó el efecto sobre *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* y *Bacillus subtilis* con resultados positivos en la mayoría de los casos (Asha y Ben, 2014), arrojando igualmente resultados positivos en esos microorganismos con el uso de lectinas de semillas, afectando también a *Staphylococcus aureus* (Nair *et al.*, 2013). Existe en yaca una proteasa con actividad antibacterial y antifúngica (*Pseudomonas aeruginosa* y *Candida*

albicans, respectivamente) obtenida de la semilla (Siritapetawee *et al.*, 2012), y el extracto de acetona de la cáscara de desecho mostró actividad contra bacterias gram positivas y gram negativas, debido a su contenido de furanona y compuestos fenólicos (Roy y Lingampeta, 2014). También se han llevado a cabo estudios sobre la actividad alelopática de las hojas de yaca, con efectos sobre lechuga, berro, alfalfa, timothy y raigrás (Kato-Noguchi y Takami, 2015), además de estudios sobre la acción de inhibidores de proteinasas provenientes de extractos de semilla con efecto sobre proteasas del intestino de *Spodoptera mauritia* Boisid (Lepidoptera: Noctuidae) (Lakshmanan y Meethal, 2012), cuyo resultado cabe dentro del control biológico.

Tales resultados se pueden aplicar en aras de la agricultura sustentable, aplicando los compuestos o extractos como herbicidas o plaguicidas de origen natural, aspecto muy importante en la época actual ya que se llega al abuso en la aplicación de agroquímicos sintéticos dañinos al medio ambiente.

Durante el proceso de maduración de la yaca se presentan cambios en la composición del fruto; por ejemplo, en el cultivar J3 de Malasia se reportaron incrementos de acidez titulable de 0.3 a 0.9 %, expresado como ácido málico (ácido orgánico), aunque otros autores reportan entre 0.1 – 0.2 %, los ácidos orgánicos presentes en la yaca son el málico y cítrico, mientras que los ácidos succínico y oxálico se encuentran en pequeñas cantidades (Ong *et al.*, 2006; Selvaraj y Pal, 1989), los sólidos solubles totales alcanzaron los 20 °Brix, y el azúcar más abundante fue la sacarosa, con alrededor de 5 % en fruto maduro, y también contiene de 0.33 – 0.40 % de fibra cruda y 1 % de cenizas. Algunos cultivares presentan tonos de amarillo a naranja, lo cual se debe al contenido de β -caroteno, α -caroteno, β -zeacaroteno, β -caroteno-5,6 α -epóxido, carotenoide dicarboxílico y crocetina (Chandrika *et al.*, 2004), muchos de ellos presentes en las semillas; además, se han encontrado más de 20 compuestos volátiles que contribuyen al aroma complejo del fruto y cuya concentración varía a lo largo del proceso de maduración (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

En Nayarit, se han llevado a cabo estudios que se han concentrado en el manejo postcosecha y en composición química. Se ha estudiado el efecto del 1-metilciclopropeno sobre el perfil aromático del fruto de yaca (Núñez-Pastrana *et al.*, 2006) y sobre la fisiología y calidad de los frutos, además de la prolongación de la vida de anaquel (Mata-Montes de Oca *et al.*, 2007); también se ha identificado por vía molecular a los hongos causantes de pudrición postcosecha (Ragazzo-Sánchez *et al.*, 2011), y se ha estudiado el contenido y características del almidón contenido en la semilla (Madrigal-Aldana *et al.*, 2011), las propiedades antimutagénicas y antiproliferativas de extractos de pulpa de yaca (Ruiz-Montañez *et al.*, 2015), el comportamiento del color de bulbos durante postcosecha (Ulloa *et al.*, 2007) y estudios dirigidos a la descripción de la situación del cultivo en la entidad (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).

Existen otros estudios en los cuales se podría incursionar tal como el efecto de bacterias lácticas en la elaboración de bebidas fermentadas como los jugos (Dushyanta *et al.*, 2011), para producir vino posteriormente (Sharma *et al.*, 2013).

En general, la mayoría de los estudios realizados sobre yaca en nuestro país, están dirigidos a la vida postcosecha del fruto, pero a la vez se han detectado algunos de los problemas que afectan a este cultivo en las diferentes etapas del proceso de producción.

Diversos investigadores han entregado estudios que han ayudado a conocer la situación actual del cultivo:

1. Se conocen las plagas y enfermedades que mayormente afectan al cultivo, y a que estructuras vegetales atacan preferentemente, y su modo de acción por lo que es más fácil responder ante tales circunstancias. Las principales plagas y enfermedades son o están ocasionados por insectos, brácteas, cochinillas, y por hongos y bacterias (Crane y Balerdi, 2000; Nelson, 2005; Navasero *et al.*, 2013; Chowdhury *et al.*, 2015).
2. Identificación de una nueva enfermedad denominada “bronceado de la yaca” ocasionada por la bacteria *Pantoea stewartii* que ocasiona cambios

de coloración de amarillento-naranja a rojizo de la zona afectada (Gapasin *et al.*, 2014).

3. Identificación de los principales problemas en el proceso productivo de la yaca, desde los aspectos puramente agronómicos hasta aquellos que tienen que ver con el manejo postcosecha del fruto, su transformación y políticas de mercado (Luna-Esquivel *et al.*, 2013).
4. Estudio de la composición química y de la vida postcosecha del fruto de yaca. Madrigal-Aldana *et al.* (2011) aislaron y caracterizaron el almidón de semillas de yaca en dos estados de maduración.
5. Efecto antimutagénico y antiproliferativo de extractos de yaca, que presentaron propiedades quimioprotectoras para reducir mutagenicidad y redujeron la proliferación de líneas celulares cancerosas (Ruiz-Montañez *et al.*, 2015).
6. Efecto del 1-metil-ciclopropeno sobre la fisiología y calidad de frutos, y sobre el perfil aromático del fruto de yaca (Núñez-Pastrana *et al.*, 2006; Mata-Montes de Oca *et al.*, 2007).
7. Se identificó a través de técnicas moleculares al hongo causante de la pudrición postcosecha del fruto de yaca, con resultado positivo para *Aspergillus* spp. que fue identificado por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) (Ragazzo-Sánchez *et al.*, 2011).
8. Estudios postcosecha acerca del comportamiento del color de los bulbos de yaca autoestabilizados en frascos de vidrio por la tecnología de obstáculos (Ulloa *et al.*, 2007); y se ha optimizado el proceso de hidrólisis enzimática de pulpa de yaca (Navarrete-Solís *et al.*, 2014).
9. Se registraron dos nuevas especies del género *Diomus* (Coleoptera: Coccinellidae) en el cultivo de yaca. Éstas nuevas especies son depredadores de insectos y ácaros que dañan al cultivo, por lo que son importantes en control biológico (Rodríguez-Palomera *et al.*, 2015).

10. Identificación y caracterización de diversos grupos químicos (volátiles, fenólicos, flavonoides, carotenoides, entre otros) con propiedades antifúngicas, antibacterianas, anticancerígenas, antioxidantes, antiinflamatorios, antidiabetes, entre otras (Devasagayam *et al.*, 2004; Siritapetawee *et al.*, 2012; Lakshmanan y Meethal, 2012; Nair *et al.*, 2013; Roy y Lingampeta, 2014; Asha y Ben, 2014; Kato-Noguchi y Takami, 2015).
11. Los métodos de propagación de variedades mejoradas están bien establecidas en los principales países productores asiáticos; se utilizan técnicas como la injertación (con sus variantes), la propagación por brotes, por medio de estacas y técnicas de hibridación (APAARI, 2012).

VI. Propósito de la Demanda

Aprovechamiento del germoplasma de yaca, mediante la descripción, multiplicación y registro de variedades sobresalientes en rendimiento, calidad, vida de anaquel; desarrollo, adopción o adaptación, validación y transferencia de tecnología de manejo de huertos; desarrollo, adopción o adaptación, validación y transferencia de tecnología de postcosecha; evaluación de mercados y diversificar productos de yaca.

VII. Objetivos

7.1 Objetivo General

Identificar, introducir, caracterizar, evaluar y multiplicar materiales nacionales e introducidos sobresalientes para registro de nuevas variedades (rendimiento, calidad y vida de anaquel); establecer huertos madre y viveros; documentar y validar tecnología de propagación, de producción comercial convencional y sustentable, y de manejo postcosecha en México; evaluar mercados y diversificar productos de yaca.

