

ANEXO B. DEMANDAS ESPECÍFICAS DEL SECTOR 2017-6

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

Estas demandas se han clasificado en el área fundamental y estratégica:

- **Demanda 1.** Desarrollo y producción de biológicos de nueva generación para la prevención, tratamiento de las enfermedades y procesos de diagnóstico basados en biotecnología para uso en la ganadería de México (Tema fundamental).
- **Demanda 2.** Validación y estandarización de tecnologías para la producción acuícola de moluscos bivalvos con énfasis en la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio en regiones productoras de México. (Tema fundamental).
- **Demanda 3.** Estudios estratégicos para la prevención del ingreso y de contención de los complejos de escarabajos ambrosiales (*Euwallacea nr. fornicatus* – *Fusarium euwallaceae* y *Xyleborus glabratus* - *Raffaelea lauricola*) en el cultivo de aguacate en México (Tema estratégico).
- **Demanda 4.** Plataforma nacional referente a la técnica espectroscópica de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)-OMICS para la solución de problemas nacionales del sector agroalimentario (Tema estratégico).
- **Demanda 5.** Establecimiento de una plataforma nacional de herramientas moleculares para la identificación, conservación y mejoramiento genético de materiales vegetales relacionados a los cultivos prioritarios de México (Tema estratégico).

Es importante aclarar que se espera apoyar solamente un proyecto por demanda, ya que la propuesta (preferentemente multidisciplinaria e interinstitucional), debe cumplir con todos los productos esperados.

Demanda 1. Desarrollo y producción de biológicos de nueva generación para la prevención, tratamiento de las enfermedades y procesos de diagnóstico basados en biotecnología para uso en la ganadería de México.

I. Beneficiarios

Cadenas Productivas Porcina, Bovina, Caprina y Ovina, dependencias oficiales relacionadas con la Salud Animal, así como Centros de Investigación (CI), Instituciones de Educación Superior (IES) que se dediquen a la innovación, investigación y transferencia de tecnología.

II. Antecedentes

La producción pecuaria en el país y por lo tanto de alimentos gira alrededor de especies como los porcinos, bovinos, caprinos, ovinos, aves, peces, abejas, etc. (ENA, 2014; INEGI 2014).

De acuerdo a los datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2014, en el país había 14,153,863 cabezas de porcinos, 28,415,337 cabezas de bovinos, correspondiendo al ganado lechero 6,637,798 cabezas con una producción de 31,456,356 litros de leche. En cuanto a aves de corral se tenía reportada una existencia de 399,885,841 aves, de las cuales 101,422,563 estaban destinadas a la producción de huevo (ENA, 2014).

Datos de la misma Encuesta permiten observar que un 78.2 % de los productores reportan pérdidas ocasionadas por causas climáticas, plagas, enfermedades, etc. (ENA, 2014).

Las pérdidas ocasionadas por enfermedades son una constante en prácticamente todas las especies productivas, ya que la presencia y diseminación de diversos agentes patógenos conlleva su efecto negativo en la producción pecuaria. Por esta razón, es necesario reconocer ¿Cuándo?, ¿Dónde? y ¿A cuáles? individuos afectan las enfermedades y poder iniciar acciones para su control y probable eliminación o erradicación (Rothman, 1986).

Toda enfermedad requiere ser detectada y diagnosticada para poder instaurar un tratamiento y medidas de control. Parte de las medidas para controlar las enfermedades se basan en la aplicación de biológicos, en medidas de manejo locales y establecimiento de programas o políticas a distintos niveles.

La vacunación es un medio de prevención de enfermedades en los animales y existen numerosas vacunas o biológicos que se han desarrollado para su aplicación en las distintas especies (porcinos, bovinos, ovinos, caprinos, etc.) (Rodríguez *et al.*, 2014 y Borroto, 2012). Las vacunas clásicas constan de agentes infecciosos manipulados, procedentes de cultivos celulares, (inactivas, atenuadas, de subunidades o antígenos purificados y deletados) (Borroto, 2012). Estas vacunas convencionales se utilizan y se seguirán usando mientras sean efectivas, sin embargo, por alguna razón no todas han logrado su cometido.

Existe la posibilidad de recurrir a la biotecnología para la elaboración y desarrollo tanto de biológicos de nueva generación como de diversas pruebas diagnósticas.

Actualmente, se cuenta con tres tipos de biológicos de nueva generación: los biológicos atenuados mediante ingeniería genética, los basados en vectores vivos, y las proteínas recombinantes (Vacunas de nueva generación, 2003).

En cuanto a las pruebas diagnósticas, con la biotecnología se logra mejorar los procesos de obtención de materiales intermedios o finales en su preparación (Rodríguez, 2014). Aporta nuevas herramientas diagnósticas especialmente en aquellos casos en los que los microorganismos no pueden cultivarse, pues permite identificarlos sin necesidad de aislarlos. La valoración puede hacerse de forma directa a través de la detección del agente infeccioso mediante técnicas inmunológicas o moleculares, o indirectamente, a través de la detección de anticuerpos específicos frente al patógeno (inmunidad humoral) o de citoquinas (inmunidad celular) (Vacunas de nueva generación, 2003 y Griffin *et al.* 2002).

III. Problemática

La presencia de enfermedades en las unidades de producción pecuaria requiere ser controlada. Este control parte del diagnóstico de estas enfermedades y del uso de biológicos (vacunas) que protejan a las especies productivas del efecto de los diferentes patógenos ya sean virus, bacterias, parásitos, hongos o la sinergia de muchos de ellos. La cantidad, persistencia y la dispersión de muchos de estos agentes requiere de la utilización de biológicos para su control.

El productor depende por completo de los biológicos, los requiere en la calidad y cantidad que le garanticen su efecto. Algunos biológicos tradicionales tienen limitantes y riesgos en su utilización, y

muchos de ellos son afectados por malas condiciones de manejo (Vacunas de nueva generación, 2003).

Existe la imperiosa necesidad de generar biológicos que respondan satisfactoriamente produciendo la protección esperada y con el mínimo de posibles eventualidades.

Es imprescindible el apoyo de la biotecnología para poder responder a las necesidades siempre crecientes de los productores para mantener una producción libre o con el menor efecto de enfermedades.

IV. Logros y avances

Los productores pecuarios en México se enfrentan a la existencia de diversas enfermedades. Sin importar la especie animal destinada a la producción, las enfermedades ocasionan pérdidas muchas veces no cuantificadas por el productor, el cual únicamente observa el efecto sobre la conversión alimenticia, notando retraso en el crecimiento y disminución de peso. En otros casos detecta la enfermedad que conlleva fuertes gastos en tratamientos y mediana o alta mortalidad.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuenta con diversos estudios epidemiológicos realizados en campo directamente con productores donde fueron determinadas las prevalencias, el grado de dispersión y diseminación, los focos, caracterizadas las poblaciones en cuanto a sus medidas de manejo y en ocasiones hasta los factores de riesgo asociados a la presencia de algunos patógenos en especies como la porcina, los bovinos (Córdova *et al.*, 2003; Córdova *et al.* 2011a, 2011b; 2011c; Limón *et al.*, 2014;) caprinos (Aguilar *et al.*, 2009), ovinos (Mejía *et al.*, 2011), aves (Loza *et al.*, 2011), abejas y peces.

Por ejemplo, en el caso de la porcicultura existen zonas productivas como la del Bajío en el estado de Guanajuato, donde es una actividad económicamente importante y en la que se presentan pérdidas debido a diferentes agentes patógenos. La existencia o persistencia de enfermedades como la causada por el virus del Ojo Azul, la Circovirus Porcina, el Síndrome Reproductivo y Respiratorio Porcino (PRRS) (Córdova, 2014), la Diarrea Epidémica Porcina (Rivera *et al.*, 2016) las cuales son de presencia endémica, epidémica o en brotes y focos localizados.

Muchas de estas enfermedades presentan prevalencias o incidencias elevadas, tienen gran importancia económica y social (Córdova, 2014; Arreola *et al.*, 2011). Algunas de estas enfermedades están diseminadas en todo el territorio nacional, otras han sido introducidas al país,

en tanto que la enfermedad del Ojo azul parece estar circunscrita únicamente a la zona de la Piedad (Guanajuato, Jalisco y Michoacán) en México (Martínez *et al.*, 2016).

Estudios obtenidos en unidades de producción de Guanajuato (Córdova, 2003), San Luis Potosí (Córdova, 2011a), Morelos, Estado de México y Veracruz muestran elevadas prevalencias de enfermedades en bovinos como son la Brucelosis, Leptospirosis, Diarrea Viral Bovina, Rinotraqueítis Infecciosa Bovina, Neosporosis, Leucosis, la Tuberculosis Bovina y la enfermedad de Johne (Santillán y Córdova, 2014; Favila y Santillán, 2012; Córdova *et al.*, 2016).

V. Propósito de la demanda

Desarrollar mediante la herramienta de la biotecnología, biológicos de nueva generación, así como subproductos resultado de su desarrollo (productos de origen genético, anticuerpos, vectores recombinantes, etc.) para el diseño de pruebas diagnósticas, los cuales serán transferidos para su uso en la producción ganadera.

VI. Objetivos

6.1 Objetivo General

Desarrollar biológicos de nueva generación y productos intermedios requeridos en pruebas diagnósticas para sistemas de prevención, tratamiento y estudio de diversas enfermedades, que serán transferidos a los productores para su aplicación directa en la producción ganadera o a sus áreas diagnósticas (laboratorios de productores organizados) para apoyar el control de diversas enfermedades.

6.2 Objetivos Específicos

1. Elaboración de biológicos de nueva generación contra la enfermedad del Ojo Azul y la Diarrea epidémica porcina.
2. Desarrollo de técnicas de vanguardia para la detección de anticuerpos y/o virus de la Enfermedad del Ojo Azul, Diarrea Epidémica Porcina, Circovirus Porcino, Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino.

3. Desarrollo de pruebas diagnósticas para Rinotraqueítis infecciosa bovina (IBR), Diarrea Viral Bovina (DVB), Parainfluenza 3 (PI3), Leucosis y Paratuberculosis Bovina (Enfermedad de Johne).
4. Estudio evolutivo de las enfermedades de porcinos y rumiantes a través de la detección de cambios estructurales en sus proteínas y mutaciones en sus genes para su uso en el diseño de nuevos tratamientos específicos contra patógenos.
5. Desarrollo de prueba diagnóstica contra la enfermedad del Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino (PRRS).
6. Desarrollo de biológicos de nueva generación cuyos componentes principales sean vectores recombinantes, péptidos sintéticos y proteínas recombinantes de las principales enfermedades de porcinos y rumiantes.

VII. Justificación

Fortalecer, mejorar y actualizar las capacidades técnicas para el desarrollo de procesos biotecnológicos cuyos resultados continuamente son y serán transferidos a los productores pecuarios en atención a demandas específicas de salud animal detectadas en campo. Las demandas están basadas en los requerimientos y necesidades determinados mediante estudios epidemiológicos, cuya finalidad es mantener y aumentar la producción alimenticia del país, además de garantizar la calidad de los productos (carne, leche, y subproductos animales) a los consumidores.

La presencia de enfermedades endémicas en la ganadería, así como la presentación de enfermedades emergentes y reemergentes requieren de atención para evitar los efectos que estos padecimientos provoquen o pueden ocasionar en las diferentes especies animales productivas. La capacidad de mutación de los agentes patógenos (principalmente virus) y las condiciones ambientales y socioeconómicas favorecen la emergencia o reemergencia de enfermedades que se consideraban controladas o erradicadas.

Bajo este contexto, los biológicos de nueva generación presentan múltiples ventajas con referencia a su fuente nativa como es la seguridad, ya que al trabajar únicamente el material genético o las proteínas provenientes del patógeno no existe riesgo de infección, transmisión o propagación.

Los biológicos de nueva generación también tienen como fin evitar, controlar, disminuir y en algunos casos erradicar las enfermedades y sus efectos en la producción. En muchos casos son elaborados

únicamente con fragmentos o proteínas del patógeno origen, garantizando o evitando de esta manera la probable reversión a la patogenicidad que se presenta con algunos de los biológicos tradicionales. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta, son los bajos costos, debido a que los medios de crecimiento de los organismos de producción son bajos, crecen en grandes cantidades generando biomasa significativa y mayor. Los procesos son seguros debido a la ausencia de toxinas, oncogenes, virus, etc. Los procesos son escalables a nivel industrial facilitando su incorporación a la producción de mercado y las posibilidades de satisfacer la posible demanda.

De manera similar, muchos diagnósticos se basan en pruebas que utilizan la biotecnología para el desarrollo de todos o de parte de sus componentes. Estos procesos biotecnológicos son una parte complementaria de los realizados en los laboratorios donde tradicionalmente se trabajan virus, bacterias, hongos, etc. Existe la posibilidad de generar biológicos fusionados a múltiples etiquetas que permitan reconocer los antígenos en diversos ensayos (western blot, ELISA, inmunofluorescencia, etc.), así como facilitar su purificación por métodos cromatográficos con altos grados de pureza. Es posible también incrementar los rendimientos de expresión, la solubilidad y potencializar la respuesta inmune.

La biotecnología permite la exploración o desarrollo de nuevas técnicas de producción y de diagnóstico; es muchas veces la parte final del proceso de creación y la parte inicial de los procesos de piloteo, escalamiento y de preparación hacia producción comercial, la cual como última meta tiene la utilización por parte de los productores pecuarios para evitar, controlar y disminuir las pérdidas debidas a la morbilidad y/o mortalidad que afecta a las diversas especies en la producción pecuaria.

Con respecto a los biológicos tradicionales, los biológicos de nueva generación tienen como ventajas:

- Obtención de productos con altos grados de pureza.
- Producción a gran escala y bajo costo.
- Eliminación del riesgo de reversión a la virulencia (lo que puede darse con algunas vacunas vivas).
- Generación de antígenos fusionados a etiquetas que faciliten su purificación e incrementen la respuesta inmune y la producción.
- Disminución de la interferencia de anticuerpos resultantes de la inmunización pasiva.
- Eliminación de probable contaminación con otros virus.
- Disminución de las pérdidas durante el almacenaje.

- Utilización de sistemas de diagnóstico diferenciales, que pueden distinguir si un animal ha respondido inmunológicamente frente a un patógeno de campo o a una vacunación.
- Uso de organismos de producción seguros libres de toxinas y oncogenes.

VIII. Productos a entregar

1. Un documento que contenga el protocolo de desarrollo de prueba diagnóstica diferencial para virus de campo y el biológico de nueva generación contra el virus de la enfermedad del Ojo Azul, bajo condiciones controladas, con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
2. Un documento que contenga evidencia de la obtención de las proteínas identificadas como inmunógeno, así como de los adyuvantes utilizados en la elaboración del Biológico de nueva generación contra el virus de la enfermedad del Ojo Azul, con evidencia de trámite de propiedad intelectual (vacuna recombinante).
3. Un documento que contenga un protocolo del proceso de desarrollo de pruebas diagnósticas para las enfermedades del Ojo Azul, Diarrea Epidémica Porcina, Circovirus Porcino, Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino, con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
4. Un documento que contenga la evidencia de la obtención de proteínas identificadas como inmunógeno, así como de los adyuvantes utilizados en la elaboración del Biológico de nueva generación contra el virus de la Diarrea Epidémica Porcina, con evidencia de trámite de propiedad intelectual. Que contenga a su vez la evidencia de prueba del biológico contra esta enfermedad bajo condiciones controladas.
5. Un documento que contenga un protocolo del proceso de desarrollo de pruebas diagnósticas para la Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, Diarrea Viral Bovina, Parainfluenza Bovina, Paratuberculosis Bovina (Enfermedad de Johne), con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
6. Un documento con datos de los procesos evolutivos de los virus de PRRS, Rinotraqueitis Infecciosa Bovina, Diarrea Viral Bovina, Leucosis Bovina, Parainfluenza Bovina, que sustenten el desarrollo de biológicos de nueva generación.
7. Un documento que contenga evidencia del desarrollo de una prueba diagnóstica contra la enfermedad del Síndrome Respiratorio y Reproductivo Porcino (PRRS), con evidencia de trámite de propiedad intelectual.

8. Un documento que contenga el protocolo del proceso y resultados técnicos del ensayo de la obtención de diferentes sistemas de expresión y evaluación de proteínas recombinantes de bajo peso molecular, candidatos a antígenos para el diagnóstico de diversos agentes patógenos que afectan a porcinos y/o rumiantes, con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
9. Un documento que contenga los procesos de investigación para el uso de vectores recombinantes, péptidos sintéticos y recombinantes a partir de desarrollos biotecnológicos relacionados como probables inmunógenos para enfermedades de porcinos y/o rumiantes, con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
10. Un documento que contenga la evidencia de al menos 3 cursos o talleres de capacitación a productores, técnicos e interesados del sector sobre técnicas y tecnologías desarrolladas en el proyecto, asimismo deberán estar presentes representantes del Fondo Sectorial.
11. Un portafolio de evidencias multimedia que incluya videos, fotografías, entrevistas, manuales gráficos, entre otros, de los resultados obtenidos en el proyecto enfocados en los productos a entregar.

IX. Literatura citada

- Aguilar F., R. Hernández y N. Pérez. Estudio epidemiológico de enfermedades que afectan la producción caprina en México. 2009. CENID Microbiología Animal. INIFAP. Enfermedades respiratorias en Caprinos. Desplegable Técnico para productores No. 6.
- Arreola J., E. Loza, A. Martínez y H. Ramírez. 2011. Caracterización molecular de aislamientos del Rubulavirus porcino, mediante RFLP y secuenciación: enfocado al gen M. VII Congreso internacional de Epidemiología, San Andrés Cholula Puebla.
- Borroto C. 2012. Aplicación de biotecnología al desarrollo de vacunas de uso veterinario. Manual de la OIE sobre animales terrestres. La biotecnología y su aplicación en las ciencias veterinarias. Conf. OIE 2008, 241-250.
- Córdova D., L. Hernández, M. Urrutia, L. Moles y Z. García. 2003. Enfermedades que provocan aborto en bovinos. Folleto Técnico. INIFAP-Fundación Guanajuato Produce.