7.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar la zonificación agroecológica del cultivo y determinar zonas potenciales a nivel nacional mediante sistemas de información geográfica.
2. Identificar, introducir, describir, evaluar y multiplicar genotipos sobresalientes en rendimiento y calidad, para registrar nuevas y variedades mexicanas sobresalientes.
3. Implementar un programa de mejoramiento genético de yaca, con germoplasma nacional e introducido, para generar variedades nacionales competitivas en rendimiento, tolerancia a enfermedades y plagas, y buen comportamiento agronómico (precocidad, porte bajo, fruto pequeño y de calidad), para mercado de exportación.
4. Determinar los efectos de la variabilidad climática en el comportamiento fenológico, fisiológico y productivo de yaca.
5. Implementar la tecnología de producción de planta certificada o material propagativo en vivero o huertos madre, de las variedades mexicanas sobresalientes de yaca, que permitan promover el cultivo y el abastecimiento de planta para ampliar la superficie cultivada con plantaciones nuevas.
6. Concluir, desarrollar, adoptar o adaptar tecnologías convencionales y sustentables (orgánicas) en la producción de yaca (época de plantación, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización-biofertilización, riego, manejo integrado de plagas y enfermedades, producción forzada, indicador de cosecha, empaque y manejo postcosecha), mediante la integración del sistema de reducción de riesgos de contaminación (inocuidad).

7. Desarrollar productos de alto valor tecnológico, nutracéutico, económico y comercial para diversificar los usos alimenticios, industriales y medicinales de yaca.
8. Realizar un diagnóstico o estudio de mercados de fruto fresco y otros productos.
9. Desarrollar actividades de validación y transferencia de tecnología, e innovaciones, vinculadas al estado del arte y a los resultados generados en el proyecto para mejorar la tecnología actual de producción, promover el cultivo, incrementar la productividad y la rentabilidad sustentable de yaca.
10. Generar un modelo de organización de productores en apoyo a la innovación, transferencia y adopción de tecnología.

VIII. Justificación

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

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

en la Línea de Acción 1.1.1. “Implementar investigación y desarrollo tecnológico aplicado en proyectos de desarrollo rural sustentable a través del SNITT” (Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable).

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada **Desarrollo integral de la cadena agroindustrial del cultivo de yaca en México**, misma que forma parte integral de la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

En la búsqueda de la diversificación de cultivos, a través de los años se ha dado la introducción de frutales de naturaleza exótica como la yaca, y se ha buscado la rentabilidad de su producción y comercio, aumentando con esto el beneficio e ingreso de los productores. La yaca es una alternativa para los productores debido a su alto precio de venta (en algunas temporadas) y al interés que ha despertado entre consumidores tanto de México como de Estados Unidos, principalmente debido a características como su sabor, aroma y propiedades basadas en su composición química. Es una interesante fuente de ingreso de divisas al país, y en particular al estado de Nayarit, por lo que se debe poner especial atención en potenciar su producción y en diversificar sus usos y aplicaciones.

La superficie destinada a este cultivo, y por lo tanto su producción, se han incrementado en los últimos 10 años, tanto a nivel nacional como en el estado de Nayarit, principal productor, la superficie ha incrementado desde las 200 ha hasta poco más de 900 ha (SIAP, 2014). Es necesario, a través de la implementación de tecnologías, el mejoramiento en el proceso productivo y lograr que este cultivo realmente represente un beneficio para los productores y para el país en general, dado que hay producción prácticamente todo el año.

En el estado de Nayarit se presentan las condiciones idóneas, tanto de clima como de suelo, para lograr los más altos niveles de producción del cultivo (Luna-Esquivel *et al.*, 2013). De acuerdo con datos del SIAP (2014), la mayor superficie destinada a la producción de yaca, los mayores rendimientos y la mayor producción se da en este estado, por lo que se requiere aprovechar al máximo tales condiciones y lograr que este cultivo se coloque entre los más populares, además de diversificar y expandir el conocimiento acerca de éste. Los usos, propiedades y aplicaciones de la yaca son muy diversos por lo que se requiere mejorarla y aprovecharla al máximo en beneficio de los productores y consumidores. Finalmente, con las debidas prácticas en el proceso productivo se lograría expandir y maximizar el potencial de este cultivo de manera integral.

IX. Productos a entregar

1. Una memoria cartográfica impresa, digitalizada y descrita del sistema GIS sobre la zonificación agroecológica, distribución actual y potencial por cultivo de yaca en México, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
2. Al menos tres variedades (genotipos) sobresalientes de yaca (por rendimiento, calidad de fruto y vida de anaquel) para promover su cultivo, con sus respectivos documentos de descripción para los registros de protección intelectual.
3. Un informe de resultados de la identificación, introducción, evaluación y multiplicación de genotipos de yaca, y de avances del programa de mejoramiento genético, con evidencia de trámite de registro para protección intelectual.
4. Un informe de resultados de los efectos de la variabilidad climática en el comportamiento fenológico, fisiológico y productivo de yaca.
5. Un manual de la tecnología de producción de planta certificada o material propagativo en vivero o huertos madre de las variedades

mexicanas de yaca, vinculada al estado del arte y los resultados del proyecto, para inducir a técnicos y productores en la aplicación de las tecnologías, con evidencias de trámite del respectivo registro de propiedad intelectual.

6. Dos manuales y dos videos con el estado del arte y los resultados del proyecto sobre la tecnología, convencional y sustentable (orgánica), e innovaciones para la producción de yaca (época de plantación, arreglo topológico-densidad de plantación, podas, injertos, nutrición-fertilización-biofertilización, riego, manejo integrado de plagas y enfermedades, producción forzada, manejo integrado de plagas y enfermedades, indicadores de cosecha, empaque y manejo postcosecha), mediante la integración del sistema de reducción de riesgos de contaminación (inocuidad), con el fin de inducir a técnicos y productores en su aplicación e innovación, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
7. Un documento con la descripción de los procesos o protocolos de obtención y la descripción de, al menos, tres productos de alto valor tecnológico, económico y comercial generados a partir de yaca, con los respectivos documentos para los registros de protección intelectual.
8. Un documento (informe) con los resultados del diagnóstico o estudio de mercados del fruto fresco y los otros productos generados a partir de yaca, con evidencia de trámite de protección intelectual.
9. Un documento (informe) con los resultados de las actividades de transferencia de tecnología, vinculada al estado del arte y a los resultados del proyecto, para mejorar la actual tecnología de producción, promover el cultivo, incrementar la productividad y la rentabilidad sustentable de yaca, con evidencia de trámite de protección intelectual.
10. Un documento (informe) que describa el modelo de organización de productores en apoyo a la innovación, transferencia y adopción de

tecnología, y los resultados de su aplicación, con evidencia de trámite de protección intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener

Económico

- Reducción de costos de producción a través del mejoramiento de las técnicas agronómicas, como el uso efectivo y racional de fertilizantes / biofertilizantes y la aplicación de tecnologías sustentables.
- Mejora de la producción, competitividad, rentabilidad y calidad de la yaca en beneficio de todos los eslabones de la cadena de valor de esta especie.
- Más exportación vía el aumento de la producción y calidad del fruto de yaca, con ayuda de mejoras en las políticas de comercialización.
- Diversificación de las aplicaciones y usos de la yaca, no solo del fruto sino del resto de las estructuras vegetales, pues todas presentan particularidades en cuanto a composición química.
- Agregación de valor en nuevos productos transformados de yaca que representen más ingresos para los productores, industriales y comercializadores.

Social

- Disponibilidad de variedades nacionales mejoradas de yaca para diferentes ambientes y usos de acuerdo a la estructura vegetal que se utilice.
- Mejora de políticas de mercado en beneficio de productores.

- Implementación de mejoras al proceso productivo del cultivo (tecnológicas sustentables) que reditúen en la baja de costo de producción.
- Generación de empleos, directos e indirectos en las zonas productoras de yaca.
- Expansión del conocimiento de las propiedades de la yaca y de los productos transformados obtenidos a partir de esta.

Tecnológico

- Liberación de variedades mejoradas que compitan en el mercado de exportación con base en la calidad del fruto.
- Mejora del proceso productivo en cuanto a aspectos agronómicos y del proceso postcosecha a través de la implementación de tecnologías actuales, cuidando la inocuidad del producto.
- Expansión del conocimiento e implementación de tecnologías de los procesos para elaboración de productos transformados con valor agregado y comercial de yaca.