- Córdova D., J. Urrutia, H. Gámez, M. Santillán, L. Favila, V. Banda, L. Herrera, G. Socci, E. Díaz, A. Martínez y C. Guzmán. 2005. Enfermedades que provocan aborto en bovinos de San Luis Potosí. Epidemiología y factores de riesgo asociados a aborto bovino en San Luis Potosí. CONACYT. COPOCYT FOMIX SLP: FMSLP-2005-C01-19.
- Córdova D., F. Díaz, M. Santillán, C. Guzmán, S. Apáez, J. López, M. Rosado, J. Mojarro y A. Zermeño, 2006. Tuberculosis y paratuberculosis bovina (Enfermedad de Johne). Situación epidemiológica de la Tuberculosis bovina y Paratuberculosis bovina. CENID-Microbiología. INIFAP.
- Córdova D., J. Urrutia, H. Gámez, C. Guzmán, E. Díaz, P. Rivera y E. Cabello. Brucelosis bovina en San Luis Potosí. 2011a. VII Congreso Internacional de Epidemiología, San Andrés Cholula, Puebla.
- Córdova D., M. Banda, J. Urrutia, H. Gámez, C. Guzmán, E. Herrera, G. Socci, P. Rivera y E. Cabello. 2011b. Leptospirosis bovina en San Luis Potosí. VII Congreso Internacional de Epidemiología, San Andrés Cholula, Puebla.
- Córdova D., J. Urrutia, H. Gámez, C. Guzmán, P. Rivera, E. Cabello y L. Botello. Neosporosis bovina en San Luis Potosí. 2011c. VII Congreso Internacional de Epidemiología, San Andrés Cholula, Puebla.
- Córdova D. 2014. Diagnóstico situacional de la prevalencia de los virus del Síndrome Reproductivo y respiratorio del cerdo (PRRS), la circovirus porcino y de la enfermedad del Ojo Azul en el estado de Guanajuato, y sus alternativas de atención. Informe final. INIFAP - Fundación Guanajuato Produce A.C.
- Córdova D. 2016. Evaluación de biológicos de nueva generación contra circovirus porcino y enfermedad del Ojo Azul en la porcicultura de Guanajuato. Informe final. INIFAP - Fundación Guanajuato Produce A.C.
- Cuevas S., C. Ramírez, A. Alvarado, P. Mejía, B. Hernández, C. Baule, M. Berg, H. Ramírez, F. Rivera y A. Vega. 2011. Detección de anticuerpos IgG contra la enfermedad del Ojo Azul en cerdos lactantes procedentes de cerdas vacunadas con un antígeno recombinante del rubulavirus porcino. XLVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. León, Guanajuato.
- Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2014. INEGI-SAGARPA.

- Favila L. y M. Santillán. 2012. Paratuberculosis. Identificación de las principales enfermedades infecciosas emergentes en bovinos lecheros de México. Desplegable informativo No. 3. CENID Microbiología Animal. INIFAP.
- García J., A. Ranz, B. Barreiro, J. Delbecque y A. Sanz, P. Rueda. 2015. La biotecnología en sanidad animal. Biotecnología española.
- Gay M., E. Soto, D. Sarfati, F. Castro, E. Miranda, R. Flores, E. Loza, F. Diosdado y B. Lozano. 2011. Tasa de recuperación y potencial de difusión de la vacuna activa recombinante contra la influenza aviar elaborada en vector virus de la enfermedad de Newcastle (New H5) en aves SPF. XLVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. León, Guanajuato.
- Griffin, D., S. Ensley, D. Smith y G. Dewell. 2002. Understanding Vaccines. Neb Guide. University of Nebraska, Animal Diseases General livestock. G1445.
- Gutiérrez A. y S. Ramírez. 2013. Uso de la biotecnología en la producción de vacunas autógenas para el control de PRRS. Porcicultura.com.
- INEGI. 2014
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/doc/tabulados.html>
- Limón M., L. Favila, E. Herrera, R. Lozano, F. Morales, M. Meléndez, E. Díaz, D. Córdova y I. Vitela. 2014. Leucosis enzoótica bovina en Guanajuato y Aguascalientes. VII Congreso Internacional de Epidemiología, San Andrés Cholula, Puebla.
- Loza R., C. Chevalier, E. Rojas, E. Rangel, B. Da Costa y B. Delmas. 2011. Proteínas recombinantes del virus de la Influenza H1N1, expresadas en baculovirus. XLVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. León, Guanajuato.
- Martínez A., F. Vargas, F. Rivera, L. Gómez, E. Valera, D. Martínez, J. Santiago y E. Correa. 2016. Enfermedad del Ojo Azul de los porcinos. CENID Microbiología. INIFAP. Folleto Técnico no. 1, ISBN 978-607-37-0521-9.
- OIE. 1997. 20th Conference of the OIE Regional Commission for Asia, the Far East and Oceania. Biotechnology applied to diagnostic tests and vaccine production. New Delhi, India. En: <http://www.oie.int/doc/ged/D2590.PDF>

Rivera J., L. Gómez, R. Lara, J. Armendáriz, D. Vargas, G. Socci y A. Martínez. 2016. Diagnóstico molecular del virus de la Diarrea Epidémica Porcina (vDEP). Desarrollo y validación de pruebas diagnósticas para la detección de anticuerpos y antígeno del virus de la diarrea epidémica porcina. CENID Microbiología, INIFAP.

Rodríguez M., A. Casares, B. Barreiro, J. Delbecque, A. Sanz y P. Rueda 2014. La biotecnología en sanidad animal. Biotecnología español.

Rothman K., S. Mejía, A. Díaz, R. Aguilar, R. Palomares, F. Santillán, C. De la Cruza, G. Fajardo, D. Córdova y S. Huerta 2011. Enfermedades infecciosas que afectan la producción ovina en el estado de México. XLVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. León, Guanajuato. 1986. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid. Epidemiología Moderna.

Santillán M. y D. Córdova, 2014. Métodos de Diagnóstico de Paratuberculosis. Obtención y evaluación de proteínas de bajo peso molecular para el diagnóstico de paratuberculosis y tuberculosis por Fluorescencia polarizada. Folleto técnico No. 1. ISBN 22 85 16. INIFAP.

Vacunas de Nueva generación. 2003. Informe de vigilancia tecnológica. Genoma España, Salud Humana.

Contacto para consultas sobre la demanda:

Ing. Sergio Tapia Medina

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: sergio.tapia@sagarpa.gob.mx

M.C. Quetzalcoatl Uribe Ortega

Director de Insumos para la Producción, SAGARPA

Correo Electrónico: quetzalcoatl.uribe@sagarpa.gob.mx

Ing. César Adrián Espinosa Mancinas

Secretario Ejecutivo, Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable

Correo Electrónico: cesar.espinosa@snitt.org.mx



DEMANDAS DEL SECTOR



Demanda 2. Validación y estandarización de tecnologías para la producción acuícola de moluscos bivalvos con énfasis en la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio en regiones productoras de México.

I. Beneficiarios

Productores, técnicos, comercializadores y consumidores dedicados a las actividades de extracción y cultivo de moluscos bivalvos en el sector pesquero y acuícola.

II. Antecedentes

El sector acuícola y pesquero en México es trascendente en la economía de las actividades agroalimentarias, sobre todo por el dinamismo de los intercambios comerciales en la materia que históricamente reflejan una balanza comercial superavitaria, incrementando las exportaciones en 1.93 % en el año 2013, lo anterior acorde a la información de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA, 2014) con relación a las importaciones de los productos derivados de las actividades acuícolas y pesqueras, el dinamismo y potencialidades de este sector, devienen de las tradicionales relaciones comerciales que México ha sostenido con Estados Unidos de América, Japón, España, China, Vietnam e Italia, principalmente, destacando productos como el camarón, túnidos, harina de pescado y marisco, pulpo y jaiba, siendo el total de exportaciones para 2014, de 237,028 t que representaron un valor por 1,129,418 millones de dólares, así mismo la calidad e inocuidad de los productos han permitido a los productores mexicanos la apertura de nuevos mercados en diversos países de las regiones de América del Norte, Asia y Europa.

Una de las actividades con potencial de mercado a nivel nacional e internacional es la producción de moluscos bivalvos, que se refiere esencialmente al cultivo de almejas, ostiones y mejillones, no sólo por la experiencia nacional en la producción de diversos productos acuícolas y pesqueros sino también por la calidad e inocuidad de estos productos, así como por los insumos naturales con los que cuenta el país a lo largo de los litorales del Golfo de California, el Golfo de México y el Pacífico.

La actividad acuícola de bivalvos en México inició en el estado de Baja California con el cultivo de ostras perleras, desarrollando posteriormente la pesquería acuacultural de *Crassostrea virginica*, conocidos generalmente como ostiones, en el Golfo de México, siendo clasificada por la

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) como acuicultura en 1990, ya que los pescadores inducían la formación de bancos, depositando las conchas de ostras que servían de sustrato para las larvas pediveliger en sitios predeterminados (Maeda, 2008).

Actualmente la producción pesquera y semiacuícola tanto de ostión como de almejas en el Golfo de México, depende de la captación del insumo productivo de manera silvestre, cuyas metodologías de cultivo como en el caso del ostión; han generado sumidero de larvas y pérdida de área ostrícola por asolvamiento (Mazón-Suástegui *et al.*, 2009), dichos métodos en el proceso productivo de moluscos bivalvos hace necesaria la adopción de tecnologías para la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio, como una alternativa para disminuir el esfuerzo sobre estos recursos que juegan un papel preponderante en los ecosistemas lagunarios y riparios al brindar diversos servicios ecológicos al ambiente de esta región (Coen *et al.*, 1999).

De manera general, la producción de bivalvos en el Golfo de México y en el Pacífico Mexicano se realiza con base en la extracción mediante actividades de pesca de almejas de alto valor comercial tales como: callos de hacha (*Atrina maura*, *A. tuberculosa*, *A. oldroydii*, *Pinna rugosa*), almejas de sifón (*Panopea generosa* y *P. globosa*) y especies nativas de ostión como el ostión de placer (*Crassostrea corteziensis*) y el ostión de roca (*Crassostrea iridescens*). Con base en la CONAPESCA, en 2014 el volumen de producción de ostión en el Golfo de México ascendió a 45 mil t, que de manera desagregada 3,305 t fueron mediante pesca y 42,209 t por actividad acuícola; en tanto que en el Pacífico la producción ascendió a 8,242 t; 3,567 t mediante pesca y 4,674 t por actividad acuícola, sin embargo, la producción tanto pesquera como acuícola de almejas en el Golfo de México ascendió a 2,605 t siendo 2,100 t por actividad pesquera y 504 t por actividad acuícola, en tanto que en el pacífico la producción alcanzó 25,457 t: 24,936 t mediante pesca y 521 t por actividad acuícola.