Ecológico

- Producción sustentable de yaca a partir de la mejora y actualización de las técnicas agronómicas implementadas en el proceso de producción con enfoque sustentable.
- Uso racional de plaguicidas químicos registrados para el cultivo, o en su caso, el uso combinado con productos de origen natural.
- Restauración de zonas que pudiesen verse afectadas por el cultivo o por las técnicas empleadas durante el proceso productivo.
- Evitar o disminuir la contaminación de mantos freáticos mediante la disminución de agroquímicos o pesticidas agresivos.

- Aplicación de productos de origen biológico y natural para el manejo de plagas y enfermedades en sistemas de producción sustentables y orgánicos.
- Evitar la desaparición de la entomofauna benéfica (depredadores y parasitoides) que regulan las poblaciones de ácaros e insectos plaga
- Fomentar la producción orgánica de yaca como estrategia de sustentabilidad y de agregación de valor en el mercado de exportación.

XI. Literatura citada

- Ahmed, A. E. R., and J. M. Labavitch. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. *Plant Physiology* 65: 1009-1013.
- Amany, M. Hamed, A. M. A. Enas, and S. B. Ehab. 2007. *In vitro* propagation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). *Journal of Applied Sciences Research* 3: 218-226.
- APPARI. 2012. Jackfruit improvement in the Asia-Pacific region a status report. Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions. Bangkok, Thailand. 182 p.
- Arachchi, K. A. H. K. K., and W. T. P. S. K. Senarath. 1999. *In vitro* multiplication and rooting of *Artocarpus heterophyllus* Lam. Proceedings of the 5th Annual Forestry and Environment Symposium of the Department of Forestry and Environmental Science. University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka. 1 p.
- Asha, D. S. and C. P. Ben. 2014. Least concerned bark and stipules of *Artocarpus* species (Moraceae) – an effective antibacterial agent. *International Research Journal of Biological Sciences* 3: 25-29.
- Ashrafuzzaman, M., S. Kar, D. Khanam, and S. H. Prodham. 2012. *In vitro* regeneration and multiplication of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). *Research Journal of Biology* 2: 59-65.
- Ayala-Silva, T. 2004. Breeding and selection of jackfruit for South Florida. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 3 p.

- Azad, A. K., J. G. Jones, and N. Haq. 2007. Assessing morphological and isozyme variation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) in Bangladesh. *Agroforestry Systems* 71: 109-125.
- Balbach, A., and D. S. F. Boarim. 1993. *As frutas. medicina natural.*: Editora Missionaria. Sao Paulo. 436 p.
- Bhat, A. V., and T. N. Pattabiraman. 1989. Protease inhibitors from jackfruit seed (*Artocarpus integrifolia*). *Journal of Bioscience* 14: 351-365.
- Bicas, J. L., G. Molina, A. P. Dionisio, F. F. C. Barros, R. Wagner, M. R. Maróstica Jr., and G. M. Pastore. 2011. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. *Food Research International* 44: 1843-1855.
- Biworo, A., E. Tanjung, Iskandar, Khairina, and E. Suhartono. 2015. Antidiabetic and antioxidant activity of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) extract. *Journal of Medical and Bioengineering* 4: 318-323.
- Burkill, H. M. 1997. *The useful plants of West Tropical Africa Vol. 4.* 2nd ed. Royal Botanic Gardens, Kew. 969 p.
- Chandrika, U. G., E. R. Jansz, and N. D. Warnasuriya. 2005. Analysis of carotenoids in ripe jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) kernel and study of their bioconversion in rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 186-190.
- Chongkhong, S., B. Lolharat, and P. Chetpattananondh. 2012. Optimization of ethanol production from fresh jackfruit seeds using response surface methodology. *Journal of Sustainable Energy & Environment* 3: 97-101.
- Chowdhury, M. S. M., H. E. M. K. Mazed, I. J. Irin, H. Rahman, and J. F. Moonmoon. 2015. Study on seedling diseases of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) in Bangladesh. *International Journal of Applied Research* 5: 20-25.
- Crane, J. H., and C. F. Balerdi. 2000. *La jaca (Artocarpus heterophyllus Lam.) en Florida.* Miami-Dade County. University of Florida – IFAS Extension. 12 p.
- Dasaesamoh, R., and V. Seechamnaturakit. 2014. Extraction and enzymatic depolymerization of gum from *Artocarpus heterophyllus* Lam. seeds. *International Food Research Journal* 21: 2245-2251.

- Devasagayam, T. P. A., J. C. Tilak, K. K. Bloor, S. Ketaki, S. Saroj, L. Ghaskadbi, and R. D. Lele. 2004. Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects *Journal of the Association of Physicians of India* 52:291-297.
- Dushyantha, D. K., M. Raghavendrakumar, and V. C. Suvarna. 2011. Study on Fermentation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) juice by beneficial lactic acid bacteria. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 2: 732-739.
- FAO. 2015. <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0f.htm>. Fecha de consulta: [22/09/15, 10:20 h.](#)
- FUNDACIÓN PRODUCE NAYARIT, A. C. (2011) Agenda estatal de innovación estatal 2010-2015. Jacka. Pp. 79-81.
- Gapasin, R. M., R. P. García, C. T. Advincula, C. S. de la Cruz, and L. M. Borines. 2014. Fruit Bronzing: a new disease affecting jackfruit caused by *Pantoea stewartii* (Smith) Mergaert *et al.* *Annals of Tropical Research* 36: 17-31.
- Gangaraju, S., B. Manjappa, G. K. Subbaiah, K. Kempaiah, R. Shashidharamurthy, J. H. Ploow, S. S. Martin, M. Shinde, and D. Sannanigaiah. 2015. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed extract exhibits fibrinolytic activity. *Pharmacognosy Journal* 7: 171-177.
- Gopalsamy, J., J. Anburaj, C. Sundaravadivelan, T. Kuberan, P. Kumar, T. Starlin, and M. Mariselvan. 2012. Molecular marker (RAPD) based fingerprinting on jackfruit to estimate the genetic diversity. *International Journal of Applied Bioresearch* 7: 1-7.
- Gupta, D., S. Mann, A. Sood, and R. K. Gupta. 2011. Phytochemical, nutritional, and antioxidant activity evaluation of seeds of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 2: 336-345.
- Harb, E. M., M. R. A. A. Alhady, and N. A. A. Elsalam. 2015. In vitro rapid propagation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 15: 147-153.
- Hossain, A. 1996. Status report on genetic resources of jackfruit in Bangladesh. IPGRI Regional Office, Singapore. 30 p.

- Ihediohanma, N. C., D. C. Okafor, and A. S. Adeboye. 2014. Sensory evaluation of jam produced from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7: 41-43.
- Islam, M. A., and S. Begum. 2012. Histochemical and anatomical studies of phloem and xylem cells of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) tree. *International Journal of Natural Sciences* 2: 1-7.
- Jagadeesh, S. L., B. S. Reddy, N. Basavaraj, G. S. K. Swamy, K. Gorbali, L. Hegde, G. S. V. Raghavan, and S. T. Kajjidoni. 2007. Inter tree variability for fruit quality in jackfruit selections of Western Ghats of India. *Scientia Horticulturae* 112: 382-387.
- Kato-Noguchi, H., and Y. Takami. 2015. Allelopathic activity and allelopathic substance in jackfruit leaves. *Journal of Tropical Forest Science* 27: 277-281.
- Khan, F. R., H. Ur-Rahman, N. A. Abbasi, M. Ibrahim, and G. Abbas. 2010a. *In vitro* shoot and root proliferation of jackfruit as affected by different concentrations of growth regulators. *Sarhad Journal of Agriculture* 26: 534-538.
- Khan, R., N. Zerega, S. Hossain, and M. I. Zuberi. 2010b. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) diversity in Bangladesh: land use and artificial selection. *Economic Botany* 64: 124-136.
- Krishnan, A. G., T. S. Sabu, G. V. Sible, and X. Lindamol. 2015. Genetic diversity analysis in jackfruit selections of Kuttanad region using RAPD technique. *International Journal of Scientific and Research Publications* 5: 1-6.
- Lakshmanan, A. P., and K. V. Meetha. 2012. Jackfruit seed and areca nut extracts inhibit gut protease activity of *Spodoptera mauritia* Bois. (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Biologica Indica* 1: 129-131.
- Lee, C. L., and C. L. Keng. 2005. Micropropagation of *Artocarpus heterophyllus* Lamk. *The Planter* 81: 689-695.
- Love, K., and E. R. Paull. 2011. Jackfruit. *Fruits and Nuts*. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. F-N-19 p.
- Luna-Esquivel, G., G. Alejo-Santiago, L. G. Ramírez-Guerrero, L. Arévalo-Galarza. 2013. La yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) un fruto de exportación. *Agroproductividad* 6: 65-70.