A diferencia del volumen de producción de ostión en el Golfo de México, en el Pacífico Mexicano, esta aportación proviene en mayor cantidad de la ostricultura que se realiza en la región y depende de la captación de larvas silvestres como se realiza, por ejemplo, en el estado de Nayarit, en comparación con el asentamiento de larvas de laboratorio y engorda de semilla suelta que se desarrolla en los estados de Sinaloa, Sonora y la Península de Baja California. En este sentido, es relevante destacar que las condiciones en la calidad de agua y la certificación de éstas en algunas zonas del Pacífico Mexicano, proporcionan una ventaja comparativa para que el producto sea

cotizado altamente en el mercado y cumpla con los requerimientos necesarios para la exportación, como por ejemplo los productos bivalvos del estado de Baja California.

III. Problemática

Los insumos naturales que permiten el desarrollo de las poblaciones de moluscos bivalvos en el Golfo de México y en el Pacífico Mexicano, son similares, ya que se han explotado de manera continua desde el siglo pasado, haciendo que estas poblaciones se encuentren en su mayoría, aprovechadas a niveles máximos sustentables, como sucede en las poblaciones de: almeja catarina (*Argopecten circularis*), almeja chocolate (*Megapitaria squalida*), almeja de sifón (*P. globosa* y *P. generosa*), almeja roñosa (*Chione undatella*), almeja de piedra (*Chione californiensis*) y almeja mano de león (*Nodipecten subnodosus*), así mismo las poblaciones de ostión de roca (*C. iridescens*), ostión americano (*C. virginica*) y ostión de placer (*C. corteziensis*), sin embargo con base al Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA, 2012) algunas de las poblaciones están sobreexplotadas y en deterioro como son las pesquerías de callo de hacha y almeja pata de mula (*Anadara tuberculosa*).

Con base en lo anteriormente mencionado y aunado a factores como la extracción furtiva, que representa el 20 % (INAPESCA, 2012) dificulta la continuidad de la pesca de estas especies, por lo que se han implementado medidas de protección tales como el no incrementar el esfuerzo pesquero en estas poblaciones, así como las actividades complementarias que deben cumplir los permisionarios de almeja de sifón como son el repoblamiento y/o actividades de maricultura de estas especies con base en el Diario Oficial de la Federación (DOF 2012), con base en estas condiciones que permean los sistemas productivos de moluscos bivalvos es pertinente el desarrollo e implementación de nuevas técnicas de cultivo.

Como respuesta a la diversificación de técnicas de cultivos de especies de moluscos bivalvos, se han realizado prácticas en zonas someras cercanas a la playa, con excepción del mejillón en Baja California, ya que estos son afectados por la alta presión por depredación, además de la alta variabilidad de factores ambientales y meteorológicos; por lo que es recomendable explorar el uso de nuevas tecnologías de cultivo que permitan mantener los cultivos en suspensión a media agua (Maeda, 2008).

En el caso del cultivo de ostión en el Golfo de México, se requiere implementar técnicas de cultivo que permitan eliminar las prácticas acuícolas extractivas para el cultivo de ostiones (*C. virginica*),

mediante la engorda de semilla individual proveniente de laboratorio, como una forma de mejorar la calidad y valor comercial del producto final de esta especie. En las costas del Pacífico Mexicano, como en el estado de Nayarit, el cultivo de ostión (*Crassostrea corteziensis*) no ha presentado el incremento esperado, debido a factores técnicos y de organización de los productores, el primero debido a la falta de infraestructura y programas sanitarios que eviten la propagación de enfermedades, parásitos y contaminación del recurso, así como un monitoreo adecuado de calidad de agua, aunado a que el manejo de la engorda no está siendo controlado por el uso del sistema de balsas con sartas como artes de cultivo para la captación de larva silvestre; en tanto que el segundo factor, refiere que al no existir planeación social no se garantiza el éxito del cultivo, ya que no se organizan las actividades esenciales de la producción reflejándose en la baja productividad, elevando el riesgo de los empleos locales en las comunidades en donde para el 80 % de la población, el principal ingreso deviene de esta actividad primaria.

En el estado de Baja California, específicamente en la Bahía de San Quintín, tradicionalmente se ha realizado el cultivo del ostión japonés (*C. gigas*) que data desde 1970, en esta bahía el cultivo se realiza mediante la fijación de larvas que provienen de laboratorio en sartas suspendidas en balsas para la etapa de pre-engorda y posteriormente se cuelgan en estantes para la etapa de engorda de ostión. La problemática principal del uso del sistema de cultivo en sartas, radica en la retención de sedimento que genera, el nulo control que se le puede dar al cultivo desde la fijación de las larvas, el riesgo de la presencia de enfermedades y parásitos, la mala calidad de la presentación del producto final, por la presencia excesiva de epibiontes así como las tallas de cosecha heterogéneas.

Tanto la baja calidad en la presentación del producto final, así como la heterogeneidad en las tallas del mismo, ocasionan que al momento de la cosecha se requiera mano de obra para la limpieza y selección de organismos por tallas, para continuar la engorda de los organismos de tallas pequeñas mediante el sistema francés en costales de malla plástica.

En la época contemporánea, algunos productores de la Península de Baja California y del estado de Sonora, han iniciado el proceso de transición en el modo de producción artesanal de la ostricultura hacia métodos tecnificados, permitiendo que se tengan actualizaciones constantes de los sistemas que permitan el cultivo de semilla individual de ostión, estos sistemas permiten la combinación de diversas técnicas de cultivo, los cuales se han ido adaptando a las condiciones de cada sitio de cultivo, contando con técnicas de cultivo primarias como las líneas madre, líneas largas o camas, que permiten la suspensión de secundarias como nautilinas, canastas australianas, canastas nestier, costales de malla plástica, cajas ostrícolas, que se adaptan mediante diferentes luces de malla, a las

diferentes etapas de cultivo, que permiten alojar el proceso productivo desde la pre-engorda hasta la engorda.

Uno de los beneficios sobresalientes de estos sistemas de cultivo, es facilitar el control de las densidades de cultivo desde la siembra hasta la cosecha, lo que permite llevar a cabo una planeación adecuada del crecimiento, así como el monitoreo constante del crecimiento, al hacer una separación temprana de tallas. Además de que existen sistemas específicos para las primeras etapas de cultivo como son los *flupsys*, que permiten desarrollar la pre-engorda de semilla de ostión con el beneficio de poder manejar altas densidades de cultivo. Sin embargo en las zonas productoras de México, tanto en la costa Noroeste del país, la costa central del Pacífico Mexicano y el Golfo de México existe una problemática en común en cuanto al cultivo de bivalvos, ya que este se ha enfocado más a la ostricultura; existe un alto grado de desorganización social y privada, escasas fuentes de financiamiento así como de zonas con aguas certificadas, aunado a una escasa asesoría técnica y escasa disposición constante de semillas a lo largo del año productivo para evitar depender de una producción por temporadas, así como escasa producción de semilla con altos estándares de calidad en cuanto al crecimiento, sobrevivencia y un rango de resistencia amplio ante cambios de temperaturas y presencia de enfermedades.

Así mismo se requieren paquetes tecnológicos para la pre-engorda y engorda de bivalvos que generen como resultado una producción homogénea en cuanto a la calidad final del producto, que permita la incursión en mercados de exportación y que sean replicables para la diversificación del cultivo de bivalvos de valor comercial.

IV. Logros y avances

A nivel nacional, se han desarrollado estrategias que respondan a las diversas necesidades en la producción de moluscos bivalvos en México, específicamente en la Península de Baja California y en el estado de Sonora, la producción de ostión *C. gigas* se realiza mediante sistemas de cultivo de semilla individual, así como el uso de procesos tecnificados que optimiza el manejo de densidades, separación por tallas y cosecha del producto; en tanto que en la costa del Pacífico Mexicano existen laboratorios tecnificados que cuentan con la capacidad de producir semillas de ostión, almeja mano de león, almeja chocolata, almeja chione, almeja callo de hacha y almeja pata de mula.

En tanto que, en el Golfo de México, se cuenta con dos laboratorios, uno instalado en el estado de Tabasco que produce semillas de ostión del este *Crassostrea virginica*, y tiene la potencialidad de

producir semilla de almejas, y el otro laboratorio próximo a ser instalado en Tamaulipas con los insumos necesarios para producir la misma especie de ostión que en el de Tabasco.

La infraestructura científica material e intelectual, que existe en el país a través de los centros de investigación, tiene la capacidad de validar y estandarizar tecnologías de cultivo que permitan optimizar la producción ostricultura a nivel nacional, y diversificar la producción de bivalvos de interés altamente comercial, así mismo estos centros se han dedicado a la generación de programas sobre mejoramiento genético de los moluscos bivalvos, esencialmente de ostión japonés.

Las líneas de investigación que han destacado en la conservación de los recursos genéticos se han enfocado esencialmente al ensayo de diferentes técnicas para la crío preservación de gametos y larvas de *C. gigas*, conocido como ostión u ostra japonesa, que a nivel de laboratorio han sido exitosos, sin embargo, es importante que se realicen las pruebas necesarias a nivel comercial para evaluar la factibilidad de utilizarlos en la industria ostrícola, uno de los avances en investigación y desarrollo sobre los recursos naturales productivos refiere al Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB) que ha certificado el uso de las aguas para la producción de estos recursos marinos, sobre todo en las Costas del Pacífico Mexicano y el Golfo de California.

V. Propósito de la demanda

Desarrollo, validación, estandarización y transferencia de tecnologías para la pre-engorda y engorda de moluscos bivalvos, adaptables a las heterogéneas condiciones de las regiones productoras de cultivo en las costas del Golfo de México, Golfo de California, y Pacífico Mexicano, para generar una producción de moluscos bivalvos con calidad homogénea, que potencialice su incursión en nuevos mercados de alcance nacional e internacional.