- Madrigal-Aldana, D. L., B. Tovar-Gómez, M. Mata-Montes de Oca, S. G. Sayago-Ayerdi, F. Gutiérrez-Meraz, and L. A. Bello-Pérez. 2011. Isolation and characterization of mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch in two mature stages. *Starch-Starke* 63: 364–372.
- Madrugá, M. S., F. S. M. de Albuquerque, I. R. A. Silva, D. S. do Amaral, M. Magnani, and V. Q. Neto. 2014. Chemical, morphological, and functional properties of Brazilian jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) seeds starch. *Food Chemistry* 143: 440-445.
- Mata-Montes de Oca, M., J. A. Osuna-García, A. Hernández-Estrada, M. Ochoa-Villarreal, B. Tovar Gómez. 2007. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) sobre la fisiología y calidad de frutos de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13: 165-170.
- Molla, M. M., T. A. A. Nasrin, M. N. Islam, and M. A. J. Bhuyan. 2008. Preparation and packaging of jackfruit chips. *International Journal for Sustainable Crop Production* 3: 41-47.
- Muangthai, P., and A. Katinted. 2014. Trehalose and psicose sugar in jackfruit. *International Journal of Advance Research* 2: 1-6.
- Nair, S. S., N. C. Madembil, P. Nair, S. Raman, and S. B. Veerabadrappa. 2013. Comparative analysis of the antibacterial activity of some phytolectins. *International Current Pharmaceutical Journal* 2: 18:22.
- Navarrete-Solís, A., J. Aguilar-Osorio, M. Ortíz-Jimenez, E. Montalvo-González, I. Andrade-González, y R. Ortíz-Basurto. 2014. Optimización de la hidrólisis enzimática de pulpa de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.). XIX Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. 7 p.
- Navasero, M. V., M. M. Navasero, M. Ceres, and S. M. F. Calumpag. 2013. Occurrence of the Moraceae-feeding bombycid, *Trilocho varians* (Walker) (Bombycidae, Lepidoptera) as pest of jackfruit and some ornamental species of *Ficus* in the Philippines. *Journal ISSAAS* 19: 41-48.
- Nelson, S. 2005. Rhizopus rot of jackfruit. *Plant Disease* PD-29 p.
- Núñez-Pastrana, R., M. Calderón-Santoyo, J. A. Ragazzo-Sánchez. 2006. Acción del 1-metilciclopropeno sobre el perfil aromático del fruto de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). IV congreso internacional XV congreso nacional de Ingeniería Bioquímica. 9 p.

- Omar, H. S., H. A. El-Beshbishy, Z. Moussa, K. F. Taha, and A. N. Singab. 2011. Antioxidant activity of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jackfruit) leaf extracts: remarkable attenuations of hyperglycemia and hyperlipidemia in streptozotocin-diabetic rats. *The Scientific World Journal* 11: 788-800.
- Ong, B. T., S. A. H. Nazimah, A. Osman, S. Y. Quek, Y. Y. Voon, D. M. Hashim, P. M. Chew, and Y. W. Kong. 2006. Chemical and flavor changes in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) cultivar J3 during ripening. *Postharvest Biology and Technology* 40: 279-286.
- Pakrash, O., Jyoti, A. Kumar, and O. Kumar. 2013. Screening of analgesic and immunomodulator activity of *Artocarpus heterophyllus* Lam. Leaves (jackfruit) in mice. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 1: 33-36.
- Pandian, T., and K. Soundararajan. 2014. Problems and prospects of jackfruit cultivators – A study with reference to Taminaldu. *Asian Pacific Journal of Research* 1: 63-71.
- Patel, R. M., and S. K. Patel. 2011. Cytotoxic activity of methanolic extract of *Artocarpus heterophyllus* against A549, HeLa and MCF-7 lines. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 1: 167-171.
- Prahas, D., Y. Kartika, N. Indraswati, and S. Ismadji. 2008. The use of activated carbon prepared from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) peel waste for methylene blue removal. *Journal of Environmental Protection Science* 2: 1-10.
- Piña-Dumoulin, G., J. Quiroz, A. Ochoa, y S. Magaña-Lemus. 2010. Caracterización físico-química de frutas frescas de cultivos no tradicionales de Venezuela I: La yaca. *Agronomía Tropical* 60: 35-42.
- Pushpakumara, D. K. N. G., and S. A. Harris. 2007. Potential of RAPD markers for identification of fruit types of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (jackfruit). *Journal of Natural Science Foundation of Sri Lanka* 35: 175-179.
- Ragazzo-Sánchez, J. A., A. Gutiérrez-Escatel, G. Luna-Solano, J. F. Gómez-Leyva, and M. Calderón-Santoyo. 2011. Molecular identification of the fungus causing postharvest rot in jackfruit. *Revista Mexicana de Micología* 34: 9-15.
- Rahman, A. K. M. M., N. Nahar, A. J. Mian, and M. Mosihuzzaman. 1999. Variation of carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heterophyllus* L.) with maturity and climatic conditions. *Food Chemistry* 65: 91-97.

- Rao, J., S. Kalpana, S. Shweta, M. S. Kumar, B. Manish. 2014. *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit) potential unexplored in dentistry – an overview. *Universal Journal of Pharmacy* 3: 50-55.
- Rengsutti, K., and S. Charoenrein. 2011. Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. *Food Science and Technology* 44: 1309-1313.
- Rodrigues, B. M., B. D. Souza, R. M. Nogueira, and M. G. Santos. 2010. Tolerance to water deficit in young trees of jackfruit and sugar apple. *Revista Ciência Agronômica* 41: 245-252.
- Rodríguez-Palomera, M., J. Cambero-Campos, G. Luna-Esquivel, A. Robles-Bermúdez, y Carlos Carvajal-Cazola. 2015. Nuevos registros de dos especies del género *Diomus* (Coleoptera:Coccinellidae) para el estado de Nayarit, México. *Métodos en Ecología y Sistemática* 10: 79-81.
- Roy, S., and P. Lingampeta. 2014. Solid wastes of fruits peels as source of low cost broad-spectrum natural antimicrobial compounds-furanone, furfural and benzenetriol. *International Journal of Research in Engineering and Technology* 3: 273-279.
- Ruiz-Montañez, G., A. Burgos-Hernández, M. Calderón-Santoyo, C. M. López-Sainz, C. A. Velázquez-Contreras, A. Navarro-Ocaña, J. A. Ragazzo-Sánchez. 2015. Screening antimutagenic and antiproliferative properties of extracts isolated from jackfruit pulp (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Food Chemistry* 175: 409-416.
- Sabale, V., V. Patel, and A. Paranjape. 2015. Isolation and characterization of jackfruit mucilage and its comparative evaluation as a mucoadhesive and controlled release component in buccal tablets. *International Journal of Pharmaceutical Investigation* 2: 61-69.
- Saha, M. C., M. G. Saha, M. A. Rahman, M. I. Nazrul, A. Quasem, N. K. Halder, and A. F. M. E. Haque. 1996. Variability in jackfruit. A paper presented at the Internal Research Review Workshop. Horticulture Research Centre, BARI, Gazipur, Bangladesh. Pp. 1-4.
- Sammadar, H. M. 1985. Jackfruit. *In: Fruits of India: Tropical and Subtropical*. Bose, T. K., and S. K. Mitra, Eds. Naya Prokash, Calcutta, India. Pp. 638-649.

- Schnell, R. J., C. T. Olano, R. J. Campbell, and J. S. Brown. 2001. AFLP analysis of genetic diversity within a jackfruit germplasm collection. *Scientia Horticulturae* 91: 261-274.
- Selvaraj, Y., and D. K. Pal. 1989. Biochemical changes during ripening of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) *Journal of Food Science and Technology* 26: 304-307.
- Setu, W. A., S. Ali, and R. Islam. 2013. Assessment of losses of jackfruit as perceived by the farmers. *Journal of Education and Practice* 4: 11-16.
- SIAP, 2014. Servicio de información agroalimentaria y pesquera de la SAGARPA <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Fecha de consulta 10/09/2015]
- Sirisha, N., K. V. R. Rao, D. B. Rao, and T. R. Rao. 2014. Evaluation of antioxidant activities, phytochemical constituents and protein profiling of five varieties of jackfruit (*Artocarpus* species) seeds. *International Journal of Pharma Sciences* 4: 626-631.
- Siritapetawee, J., S. Thammasirirak, and W. Samosornsuk. 2012. Antimicrobial activity of a 48-kDa protease (AMP48) from *Artocarpus heterophyllus* latex. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences* 16: 132-137.
- Shanmugapriya, K., P. S. Saravana, H. Payal, S. P. Mohammed, and W. Binnie. 2011. Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of *Artocarpus heterophyllus* and *Manilkara sapota* seeds and its reduction potential. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 3: 256-260.
- Sharma, N., S. P. Bhutia, and D. Aradhya. 2013. Process optimization for fermentation of wine from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Journal of Food Processing and Technology* 4: 1-5.
- Shyamamma, S., S. B. C. Chandra, M. Hedge, and P. Naryanswamy. 2008. Evaluation of genetic diversity in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) based on amplified fragment length polymorphism markers. *Genetics and Molecular Research* 7: 645-656.
- Soetardji, J. P., C. Widjaja, Y. Djojorahardjo, F. E. Soetaredjo, and S. Ismadji. 2014. Bio-oil from jackfruit peel waste. *Procedia Chemistry* 9: 158-164.
- Ulloa, J. A., P. Rosas, J. R. Flores, B. E. Ulloa, y H. Escalona. 2007. Comportamiento del color en bulbos del fruto de la jaca (*Artocarpus heterophyllus*) auto estabilizados en

frascos de vidrio por la tecnología de obstáculos. Ciencia y Tecnología Alimentaria 5: 372-378.

Warrier, R. R., B. Singh, R. Anandalakshmi, V. Sivakumar, S. Geetha, A. M. Kumar, and M. T. Hegde. 2009. Standardization of storage conditions to prolong viability of seeds of *Artocarpus heterophyllus* Lam. – A tropical fruit tree. Journal of Agricultural and Biological Science 4: 6-9.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx

:

Demanda 7

TEMA ESTRATÉGICO TRANSVERSAL: NEMATICIDAS

I. Título tema a demandar:

Generación de bioplaguicidas para el control de nemátodos fitopatógenos a partir de biomoléculas obtenidas de plantas y microorganismos

II. Beneficiarios del proyecto:

Productores, comercializadores, industriales y consumidores de especies hortofrutícolas de los estados de Baja California, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas.

III. Antecedentes:

Las enfermedades de las plantas son alteraciones fisiológicas y morfológicas de sus células y tejidos ocasionadas por factores bióticos (microorganismos infecciosos) como bacterias, hongos, protozoarios flagelados o nemátodos; por agentes infecciosos como virus y viroides o por factores abióticos (no infecciosos) como cambios edafoclimáticos y toxicidad por plaguicidas, nutrientes o contaminantes, entre otros (Agrios, 2005).

De todos los agentes patógenos que atacan a las plantas, los nemátodos son, por lo general, los más comunes en los cultivos agrícolas (Ntalli *et al.*, 2012). Los nemátodos fitoparásitos se alimentan de plantas vivas, obteniendo su alimento con lanzas o estiletes, cuando éste además inocula toxinas u otras sustancias que inducen una reacción perjudicial para el huésped, la cual con el tiempo desencadena patogénesis, síntomas y enfermedades se le denomina fitopatógeno. Los patógenos usualmente causan enfermedad, pero los parásitos pueden o no causarla; si ello ocurre, entonces los parásitos también son considerados patógenos. Los nemátodos que se alimentan de plantas, en común con otros agentes causantes de enfermedades, son frecuentemente considerados patógenos capaces de producir una enfermedad reconocible (Guzmán *et al.*, 2012).

En los nemátodos del sistema radical se distinguen los tipos de parásitos siguientes: ectoparásitos, endoparásitos, semi-endoparásitos. Los ectoparásitos se alimentan sin penetrar a las raíces; son de mayor tamaño y con estiletes más largos que los endoparásitos que si tienen que penetrar el tejido de las raíces para alimentarse. Entre los ejemplos de los ectoparásitos, están los géneros *Hemicriconemoides*, *Longidorus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Belonolaimus*, *Criconemella*, *Xiphinema*, *Paratylenchus*, entre otros (Coyne *et al.*, 2007).

Los nemátodos endoparásitos sedentarios, son de estilete pequeño; las hembras inmaduras y juveniles entran al tejido de la planta donde desarrollan un sitio de alimentación fijo e inducen la formación de un sofisticado sistema trófico de células de abrigo llamado sincitia (células gigantes), se tornan inmóviles, adquieren una forma abultada para formar y depositar los huevos; los machos carecen de aparato digestivo funcional. Los representativos de este grupo, son: *Globodera*, *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Nacobbus*, *Punctodera* y *Cactodera* (Guzmán *et al.*, 2012).

Los endoparásitos migratorios, no están fijos en un sitio de alimentación, no forman células modificadas de alimentación, ni saco de huevos, y todos sus estados de desarrollo son parasíticos; se alojan y migran a través de los tejidos. Ejemplos representativos: *Hirschmanniella*, *Radopholus* y. Ejemplos de semi-endoparásitos sedentarios son: *Tylenchulus semipenetrans*, *Rotylenchulus reniformis* y los géneros *Sphaeronema* y *Tylenchulus*; y de semi-endoparásitos migratorios: *Hoplolaimus* y *Helicotylenchus* (Guzmán *et al.*, 2012).

Entre los nemátodos endoparásitos de tejidos aéreos que atacan el follaje, destacan *Anguina*, *Aphelenchoides* y *Ditylenchus*, y entre los endoparásitos migratorios *Aphelenchoides*, *Bursaphelenchus* y *Ditylenchus*. De las más de 4,100 especies de nemátodos fitoparásitos-fitopatógenos que se conocen, las principales dos especies que ocasionan las pérdidas más grandes en la agricultura son: 1) nemátodo del género *Meloidogyne* (nodulador) y 2) nemátodo del género *Pratylenchus* (lesionador) (Guzmán *et al.*, 2012).

A nivel mundial, el género *Meloidogyne* spp. ocupa el primer lugar en importancia, por la severidad de los daños y la considerable reducción de la producción agrícola, dado que se trata de una especie polífaga con amplia distribución y frecuencia. Las especies más comunes a nivel mundial y en México son *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla* (Bird, 1972; Sasser, 1977; Jones, 1981; Eisenback *et al.*, 1983; Hartman y Sasser, 1985).

Métodos de control de nemátodos fitopatógenos. Existen varios que dependen del costo y tipo de cultivo. Usualmente, los métodos de control son: control cultural (rotación de cultivos, labranza, cultivos de cobertura); control biológico (bacterias y hongos parásitos, antagonistas naturales); control genético (variedades resistentes); control físico (calor por solarización e inundaciones) y control químico (nematicidas). En la práctica, se utiliza una combinación de varios métodos para su control (Agrios, 2005).

En cuanto al control químico, desde la década de 1950, casi de forma exclusiva, se han utilizado nematicidas (fumigantes (volátiles) y no fumigante) en cultivos de alto valor; sin embargo, hay limitaciones para la aplicación de éstos en el suelo debido al costo y riesgo ambiental, y al daño en la salud humana (Noling y Becker, 1994). El control químico se basa en el empleo de distintos plaguicidas sintéticos; entre los más utilizados en la actualidad están: metam sodio, metam potasio, oxamil (Vydate), terbufos, etoprofos, cadusafos, aldicarb, fenamifos y carbofurano (Radwan *et al.*, 2012).

Como alternativas al uso de nematicidas sintéticos, se han realizado diversas investigaciones para combatir nemátodos fitopatógenos, en especial al nemátodo nodulador (*Meloidogyne spp.*). Por ejemplo: *Pseudomonas fluorescens* ataca a *Meloidogyne javanica* por producción de ácido cianhídrico (Siddiqui *et al.*, 2006); las avermectinas producidas por *Streptomyces avermitilis* muestran actividad nematicida contra nemátodos fitopatógenos (Blackburn *et al.*, 1996); los aminoácidos producidos por *Paenibacillus macerans* producen la muerte y reducen la formación de nódulos de las raíces producidos por *Meloidogyne exigua* (Oliveira *et al.*, 2009); y el ácido láctico producido por *Lysobacter capsici* tiene actividad ovicida sobre *Meloidogyne incognita* (Lee *et al.*, 2014).