VI. Objetivos

6.1 Objetivo general

Generar paquetes tecnológicos transferibles para la pre-engorda y engorda de moluscos bivalvos, en las diferentes regiones de cultivo en los litorales del Golfo de México, Golfo de California y Pacífico Mexicano.



DEMANDAS DEL SECTOR



6.2 Objetivos particulares

1. Desarrollar y validar la tecnología de pre-engorda y engorda de las especies nativas y endémicas de moluscos bivalvos de valor comercial en las regiones productoras del país.
2. Elaboración y aplicación de paquetes tecnológicos en términos de capacidad, rentabilidad y sustentabilidad para regiones productoras de moluscos bivalvos en el país.
3. Aplicar a nivel comercial los métodos de cría, preservación de gametos y embriones de *C. gigas*, para mantener una producción constante de material genético para la industria ostrícola.
4. Obtener una línea de una especie de ostión japonés mejorada genéticamente en cuanto al crecimiento adaptadas a un rango más amplio de temperaturas y enfermedades.
5. Generar bases de datos de monitoreo de calidad de agua, de acuerdo con los criterios del Programa Mexicano de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PMSMB).

Realizar cursos o talleres de transferencia de tecnología a productores o interesados del sector de los conocimientos generados en la demanda específicamente de los productos a entregar.

VII. Justificación

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 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.

Ante el escenario de la producción de moluscos bivalvos en México, diversas instancias como el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), han realizado estudios en el estado de Nayarit donde se identificaron necesidades de los productores en términos de mejora de las condiciones de los cultivos de diversas especies de bivalvos; así mismo en los estados de Sonora y Baja California se tienen identificados a productores que ante la problemática del cierre de la pesca en el Alto Golfo de California, buscan alternativas productivas de acuicultura como la producción de moluscos bivalvos. Aunado a esta iniciativa del INAPESCA, el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas (CRIP), está desarrollando una investigación sobre nuevas tecnologías adaptables al cultivo de moluscos bivalvos de interés comercial.

En el estado de Michoacán el CRIP Pátzcuaro, ha realizado investigación de campo con productores interesados en el desarrollo del cultivo de *Crassostrea iridescens* mediante la captación de larva silvestre, así mismo se han incorporado nuevas líneas de investigación sobre el cultivo de *C. corteziensis* con personal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), derivado de la vinculación con otras instituciones de investigación en el 8° Taller de Cultivo de Conchas que se realizó en la ciudad de Ensenada el 19 y 20 de abril de 2017.

Específicamente en el Golfo de México el INAPESCA ha participado con el sector productivo dedicado a la pesca de ostión, para el desarrollo de tecnologías y capacitación para el cultivo de *Crassostrea virginica*, así como su producción a través de un Centro Acuícola ubicado en Tabasco, por lo que es trascendente evaluar la efectividad de diversas técnicas para el cultivo de semilla individual de esta especie con la finalidad de potenciar la producción de ostión por acuicultura en esta región.

VIII. Productos a entregar

1. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla individual de ostión de placer (*Crassostrea corteziensis*) en la costa del Pacífico Mexicano, replicable en al menos tres estados de la República Mexicana (Nayarit, Michoacán y Colima), con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
2. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla individual de ostión americano (*Crassostrea virginica*) en la costa del Golfo de México, replicable al menos en tres estados de la República Mexicana (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco), con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
3. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio de almeja (*Chione* spp) en la costa del Golfo de California replicable en al menos dos estados de la República Mexicana de importancia económica (Sonora y Baja California), con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
4. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio de almeja chocolate (*Megapitaria squalida*) al norte del Pacífico, replicable en al menos tres estados de la República Mexicana (Baja California, Baja California Sur y Sonora) con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.

5. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio de almeja de sifón (*Panopea spp.*) en al menos tres zonas productoras del país (Sonora, Baja California y Baja California Sur), con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
6. Paquete tecnológico para la pre-engorda y engorda de semilla de laboratorio para Ostión japonés (*Crassostrea gigas*) en al menos dos zonas productoras del país, con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
7. Una línea de una especie de ostión japonés mejorada genéticamente en cuanto al crecimiento adaptadas a un rango más amplio de temperaturas y enfermedades para al menos una zona de importancia económica para el país, y que estará disponible para interesados del sector, con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
8. Un manual técnico que contenga la metodología para la criopreservación de embriones y gametos de al menos tres especies comerciales de moluscos bivalvos de importancia económica para el país, con evidencia de trámite para registro de propiedad intelectual.
9. Un documento que contenga la caracterización de zonas productoras basados en estudios sanitarios para la clasificación de aguas para la cosecha de moluscos bivalvos en México.
10. Un documento que contenga la evidencia de al menos cinco cursos o talleres de capacitación a productores, técnicos e interesados del sector sobre técnicas y tecnologías disponibles, así como las desarrolladas en el proyecto. Asimismo, deberán estar presentes representantes del Fondo Sectorial.
11. Un portafolio de evidencias multimedia que incluya videos, fotografías, entrevistas, manuales gráficos, entre otros, de los resultados obtenidos en el proyecto, enfocados en los productos a entregar.

IX. Literatura citada

Coen, L.D., Luckenbach, M.W., Breitberg, D.L., 1999. The role of oyster reefs as essential fish habitat: a review of current knowledge and some new perspectives. American Fisheries Society Symposium 22, 438–454.

CONAPESCA. 2014. Boletín de Comercio Exterior Acuicultura y Pesca. 21 páginas. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/91161/boletin_comercio_exterior_2014.pdf.



DEMANDAS DEL SECTOR



CONAPESCA, 2014. Base de datos de producción anuario 2014.
<https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>.

Maeda-Martínez, A.N. 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. En A. Lovatelli, A. Farias e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 91–100.

Mazón-Suástegui J.M., M. Avilés, M. Peralta, H. Bervera, M. Vázquez, J. Turrubiates, J. Ramírez, A. Peña, D. Mazón, M. Graniel. 2009. Dimensión y ubicación georeferenciada de 173 bancos ostrícolas en el complejo lagunar Carmen, Pajonal, Machona, Redonda, estado de Tabasco, México (2009). Informe técnico final presentado a Fundación Produce Tabasco, A.C. en el marco del proyecto “Evaluación del potencial ostrícola en los sistemas lagunares estuarinos del Estado de Tabasco”. CIBNOR, S.C. 23 Oct 09, 209p.

Contacto para consultas sobre la demanda:

Ing. Sergio Tapia Medina

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: sergio.tapia@sagarpa.gob.mx

M.C. Quetzalcoatl Uribe Ortega

Director de Insumos para la Producción, SAGARPA

Correo Electrónico: quetzalcoatl.uribe@sagarpa.gob.mx

Ing. César Adrián Espinosa Mancinas

Secretario Ejecutivo, Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el
Desarrollo Rural Sustentable

Correo Electrónico: cesar.espinosa@snitt.org.mx



DEMANDAS DEL SECTOR



Demanda 3. Estudios estratégicos para la prevención del ingreso y de contención de los complejos de escarabajos ambrosiales (*Euwallacea nr. fornicatus* – *Fusarium euwallaceae* y *Xyleborus glabratus* - *Raffaelea lauricola*) en el cultivo de aguacate en México.

I. Beneficiarios

Productores, agentes técnicos, autoridades de sanidad vegetal, comercializadores, industriales y consumidores de aguacate a nivel nacional.

II. Antecedentes:

El aguacate (*Persea americana* Mill.) es la cuarta fruta más importante en el mundo, ya que alcanza una producción global anual de 4.7 millones de toneladas, a la cual México contribuyó en 2016, como el principal productor, con 1.5 millones de toneladas, seguido de República Dominicana con 387,500 toneladas y Estados Unidos con 214,000 toneladas (SIAP 2016).

De acuerdo con el SIAP en 2016 el estado con mayor producción de aguacate es Michoacán con un total de 1,283,313 t, seguido de Jalisco con 119, 667 t y por último el Estado de México con 89 040 t. La producción nacional del cultivo es de un total de 1 664 226 t.

El consumo nacional de aguacate es sensible a cambios en el precio, por lo que ha sido afectado por variaciones importantes. De la producción nacional, 69 % se destina al consumo en fresco, 19 % para la industria y 12 % a exportación. El consumo *per cápita* anual es de 5.4 Kg, lo que ubica a México como el principal consumidor a nivel mundial (Rubí-Arriaga *et al.*, 2013; Peña *et al.*, 2015).

La variedad 'Hass' es la principal variedad cultivada de manera comercial en el mundo y es la de mayor demanda; actualmente representa cerca del 80 % de la fruta que se produce en el mundo (Peña *et al.*, 2015). En 1994 se consideró que "Hass", ocupaba 95 % de las plantaciones, seguida por 'Fuerte', 'Bacon', 'Zutano', 'Rincón', 'Choquette', 'Booth 7', 'Booth 8' y criollos regionales (Sánchez y Rubí, 1994); en los últimos años, 'Hass' predomina en más del 96 % en México (Rubí-Arriaga *et al.*, 2013; Hernández-González y Ruiz-Martínez, 2015); el 2.7 % corresponde a criollo, 0.1 % a fuerte y el resto no se encuentra clasificado (Hernández-González y Ruiz-Martínez, 2015). El cultivo comercial de 'Hass' representa una oportunidad atractiva de negocio, siempre que se

considere el manejo técnico adecuado con relación al paquete tecnológico propicio para cada zona de producción y que el mercado de consumo final sea seguro; también se debe considerar que durante los primeros tres años y medio después de la plantación, solo se incurre en egresos, pues al cuarto año ocurre la primera producción comercial (Peña *et al.*, 2015).