Los productos con microorganismos constituyen el método de control biológico, que es seguro y factible para el ambiente, ya que los microorganismos parecen ser la mejor opción para el control de los nemátodos fitopatógenos pues los

afectan, ya sea con la producción de metabolitos secundarios para inhibir la eclosión de los huevos o el segundo estadio joven, o induciendo directamente la muerte de éstos (Siddiqui *et al.*, 1999; Yoon *et al.*, 2012). A este tipo de productos para el control biológico de plagas, se les denominan bioplaguicidas (virus, bacterias, hongos y nemátodos entomopatógenos), porque contienen sustancias biológicamente activas protectoras para los cultivos y seguras para el ser humano y el ambiente, y que no provocan el desarrollo de resistencia en plagas y patógenos.

Los bioplaguicidas incluyen muchos elementos de control de plagas como son: microorganismos (virus, bacterias y hongos), nemátodos entomófagos, metabolitos de plantas, metabolitos de microorganismos, feromonas de insectos y genes utilizados en cultivos para generar variedades resistentes a fitopatógenos (Copping y Menn, 2000). Los organismos patogénicos son aislados de insectos contagiados o con la enfermedad ya desarrollada. Se han aislado cerca de 400 especies de hongos y más de 90 especies de bacterias que infectan a insectos.

En contraste con los pesticidas sintéticos que matan directamente la plaga, los plaguicidas bioquímicos, son productos basados en sustancias producidas en la misma naturaleza, controlan plagas por mecanismos que no son tóxicos. A estos productos les corresponden distintas clases de sustancias biológicamente funcionales que incluyen feromonas y otros semioquímicos, extractos de plantas y reguladores de crecimiento de insectos (Mareggiani, 2001).

El primer reporte del uso de un extracto de plantas contra plagas (bioplaguicida botánico) data de Roma aproximadamente en el año 400 a. de C. (Dayan *et al.*, 2009). Entre las décadas de 1980s y 1990s el tipo de control con bioplaguicidas se retomó significativamente debido al impacto ambiental, a la salud y a los residuos de los plaguicidas sintéticos en los cultivos. En el sur de Uganda se utilizan extractos de unas 34 especies de 18 familias de plantas, principalmente de Rutaceae, Lamiaceae, Meliaceae, Asteraceae, Annonaceae, Malvaceae y

Labiatae para el control de plagas (Mwine *et al.*, 2011), en las prácticas agrícolas tradicionales.

Las variedades transgénicas resistentes, en realidad son Protectores Incorporados a Plantas (PIPs), que hacen que la planta produzca bioplaguicidas, a partir de genes incorporados a ellas; se induce la producción de proteínas con características plaguicidas al introducir algún gen dentro del propio material genético de la misma (EPA, 2010).

IV. Problemática:

México se encuentra entre las primeras diez potencias mundiales productoras y exportadoras de alimentos. En 2012, el comercio agroalimentario de México con el mundo alcanzó 50,579 millones de dólares, 2.8 veces el registrado en 2000. El comercio internacional de productos agropecuarios y agroindustriales se integró de 2,159.6 millones de dólares de exportaciones y de 2,111.2 millones de dólares de importaciones, con una balanza comercial agroalimentaria de 48.4 millones de dólares (INEGI, 2015).

Si bien, México es el octavo productor mundial de agroalimentos y sus exportaciones agroalimentarias muestran una gran actividad, la producción nacional es insuficiente para abastecer la demanda interna de algunos alimentos básicos, debido, al crecimiento poblacional, al deterioro ambiental, efectos del cambio climático y a la presencia de organismos fitopatógenos como los nemátodos. Así, en 2012 se importó el 79% del consumo doméstico de arroz, 93% de oleaginosas, 58% de trigo y 82% de maíz amarillo para consumo pecuario e industrial (SAGARPA, 2013).

El daño agrícola por parte del nemátodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) se ha reportado en los estados de Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Chiapas, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Morelos, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco,

Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, (Castro *et al.*, 1990; Cid del Prado *et al.*, 1998; Godoy-Angulo y Yañes, 1999; Montes, 1998; Cid del Prado *et al.*, 2001) afectando cultivos de guayaba, plátano, café, berenjena, tomate, chile morrón, fresa, vid, papaya, pepino, piña, chile serrano, papa, sandía y zanahoria (Cid del Prado *et al.*, 2001; Medina-Canales *et al.*, 2012).

Los métodos de control utilizados, hasta la fecha, no han demostrado ser del todo eficaces, los antecedentes muestran la necesidad de controlar de forma más eficiente al nemátodo *Meloidogyne* spp., para garantizar la seguridad alimentaria del país. El control se debe basar en los principios de sustentabilidad y sostenibilidad.

V. Logros y avances:

El uso de bioplaguicidas ha reducido en cierto grado el uso de plaguicidas sintéticos convencionales, manteniendo altos los rendimientos de los cultivos y subsanando la actual preocupación hacia la seguridad alimentaria y las prácticas agrícolas sustentables. La producción mundial total de bioplaguicidas es más de 3,000 t·año⁻¹ y está en aumento cada año. En 2005, la proporción de los bioplaguicidas en el mercado era de sólo el 2.5% del total de los plaguicidas comerciales y para 2010 esta cifra se había duplicado; este crecimiento se mantiene constante desde 1997 a un ritmo anual del 10%. Las ventas mundiales de bioplaguicidas fueron de 460 millones de dólares en el año 2000 y continúan en aumento anualmente (Dimetry, 2014).

En el control específico de nemátodos noduladores (*Meloidogyne incognita*) se ha reportado el uso de extractos etanólicos de raíces y fruto pertenecientes a la planta *Rauvolfia tetraphylla* en cultivos de tomate (Mandal y Nandi, 2013), la utilidad de extractos acuosos de las hojas de *Bridelia micrantha*, *Mallotus oppositifolius*, *Hunteria umbellata* y *Citrus medica* se ha hecho notorio para el control de *Meloidogyne incognita* en nuez de la india (*Anacardium occidentale*)

inhibiendo la eclosión de los huevos o matando al nemátodo en su segundo estadio juvenil (Okeniyi *et al.*, 2013).

De la misma forma, existen reportes en cuanto al aislamiento de cinco metabolitos de plantas para el control de *Meloidogyne spp* entre ellos, los constituyentes pertenecientes al extracto etanólico de los frutos verdes de evodia (*Evodia rutaecarpa*), que es una planta utilizada en la medicina tradicional china, en este caso la actividad sobre el fitopatógeno se evaluó in vitro en huevos extraídos de raíces de tomate (Liu *et al.*, 2013). Por su parte Li y colaboradores aislaron 37 componentes activos a partir del aceite esencial de hojas y flores de *Agastache rugosa* (planta de la medicina tradicional china), que fueron activos contra *Meloidogyne incognita* (Li *et al.*, 2013).

El control biológico de nemátodos con microorganismos ha sido utilizado, un ejemplo de ello es la mezcla de tres bacterias: *Lactobacillus farraginis*, *Bacillus cereus* y *Bacillus thuringiensis*, este preparado se aplicó en cultivos de melón chino, reduciendo la población de nemátodos, con una gran mejoría en la planta (Seo *et al.*, 2012). Asimismo, se ha reportado el uso del hongo *Arthrobotrys oligospora* en contra de *Meloidogyne incognita* para su control en tomate, en campo y en invernadero, mejorando sustancialmente la planta y eliminando al fitopatógeno (Singh, 2012).

Otra de las bacterias que se han utilizado para el control de nemátodos fitopatógenos es *Serratia marcescens* de la cual se ha aislado un pigmento rojo denominado prodigiosina. A este metabolito se le han encontrado diversas actividades biológicas como agente antifúngico (Chandni *et al.*, 2012), antiprotozoario (Genes *et al.*, 2011), antimalárico, inmunosupresivo (Tsuji *et al.*, 1990), anticancerígeno (Díaz-Ruiz *et al.*, 2001) e insecticida (Chandrashekhar *et al.*, 2011). Se ha utilizado la prodigiosina para el control de varios tipos de nemátodos fitoparásitos (Rahul *et al.*, 2014).