Existen diversas plagas y enfermedades que atacan al aguacate, pero actualmente los productores están centrados en el manejo de aquellas que limitan la exportación, entre las que se encuentran los barrenadores de la semilla del aguacate (*Conotrachelus perseae* y *C. aguacatae*), el barrenador grande del hueso del aguacate (*Heilipus lauri*), el barrenador de ramas (*Copturus aguacatae*) y la palomilla barrenadora del hueso (*Stenomoma catenifer*). Dentro de otras plagas de interés económico y que afectan a la producción se tienen trips (*Heliethrips* spp., *Pseudophilothrips perseae* y *Scirtothrips* spp.), ácaros (*Oligonychus* spp.), gusano enrollador (*Amorbia* sp.), minador de la hoja (*Gracilaria* sp), entre otras. Existe una marcada tendencia en la reducción en el uso de plaguicidas para el control de estos problemas, basándose en programas de manejo integrado (Peña *et al.*, 2015). En cuanto a enfermedades, se encuentran en el fruto la antracnosis (*Colletotrichum* sp.), roña (*Sphaceloma perseae*) y pudriciones en la raíz por *Phytophthora* sp., *Armillaria* sp. entre otras.

Adicional a las plagas y enfermedades presentes en el cultivo de aguacate en México, se ha detectado la amenaza de la entrada al país de los escarabajos ambrosiales: 1) Escarabajo Ambrosial del laurel rojo *Xyleborus glabratus*, el cual es vector de *Raffaelea lauricola*, agente causal de la marchitez del laurel; y 2) barrenador polígrafo *Euwallacea* sp., vector de *Fusarium euwallaceae*, agente causal de la marchitez por *Fusarium*.

En el continente Americano, *Xyleborus glabratus* se detectó por primera vez en Estados Unidos de América (EUA), en el Puerto de Wentworth, Georgia, en el año 2002. En 2004, se detectó en Hilton Head, Carolina del Sur, en árboles del laurel rojo (*Persea borbonia* L. Spreng), posteriormente en varios condados de Georgia y cerca de Jacksonville, Florida (EPPO, 2014). Las especies de árboles afectados por *X. glabratus* en Georgia, Carolina del Sur y Florida murieron en menos de un año a causa de *R. lauricola* (Rabaglia *et al.*, 2006).

El complejo *X. glabratus*-*R. lauricola* son plagas nativas del suroeste de Asia presentes en hospedantes de la familia Lauraceae. De ahí, la plaga ha sido introducida a otros países de manera no intencional principalmente mediante embalaje de madera, como es el caso de los EUA. Posteriormente, se reportaron detecciones en Bangladesh en el año 2010, Misisipi en 2011, Carolina del Norte y Carolina del Sur, India, Japón y Taiwán en 2012 y en Alabama y Florida en 2013 (EPPO, 2014).

Por otra parte, *Euwallacea* spp., es originario de Asia, en 1973 se detectó por primera vez en Madagascar, EUA (Hawái) y Oceanía; posteriormente, en 1979 en Panamá; en el Tibet, China en 1981 y tres años más tarde en Guangdong, Sichuan y Yunnan (EPPO, 2014); en Costa Rica en el año 1983 (Kirkendall y Odegaard, 2007), Australia en 1992, Israel y Florida, EUA, en 2009, Tailandia en 2012 (EPPO, 2014).

En Estados Unidos los primeros ejemplares de *Euwallacea* spp. fueron colectados en 2002 en el área de Kendall en Miami, Florida, en una rama muerta de la especie ornamental *Delonix regia* (Fabaceae). En 2003, se reportó en los Ángeles, California, atacando al menos cuatro hospedantes: *Robinia pseudoacacia* (Fabaceae), *Acer negundo* (Aceraceae), *Alnus rubra* (Betulaceae) y *Platanus racemosa* (Platanaceae), no se reportó la presencia de hongos simbioses (Rabaglia *et al.*, 2006). En San Diego y Long Beach, California fue detectado en 2008 y 2010, respectivamente.

En el año 2012, Eskalen y colaboradores reportaron por primera vez síntomas de muerte descendente en aguacate (cv. 'Hass', 'Bacon', 'Fuerte' y 'Nabal') en California, ocasionados por *Euwallacea fornicatus*-*Fusarium* sp.

Existen varias teorías referentes a la vía de dispersión del complejo formado por los escarabajos ambrosiales y su hongo simbionte (*X. glabratus* – *R. lauricola* y *Euwallacea* spp. - *F. euwallaceae*). La versión más aceptada es que varios productos madereros y de embalaje son movilizados en todo el mundo a un ritmo cada vez mayor y que el tipo de organismos que albergan pueden ser variados, siendo los más peligrosos los escolítidos, debido a que se encuentran a menudo en los envíos de estos materiales (USDA-Forest Service, 2011). El fruto de aguacate no es vía de dispersión para esta plaga, pero sí la movilización de material vegetal propagativo (CABI, 2014).

A mediados del 2014 se realizaron detecciones positivas a *Euwallacea* spp. en el Condado de San Diego, California, cerca de las ciudades de Escondido y El Cajón, este último a una distancia aproximada de 20 km de Tijuana, B.C. (DGSV, 2015).

De ingresar a México, *X. glabratus* afectaría de forma negativa la producción de aguacate. Además, podría causar graves daños ecológicos en áreas naturales como bosques tropicales perennifolios y bosques mesófilos de montaña, donde se encuentra la mayor diversidad y abundancia de árboles y arbustos de la familia Lauracea (DGSV; 2015).

III. Problemática

En México, el género *Xyleborus* se ha estudiado poco; sin embargo, los trabajos de Romero *et al.* (1997) y Equihua y Burgos (2002) abarcan aspectos fundamentales sobre los escolítidos (taxonomía, biología y ecología), incluyendo información sobre el género *Xyleborus* a nivel nacional. En años recientes ha aumentado la información sobre el género en México, debido a que ciertas especies representan un riesgo para algunas plantaciones forestales de importancia económica, tal es el caso de *Xyleborus affinis*, *X. ferrugineus* y *X. volvulus*, los cuales pueden afectar árboles de *Cedrela odorata* y plantaciones de cacao (Pérez-de La Cruz *et al.* 2009; Rangel *et al.* 2012). Aunque *X. glabratus* no se encuentra reportado en México, de acuerdo con la Dirección General de Sanidad Vegetal (2014), se considera como un riesgo potencial para las plantaciones de aguacate en el país, ya que su estatus es como plaga cuarentenaria

IV. Logros y avances

Pérez-Silva *et al.* (2015) señalan que en México existen 18 especies del género *Xyleborus*, de las cuales *X. bispinatus* y *X. vismiae* son nuevos registros. Además, se reporta por primera vez a *X. horridus* en los estados de Chiapas, Guerrero y San Luis Potosí; *X. intrusus* en Baja California y Baja California Sur; *X. spinulosus* para Tamaulipas; *X. posticus* en Morelos y *X. declivis* en Chiapas y Tabasco.

La SAGARPA a través del SENASICA han iniciado acciones de acuerdo con la Norma Internacional de Medidas Fitosanitarias, NIMF No.6, Directrices para la Vigilancia, por lo que a partir del 2013 se han implementado actividades de vigilancia para la detección temprana y oportuna del Complejo Escarabajo Ambrosial del laurel rojo (*X. glabratus*) y barrenador polífago (*Euwallacea* sp.), a través de las acciones de exploración, rutas de vigilancia y trampeo en sitios de riesgo. En ese sentido, durante los años 2013 y 2014 se exploraron 15,629.65 ha con cultivos hospedantes para esta plaga y se instalaron 380 trampas en zonas de cultivos comerciales y zonas de riesgo de introducción, las cuales se revisaron 13,302 veces, así como 25 rutas de vigilancia que se revisaron 2,127 veces. En el año 2014 la vigilancia de *X. glabratus* se llevó a cabo en los estados de Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit y Puebla, y para el presente año se incluyen Baja California, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (DGSV, 2015). Derivado de esas acciones, a la fecha no se han detectado especímenes positivos, por lo que con base en lo anterior y de conformidad con la NIMF No. 8 de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, el estatus del Complejo Escarabajo

Ambrosial del laurel rojo es ausente en el territorio nacional.

En el año 2015, para la vigilancia de *X. glabratus* en 17 estados del país, se han instalado 1,265 trampas distribuidas en 78 rutas de trampeo, 48 rutas de vigilancia compuestas por 500 puntos en sitios de riesgo y 32,090 ha a explorar en huertos comerciales de aguacate, hospedante de importancia económica y principal para esta plaga en México (DGSV, 2015). En 2015, la DGSV realizó la primera detección de *Euwallacea sp.* en el municipio de Tijuana, Baja California (García-Avila *et al.*, 2016), restringido a esa zona, y a pesar de la acciones de control realizadas en el lugar, existe un riesgo latente de dispersión del escarabajo barrenador y su hongo asociado, el cual, al ser una plaga polífaga pone en riesgo hospedantes de interés ornamental, forestal y agrícola del país, principalmente el de aguacate, por las divisas que se generan por las exportaciones, además de su valor nutritivo (DGSV, 2015).

Crane *et al.* (2011), señalan que las pulverizaciones aéreas para realizar control químico de *X. glabratus* es complicada y poco práctica porque los adultos deben estar en el área inmediata que se trata; no obstante, la recomendación actual en Florida es la aplicación del insecticida imidacloprid en árboles infestados, además de tratar árboles cercanos a estos con fenpropatrin o malatión, a fin de eliminar a los adultos que están fuera de las galerías.

Mayfield III *et al.* (2008), mencionan que se han realizado investigaciones para evaluar la efectividad biológica de fungicidas en la protección de árboles contra la marchitez del laurel, tal es el caso del propiconazol y thiabendazol, mediante inyección a los troncos, mismas que han sido satisfactorias, pero, muy probablemente esta técnica de aplicación no sea para áreas con plantaciones comerciales de aguacate.

V. Propósito de la demanda

La prevención del ingreso del complejo *Xyleborus glabratus* / *Raffaelea lauricola* a territorio nacional y la contención de *Euwallacea spp.* / *Fusarium euwallacea* hacia el interior del territorio nacional, mediante el establecimiento de estrategias que complementen un manejo integrado, con base en las especies nativas equivalentes de ambrosiales y sus hongos fitopatógenos que transmiten.

VI. Objetivos



DEMANDAS DEL SECTOR



6.1 Objetivo General

Realizar investigación dirigida a la prevención del ingreso al país y de contención ante la presencia de éstos en territorio nacional; así como, generar estrategias que sumen al manejo integrado de los complejos de escarabajos ambrosiales (*Xyleborus glabratus* / *Raffaelea lauricola* y *Euwallacea* spp. / *Fusarium euwallacea*), con base en las especies nativas equivalentes de ambrosiales y sus hongos fitopatógenos que transmiten.

6.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar y/o evaluar y validar repelentes; además, de generar dispositivos, esquemas y métodos de aplicación contra ambrosiales nativos de México (con potencial de ataque al aguacate, de ciclo de vida y hábitos equivalentes a las especies de los complejos amenazantes), para el fortalecimiento de los esquemas de control de *Xyleborus glabratus* / *Raffaelea lauricola* y *Euwallacea* spp. / *Fusarium euwallacea*.
2. Evaluar y validar moléculas de insecticidas y fungicidas (residuales, sistémicas y de contacto de alta efectividad contra los complejos ambrosiales *Xyleborus* spp. / *Raffaelea* spp. y *Euwallacea* spp. / *Fusarium* spp., con base en complejos ambrosiales nativos de México con potencial de ataque al aguacate, y de ciclo de vida y hábitos equivalentes a las especies de los complejos amenazantes.
3. Buscar, evaluar y validar agentes de control biológico (depredadores, parasitoides, entomopatógenos, antagonistas endofíticos, bacterias y hongos; diferentes especies y densidades de inóculo) para el control de los complejos ambrosiales del aguacate nativo de México, con potencial de ataque al cultivo, y de ciclo de vida y hábitos similares a las especies de los complejos amenazantes foráneos.
4. Evaluar métodos, periodicidad, dosis, persistencia y residualidad de aplicación de diferentes insecticidas y fungicidas sistémicos (mezclas) ya existentes (foliar/aérea, inyecciones al tronco, “pintado” de tronco y ramas, inyecciones al suelo en la zona radical); combinados con prácticas de control cultural (podas y fertilización foliar y al suelo), de manejo integrado, basados en las especies nativas del país, con potencial de ataque al aguacate, y de ciclo de vida y hábitos similares a las especies de los complejos amenazantes cuarentenarios.
5. Realizar transferencia de tecnología, vinculada a las innovaciones tecnológicas disponibles y a

las generadas en el proyecto, para la identificación, monitoreo, manejo integrado *Xyleborus* spp. y *Euwallacea* spp. y patógenos nativos, equivalentes a las especies de los complejos ambrosiales cuarentenarios.

VII. Justificación

Congruente con el Plan Nacional de Desarrollo (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, 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.

La Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2017 es una iniciativa impulsada por el SNITT, que concentra las principales necesidades y prioridades de investigación para una exitosa producción de cultivos en México, está dirigida a atender las áreas de oportunidad de los principales cultivos del sector agroalimentario mexicano, y sobre todo a aquellos con potencial de mercado. Con esto se busca prevenir y atender un riesgo potencial que podría atacar a plantaciones del cultivo de aguacate en el país debido a su importancia antes mencionada.

VIII. Productos a entregar



DEMANDAS DEL SECTOR



1. Un documento que contenga los protocolos de los procesos de obtención y descripción de los repelentes desarrollados, así como de los dispositivos, esquemas y métodos de aplicación y captura de complejos ambrosiales nativos de México (con potencial de ataque al aguacate, y de ciclo de vida y hábitos similares a las especies de los complejos amenazantes foráneos), así como la base de datos y los resultados de su evaluación y validación, para el fortalecimiento de los esquemas de control de *Xyleborus glabratus* / *Raffaelea lauricola* y *Euwallacea* spp. / *Fusarium euwallacea*; con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
2. Un documento que contenga los protocolos del proceso evaluación y validación de moléculas de insecticidas y fungicidas, con base en complejos ambrosiales nativos de México (con potencial de ataque al aguacate, y de ciclo de vida y hábitos similares a las especies de los complejos amenazantes).
3. Un documento que incluya los protocolos del proceso de obtención y descripción de agentes de control biológico (depredadores, parasitoides, entomopatógenos, antagonistas endofíticos y bacterias; diferentes especies y densidades de inóculo), para el control de los complejos ambrosiales nativos de México (con potencial de ataque al aguacate, y de ciclo de vida y hábitos similares a las especies de los complejos amenazantes), así como la base de datos y los resultados de su evaluación y validación (dosis), con evidencia de trámite de propiedad intelectual.
4. Un manual sobre el manejo integrado de los barrenadores nativos de México y aplicado a *Xyleborus* spp. y *Euwallaceae* spp. *Fusarium* spp. y *Raffaelea* spp. al aguacate, que incluya información (resultados) sobre los métodos, periodicidad, dosis y formas de aplicación de diferentes mezclas de insecticidas y fungicidas sistémicos ya existentes (foliar/aérea, inyecciones al tronco, “pintado” del tronco y ramas, inyecciones al suelo en la zona radical), combinados con podas y fertilización foliar y al suelo, con evidencias de trámite para registro de protección intelectual.
5. Un informe que contenga los resultados de las actividades de transferencia de tecnología, vinculada a las innovaciones tecnológicas disponibles y generadas en el proyecto, para la identificación, monitoreo y manejo integrado de *Xyleborus* spp. - *Raffaelea* spp. y *Euwallacea* spp. - *Fusarium* spp. basado en especies nativas del aguacate.
6. Un documento que contenga los resultados de la evaluación de susceptibilidad de materiales del genero *Persea* de importancia agrícola y portainjertos de aguacate a los escarabajos ambrosiales y sus hongos simbiotes.

7. Realizar al menos tres cursos/talleres de capacitación y transferencia de tecnología de los entregables establecidos, dirigidos a productores, técnicos, personal de agencias estatales vinculadas a las innovaciones disponibles y las generadas en el proyecto, asimismo deberán estar presentes representantes del Fondo Sectorial.
8. Un portafolio de evidencias multimedia que incluya videos, fotografías, entrevistas, manuales gráficos, etc. de los resultados obtenidos en el proyecto enfocados en los productos a entregar.

IX. Literatura Citada

- Anónimo. 2014. Simposio Internacional Sobre Manejo y Control de Plagas Cuarentenarias en el Aguacatero, 2014. Xalapa, Veracruz. 3 al 7 de Noviembre de 2014.
- CAB International (CABI). 2014. Crop Protection Compendium, 2011 Edition. Wallingford, UK: CAB. International. En línea: [http:// www.cabi.org/cpc](http://www.cabi.org/cpc). Consultado el 11 de septiembre de 2015.
- Cognato, A. L., J. Hulcr, S. A. Dole y B. H. Jordal. 2011. Phylogeny of haplo–diploid, fungus-growing ambrosia beetles (Curculionidae: Scolytinae: Xyleborini) inferred from molecular and morphological data. Zool. Scripta 40: 174–186.
- Crane, J. H., J. E. Peña, R. C. Ploetz, y A. J. Palmateer. 2011. Proposed strategies for decreasing the threat of laurel wilt (LW) and its vector, the redbay ambrosia beetle (RAB) to comercial avocado groves in Miami-Dade Country. FDACS- Division of Plant Industry 5 p. En <http://feshfromflorida.com/pi/enpp/pathology/images/proposed-grovestrategies.pdf> : Fecha de consulta 25 de septiembre de 2015
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 2014. Escarabajo ambrosial del Laurel Rojo *Xyleborus glabratus*, Eichhoff (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 11 p.
- Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). 2015. Aviso público del riesgo y situación actual del: Escarabajo ambrosia del laurel rojo *Xyleborus glabratus* (Eichhoff) 1877 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2014. PQR-EPPO Database on Quarantine pest. En: www.eppo.int. Consultado el 19 de septiembre de 2015.
- Equihua M., A. y S. A. Burgos. 2002. Scolytidae. pp. 539-557. En: Llorente. B. J. y J. J. Morrone

(Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento Vol. III. CONABIO-IBUNAM. México.

- García-Avila C.J, F. J. Trujillo-Arriaga, J. A. López-Buenfil, R. González-Gómez, D. Carrillo, L. F. Cruz, I. Ruiz-Galván, A. Quezada-Salinas y N. Acevedo-Reyes. 2016. First Report of *Euwallacea nr. fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Mexico. *Florida Entomologist*, 99(3): 555-556.
- Kirkendall L. R., y F. Odegaard. 2007. On going invasions of old-growth tropical forests: establishment of three incestuous beetle species in southern Central America (Curculionidae: Scolytinae). *Zootaxa* 1588: 53–62.
- Mayfield III, A. E. Peña, J. E. Crane, J. H. Smith, J. A. Branch, C. L. Ottoson, E. D. y M. Hughes. 2008. Ability of the redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) to bore into young avocado (Lauraceae) plants and transmit the laurel wilt pathogen (*Raffaelea sp.*). *Florida Entomol.* 91: 485-487.
- Peña U. L.S., R. S. Rebollar, J. N. Callejas, M. J. Hernández, T. G. Gómez, 2015. Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de aguacate has. *Revista Mexicana de Agronegocios* 36: 1325-1338.
- Pérez-De La Cruz M., A. Equihua-Martínez, J. Romero-Nápoles., J. Valdez-Carrasco, y A. De La Cruz-Pérez. 2009a. Claves para la identificación de escolitinos (Coleoptera: Curculionidae: Scolitinae) asociados al agroecosistema del cacao en el sur de México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 10: 14-29.
- Pérez-Silva M., A. Equihua-Martínez, E. G. Estrada-Venegas, A. L. Muñoz-Viveros, Valdez-Carrasco, J. M. Sánchez-Escudero, J. y T. H. Atkinson. 2015. Sinopsis de especies mexicanas del género *Xyleborus* Eichhoff, 1864 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Acta Zoológica Mexicana* 31: 239-250.
- Rabaglia R. J., S. A. Dole y A. I. Cognato. 2006. Review of American Xyleborina (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) occurring North of Mexico, with an illustrated key. *Annals of the Entomological Society of America* 99: 1034-1056.
- Rangel R., M. Pérez, S. Sánchez y S. Capello. 2012. Fluctuación oblacional de *Xyleborus ferrugineus* y *X. affinis* (Coleoptera: Curculionidae) en ecosistemas de Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 60: 1577-1588.