Con una amplia gama de investigaciones dirigidas al estudio contextualizado de la flora endémica de México se ha logrado aislar metabolitos secundarios de diversa actividad biológica, que han sentado bases para el estudio químico-sustentable de fuentes de biomoléculas con actividades biológica, destacando el efecto nematicida (Narváez-Mastache y Andrade, 2012).

VI. Propósito de la demanda:

Producción de bioplaguicidas para el control de nemátodos dañinos para los cultivos, a partir de biomoléculas (plantas y microorganismos), y de microorganismos.

VII. Objetivos:

7.1. Objetivo general:

Desarrollar bioplaguicidas para el control de nemátodos dañinos para los cultivos, a partir de biomoléculas (plantas y microorganismos) y de microorganismos, bajo un esquema de sustentabilidad con factibilidad técnica y económica.

7.2 Objetivos específicos:

1. Aislar, extraer y purificar biomoléculas a partir de microorganismos de los géneros *Serratia*, *Leucobacter*, *Arthrobotrys*, *oligospora* y *Paecilomyces*; así como, de especies vegetales de las familias Solanacea, Apocinacea y Compuestasitae.
2. Caracterizar las estructuras moleculares de las biomoléculas aisladas mediante la determinación de sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas, espectroscópicas y espectrométricas.
3. Evaluar y validar la actividad nematicida, de las moléculas obtenidas de especies de plantas y microorganismos, en cultivos agrícolas dañados por nemátodos.

4. Diseñar y formular productos bioplaguicidas para el control de nemátodos dañinos para los cultivos, a partir de biomoléculas (plantas y microorganismos) y de microorganismos.
5. Determinar el impacto ambiental y toxicológico de los productos desarrollados, para los consumidores del sector agroalimentario.

VIII. Justificación:

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

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

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y el Anexo de Ejecución del Convenio del Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Demandas del Sector **2015-5**

Recursos Fitogenéticos SAGARPA-CONACYT 2015, el SNITT, como parte de sus funciones, recabó información para identificar demandas urgentes y temas estratégicos de investigación, que aporten a elevar la productividad de las actividades agropecuarias y la seguridad alimentaria del país; en este caso, a través de la presente demanda titulada “*Generación de bioplaguicidas para el control de nemátodos fitopatógenos a partir de biomoléculas obtenidas de plantas y microorganismos*”; misma que forma parte integral de, la Línea de Acción 1.1.1., la Estrategia 1.1. y del Objetivo 1., del PSDAPA.

A nivel mundial las pérdidas económicas en el sector agroalimentario a causa de *Meloidogyne* spp., se estiman, aproximadamente, entre 11 y 14%, las que se traduce en más de 80 mil millones de dólares al año y México no es la excepción, el déficit presentado en la producción agrícola se debe, en parte, a daños y pérdidas causadas por éste. Para controlar a este nemátodo, desde hace más de 70 años se han usado nematicidas sintéticos, ocasionando diferentes problemas de contaminación ambiental, toxicidad y daño a las mismas tierras de cultivo originado por los remanentes de éstos. Un problema adicional por el uso nematicidas sintéticos es la falta de especificidad o selectividad, ya que no distinguen entre organismos patógenos o benéficos para los cultivos, por lo que es de suma importancia el desarrollo de productos nuevos, no contaminantes, no tóxicos, que no dejen residuos y con alta especificidad hacia la plaga deseada (Albert, 2007).

Una herramienta para lograr este objetivo, es el uso de la fitoquímica y bioquímica y con ello hacer un estudio completo (químico, biológico, toxicológico, etc.) desde la extracción y caracterización de biomoléculas, actividad biológica, desarrollo, prueba y validación de bioplaguicidas basados en biomoléculas provenientes de plantas y microorganismos, con el objetivo principal de aprovecharlas en el control biológico adecuado de nemátodos fitoparásitos.

IX. Productos a entregar:

1. Un documento que integre al menos siete protocolos de los procesos para aislar, extraer y purificar biomoléculas a partir de microorganismos de los géneros *Serratia*, *Leucobacter*, *Arthrobotrys* y *Paecilomyces*, así como de especies vegetales de las familias *Solanaceae*, *Apocynaceae* y *Compositae*, con evidencia de trámite de protección intelectual.
2. Un banco de biomoléculas con actividad nematocida obtenidas a partir de microorganismos (al menos cuatro) y especies vegetales (al menos tres), identificadas y caracterizadas mediante la determinación de sus propiedades físicas, químicas, físicoquímicas, espectroscópicas (Infrarrojo y Resonancia Magnética Nuclear) y espectrométricas (espectrométricas de masas por impacto electrónico y FAB), con evidencia de trámite para su registro de propiedad intelectual.
3. Un banco de microorganismos con actividad antagonista o nematocida, caracterizados con marcadores moleculares, con evidencia de trámite para su registro de propiedad intelectual.
4. Un documento que integre los protocolos de los procesos para diseño y formulación de, al menos siete, bioplaguicidas para el control de nemátodos en cultivos de plátano, papa y tomate, con evidencia de trámite para su registro de propiedad intelectual.
5. Un documento que integre los resultados de la evaluación y validación de la actividad nematocida *in vitro* e *in vivo* de al menos siete bioplaguicidas formulados, sobre nemátodos que afectan los cultivos de plátano (*Radopholus similis*), papa (*Globodera rostochiensis*) y tomate (*Rotylenchulus reniformis*) con evidencia de trámite para su registro de propiedad intelectual.
6. Un informe del impacto en la agricultura y salud humana de los bioplaguicidas desarrollados, considerándola DL₅₀, con evidencia de trámite para su registro de propiedad intelectual.

X. Impactos a lograr con los productos a obtener:

Económico

- Ampliar el mercado para la comercialización de nematicidas a partir de biomoléculas donde los productores podrían elegir la mejor alternativa de compuestos naturales para de los cultivos.
- Se utilizan los progresos de la fitoquímica y bioquímica aplicadas para incrementar la productividad de los cultivos.

Social

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

Tecnológico

- Identificación y caracterización de biomoléculas que pueden ser empleadas para el control de nemátodos y plagas del suelo en la agricultura.
- Disponibilidad de nuevos bionematicidas para la protección de cultivos en México

Ecológico

- Disminución del uso de pesticidas sintéticos en la agricultura con el uso de productos biomoleculares y, por ende, reducción del impacto en el medio ambiente.
- Reducción de la contaminación de mantos freáticos con plaguicidas sintéticos.

XI. Literatura citada:

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology (5th edition). Elsevier Academic Press. San Diego, CA. 922 p.
- Albert L. A. 2007. Panorama de los plaguicidas en México. 7° Congreso de Actualización en Toxicología Clínica. pp 359-378.
- Bird, A. F. 1972. Influence of temperature on embryogenesis in *Meloidogyne javanica*. Journal of nematology 4:206- 213.
- Blackburn, K., S. R. Alm and T. S. Yeh. 1996. Avermectin B1, isazofos, and fenamiphos for control of *Hoplolaimus galeatus* and *Tylenchorhynchus dubius* infesting *Poa annua*. Supplement to Journal of Nematology 28: 687-694.
- Castro, A. A. E., E. Zavaleta-Mejia, I. Cid del Prado y V. Zamudio G. 1990. Rotación e incorporación de *Tagetes erecta* L. para el manejo de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & white) Chitwood en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Tecamachalco, Puebla. Revista Mexicana de Fitopatología 8:173-180.
- Chandni, G., B. Sourav and D. Arijit. 2012. Assessment of process parameters influencing the enhanced production of prodigiosin from *Serratia marcescens* and evaluation of its antimicrobial, antioxidant and dyeing potentials. Malaysian Journal of Microbiology 18: 116-122.
- Chandrashekhar, D. P., V. P. Satish, K. S. Bipinchandra and B. S. Rahul. 2011. Prodigiosin produced by *Serratia marcescens* NMCC46 as a mosquito larvicidal agent against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. Journal of Parasitology Research 109: 1179-1187.
- Cid del Prado, I., J. Hernández, T. V. Espinoza, S. A. Tovar y C. R. Torres. 1998. Distribución geográfica y frecuencia de especies de *Meloidogyne* en la República Mexicana. En Avances en la investigación. Instituto de

- Fitosanidad, Colegio de posgraduados. Montecillo, Estado de México. pp: 114-115.
- Cid del Prado, V. I., J. A. Hernández y S. A. Tovar. 2001. Distribución de especies y razas de *Meloidogyne* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 1(19): 32-39.
- Copping, L. G. and J. J. Menn. 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science* 56(8): 651-676.
- Coyne, D. L., J. M. Nicol and B. Claudius-Cole. 2007. Practical plant nematology: a field and laboratory guide. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin. 82 p.
- Dayan, F. E., C. L. Cantrell and S. O. Duke. 2009. Natural products in crop protection. *Journal Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17: 422-434.
- Díaz-Ruiz, C., B. Montaner and R. Pérez-Tomás. 2001. Prodigiosin induces cell death and morphological changes indicative of apoptosis in gastric cancer cell line HGT-1. *Journal of Histology and Histopathology* 16(2): 415-421.
- Dimetry, N. 2014. Different plant families as bioresource for pesticides. 1-20 pp. *In* Singh, D. (Ed). *Advances in Plant Biopesticides*. Springer. India.
- Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser and A. C. Triantaphyllou. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo agallador (*Meloidogyne* spp.), con una clave pictórica. Departamento de Fitopatología del Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. 48 p.
- Environmental Protection Agency (EPA). 2010. Pesticides: Regulating Pesticides. <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/whatarebiopesticides.htm> (Fecha de consulta: 03-08-2015).
- Genes, C., E. Baquero, F. Echeverri, J. D. Maya and O. Triana. 2011. Mitochondrial dysfunction in *Trypanosoma cruzi*: the role of *Serratia marcescens* prodigiosin in the alternative treatment of Chagas disease. *Parasites & Vectors* 4: 66-70.

- Godoy-Angulo, T. P. y Yañez, M. J. 1999. El nemátodo agallador. En: Memorias del curso de fitopatógenos del suelo en hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Pp 19-22.
- Guzmán P., O. A., J. Castaño Z. y B. Villegas E. 2012. Principales nemátodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Revista Agronegocios* 20(1): 38 – 50.
- Hartman, K. M. and J. N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host tests and perineal pattern morphology. pp: 69-77. *In: Baker, K.R., Carter, C.C. and Sasser, J.N. (Eds). An Advanced Treatise on Meloidogyne. Volume II. Methodology. North Carolina State University Graphis. Raleigh, North Carolina.*
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Balanza comercial de mercancías de México: Información revisada. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 61 p.
- Jones, M. G. K. 1981. The development and function of plant cell modified by endoparasitic nematodes. pp: 225- 279. *In: Zukerman, B.M., Mai, W. F. and Rohde, R.A. Eds. Plant Parasitic Nematodes, Vol. III. New York, Academic Press.*
- Lee S. Y., Naning, K. W., Nguyen, X. H., Kim, S. B., Moon, J. H., and Kim K. Y. 2014. Ovicidal Activity of Lactic Acid Produced by *Lysobacter capsici* YS1215 on Eggs of Root-Knot Nematode, *Meloidogyne incognita*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 24(11): 1510-1515.
- Li, H. Q., Q. Z. Liu, Z. L. Liu, S. S. Du and Z. W. Deng. 2013. Chemical composition and nematocidal activity of essential oil of agastache rugosa against *Meloidogyne incognita*. *Molecules* 18: 4170-4180.
- Liu, Q. Z., H. Q. Li and Z. L. Liu. 2013. Nematicidal constituents from ethanol extracts of *Evodia rutaecarpa* hort unripe fruits. *Journal of Chemistry* 2013: 1-5.

- Mandal, T. K. and B. Nandi. 2013. Control of *Meloidogyne incognita* Infestation in tomato by *Rauvolfia tetrephylla*. Indian Journal of Scientific Research 4(2), 61-64.
- Mareggiani, G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. Manejo Integrado de Plagas 60: 22-30.
- Medina-Canales, M. G., E. Ramírez-San Juan, R. Torres-Coronel y A. Tovar-Soto. 2012. Patogenicidad de *Meloidogyne arenaria* en dos variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) en México. Nematrópica 42:337-342.
- Montes, B. R. 1988. Nematología Vegetal en México. Sociedad Mexicana de Fitopatología.
- Mwine, J., P. Van Damme, G. Kamoga, Kudamba, M. Nasuuna and F. Jumba. 2011. Ethno botanical survey of pesticidal plants used in South Uganda: case study of Masaka district. Journal of Medicinal Plants Research 5(7): 1155-1163.
- Narváez-Mastache, J.M., Andrade M.R.L. 2012. Producción, extracción y purificación del nuevo macrólido polieno pulitona a partir de un proceso heterofermentativo glucolítico por una mezcla de levaduras y su formulación en un producto bactericida para uso agrícola. (Registro IMPI: MX/E/2012/047413).
- Noling, J. W. and J. O. Becker. 1994. The challenge of research and extension to define and implement alternatives to methyl bromide. Journal of Nematology 26: 573-586.
- Ntalli, N. G. and P. Caboni. 2012. Botanical nematicides: a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60: 9929–9940.
- Okeniyi, M. O., S. O. Afolami, O. A. Fademi and O. F. Oduwayne. 2013. Effect of Botanical Extracts on Root-Knot nematode (*Meloidogyne incognita*) infection and growth of Cashew (*Anacardium occidentale*) seedlings. Academia Journal of Biotechnology 1(6): 81-86.

- Oliveira, D. F., Carvalho H. W. P, A. S. Nunes, Silva, G. H., Campos, V. P., Junior, H. M. S., Cavalheiro A. J. 2009. The activity of amino acids produced by *Paenibacillus macerans* and from commercial sources against the root-knot nematode *Meloidogyne exigua*. Journal of Plant Pathology 124: 57-63.
- Radwan, M. A., A. A. Farrag S., M. M. Abu-Elamayem and N. S. Ahmed. 2012. Efficacy of some granular nematicides against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* associated with tomato. Pakistan Journal of Nematology 30 (1): 41-47.
- Rahul, S., P. Chandrashekhar, B. Hemant, N. Chandrakant, S. Laxmikant and P. Satish. 2014. Nematicidal activity of microbial pigment from *Serratia marcescens*. Natural Product Research 28(17): 1399-1404.
- Sasser, J. N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Journal of Nematology 9:26-29.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (SAGARPA). 2013. Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Diario Oficial de la Federación. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/leytransparencia/Programa_Sectorial_Desarrollo_Agropecuario_Pesquero_Alimentario_2013-2018.pdf (Fecha de consulta: 31-07-2015).
- Seo, B. J., Kumar, V. J., Ahmad, R. I., Kim, B. C., Park, W., Park, S. D., Kim, S. E., Kim, S. D., Lim, J., Park, Y. H. 2012. Bacterial Mixture from Greenhouse Soil as a Biocontrol Agent against Root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on Oriental Melon. Journal of Microbiology and Biotechnology 22(1): 114-7.
- Siddiqui, I. A., S. S. Shaukat, I. H. Sheikh and A. Khan. 2006. Role of cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 in the suppression of root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* in tomato. World Journal of Microbiology and Biotechnology 22: 641-650.

- Siddiqui, Z. A. and I. Mahmood. 1999. Role of bacteria in the management of plant parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 69: 167-179.
- Singh U. B., Sahu, A., Sahu, N., Singh, R. K., Renu, S., Singh, D.P., Manna, M. C., Sarma, B. K., Singh, H. B. and Singh, K. P. 2012. *Arthrobotrys oligospora*-mediated biological control of diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Applied Microbiology* 114: 196-208.
- Tsuji, R. F., M. Yamamoto, A. Nakamura, T. Kataoka, J. Magae, K. Nagai and M. Yamasaki. 1990. Selective immunosuppression of prodigiosin 25-C and FK506 in the murine immune system. *The Journal of Antibiotics* 43: 1293-1301.
- Yoon, G. Y., Lee, Y. S., Lee, S. Y., Park, R. D., Hyun, H. N., Nam, Y. and Kim, K. Y. 2012. Effects on *Meloidogyne incognita* of chitinase, glucanase and a secondary metabolite from *Streptomyces cacaoi* GY525. *Journal of Nematology* 14: 175-184.

Contacto para consultas técnicas sobre la demanda

Lic. Hector Samuel Lugo Chavez

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: hector.lugo@sagarpa.gob.mx