Romero N. J., R. Anaya S., A. Equihua, y G., H. Mejía 1997. Lista de Scolytidae y Platypodidae de México (Insecta: Coleoptera). Acta Zoológica Mexicana 70: 36-53.

Sánchez C., S., y Rubí A., M. 1994. Situación actual del cultivo del aguacate en México. California Avocado Society Yearbook 78: 61-74.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2016. Consultado en la página <https://www.gob.mx/siap/>

University of California, Riverside (UCR). 2012. Polyphagous Shot Hole Borer (*Euwallacea sp*) and *Fusarium* Dieback (*Fusarium sp.*). En: http://cistr.ucr.edu/polyphagous_shot_hole_borer En: html. Consultado el 10 de septiembre de 2015.

USDA, APHIS, PPQ, 2015. Tea Shot-hole Borer *Euwallacea fornicatus*. Pest Traker. En: <http://pest.ceris.purdue.edu/map.php?code=INBQSLA#>. Fecha de consulta 28 de agosto de 2015.

USDA-Forest Service, 2011. Laurel Wilt. Forest Health Protection, Southern Region. En: <http://www.fs.fed.us/r8/foresthealth/laurelwilt/index.shtml>. Consultado el 04 de septiembre de 2015.

Contacto para consultas sobre la demanda:

Ing. Sergio Tapia Medina

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: sergio.tapia@sagarpa.gob.mx

M.C. Quetzalcoatl Uribe Ortega

Director de Insumos para la Producción, SAGARPA

Correo Electrónico: quetzalcoatl.uribe@sagarpa.gob.mx

Ing. César Adrián Espinosa Mancinas

Secretario Ejecutivo, Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable

Correo Electrónico: cesar.espinosa@snitt.org.mx



DEMANDAS DEL SECTOR



Demanda 4. Plataforma nacional referente a la técnica espectroscópica de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)-OMICS para la solución de problemas nacionales del sector agroalimentario.

I. Beneficiarios

Productores agrícolas, comunidad científica, comercializadores, agroindustriales y los consumidores de productos del sector agroalimentario mexicano.

II. Antecedentes

La metabolómica es la identificación y cuantificación de todos los metabolitos presentes en un sistema (Verpoorte *et al.*, 2007; Cevallos-Cevallos *et al.*, 2009) con pesos moleculares < 1500 Da (German *et al.*, 2005).

El metaboloma lo forman el grupo de pequeñas moléculas o metabolitos que se encuentran en la célula, en un órgano o un organismo (Wishart, 2008; Kim *et al.*, 2011). Las moléculas que forman parte del metaboloma incluyen a los péptidos, los aminoácidos, ácidos nucleicos, carbohidratos, ácidos orgánicos, vitaminas, polifenoles, alcaloides, minerales o cualquier compuesto químico que sea usado, digerido o sintetizado por una célula u organismo dado (Wishart, 2008).

Los metabolitos presentes en una célula, tejido u organismo son importantes para determinar el comportamiento del individuo, y estos compuestos son los productos finales de los procesos regulatorios celulares, y los niveles de estos pueden considerarse como la respuesta de los sistemas biológicos a cambios ambientales o genéticos, es por esto que se considera a la metabolómica como el enlace entre el genotipo y el fenotipo (Fiehn, 2000).

Un aspecto determinante del estudio metabolómico es el análisis cualitativo y cuantitativo de los metabolitos celulares que se encuentran. Estos nos ayudarán a conocer el estado bioquímico de un organismo, lo cual se puede utilizar para monitorear y evaluar la función de los genes, además de las respuestas del organismo a las condiciones en las que se desarrolle.

Existen diversas tecnologías analíticas que se pueden utilizar dependiendo de la naturaleza química de los compuestos, entre ellas la resonancia magnética nuclear (RMN), cromatografía de gases y de

líquidos acopladas a espectrometría de masas (CG-EM y CL-EM) y electroforesis capilar acoplada a espectrometría de masas (EC-EM) (Wishart, 2008).

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) constituye una técnica de vital importancia en la investigación científica. La RMN es, junto con la difracción de rayos X, la única metodología que puede usarse para determinar la estructura molecular de macromoléculas con alta resolución. Frente a la difracción de rayos X, no obstante, la RMN presenta varias ventajas; una de ellas es que permite determinar la estructura molecular en solución. La RMN permite, además, estudiar de manera eficaz y sencilla las interacciones entre biomoléculas (Álvarez Fernández, 2011).

Es sabido que una sola técnica analítica es insuficiente para proveer la completa visualización del metaboloma, por lo que es necesario e importante realizar estudios por separado utilizando diversas técnicas o a través de sistemas acoplados. La RMN tiene diversas aplicaciones en metabolómica por ejemplo en control de calidad, en quimiotaxonomía (clasificación y caracterización), análisis de plantas genéticamente modificadas, interacción con otros organismos y el medio ambiente, además del estudio de enfermedades en humanos.

En la actualidad el estudio del metaboloma basado en RMN es aceptado como una herramienta analítica eficiente para el estudio de sistemas biológicos (Kim *et al.*, 2011). La principal ventaja de la RMN sobre el resto de las técnicas analíticas es que puede detectar una amplia variedad de compuestos químicos de diferente naturaleza, además de que la cuantificación es fácil, es una técnica altamente reproducible y la identificación de metabolitos es sencilla (Verpoorte *et al.*, 2008). Igualmente, es un método rápido y simple, pero a la vez es poco sensible, además de que en la preparación de los extractos el daño hacia éstos es mínimo (Sumner *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2010).

Son numerosas las aplicaciones de la RMN en alimentos, ya que permiten examinar cambios en las características fisicoquímicas de carne, pescado, productos lácteos, vegetales, frutas, zumos y vino. Se pueden estudiar propiedades más específicas, como porcentaje alcohólico, maduración de frutas, contenido en azúcar, relación aceite/agua y la relación de ácidos grasos saturados/insaturados, así como la adulteración de alimentos.

III. Problemática

La apertura económica y los tratados comerciales han generado una mayor competencia de los productos y servicios tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Para asegurar el éxito en la

competitividad de los productos o servicios es imprescindible instrumentar mecanismos para verificar la autenticidad y calidad de los productos del sector agroalimentario mexicano.

En México, aproximadamente el 86 % de la industria controla visualmente la calidad de sus productos y solamente el 14 % de ella lo realiza mediante control analítico durante los procesos de producción. En el sector agroindustrial el control de calidad mediante instrumentos modernos, por el momento es incipiente.

La verificación de la autenticidad de los diferentes productos alimenticios y bebidas ha sido en los últimos años un reto de expansión global. Por ello se ha identificado la necesidad en México de monitorear y cuantificar de manera simple, rápida, robusta y metabolómicamente dirigida y no dirigida, el grado de impacto metabólico en diferentes sistemas producto (citricultura, vitivinicultura, caficultura, apicultura, diversas bebidas alcohólicas nacionales, entre otras) respecto a su genotipo o bien a sus condiciones de cultivo (región, afectaciones meteorológicas y/o de cambio climático) para optimizar los actuales procesos-tiempos de producción en condiciones de crecimiento nativo, mejoramiento genético, y en presencia de insultos externos generadores de diversas enfermedades metabólicas, en vías de garantizar al productor el apego de calidad agroalimentaria hacia todas las normatividades de exportación demandadas de los nuevos mercados entrantes. El éxito de exportación en nuevos y modificados mercados dependerá primordialmente del método usado para autenticar cualquier producto nacional.

Los compuestos que forman tanto a los productos naturales como a los procesados son variables y complejos, por lo que es difícil para la mayoría de estos productos elucidar una detallada composición química que los defina correctamente. En México, esto ha traído como resultado que se generen algunos vacíos regulatorios en cuanto a la autenticidad y calidad de los productos, que algunos comercializadores aprovechan para la adulteración de productos, en detrimento del consumidor.

Lo anterior hace necesario que a través de una plataforma denominada NMR-OMICS, se identifique la huella dactilar molecular de autenticidad de productos de interés, específicamente los que se encuentran en estado líquido (vino, jugos, miel, etc.), en tiempo real de la evolución temporal de su metaboloma respecto a un sinnúmero de variables tales como origen de la materia prima, contaminantes orgánicos o inorgánicos, tiempos de vida media, condiciones de almacenamiento, etc.

IV. Logros y avances



DEMANDAS DEL SECTOR



La metabolómica es el conjunto de ciencias y técnicas dedicadas al estudio completo del sistema de moléculas que constituye los intermediarios metabólicos, metabolitos, hormonas y otras moléculas señal, y los metabolitos secundarios, que se pueden encontrar en un sistema biológico a través del uso de métodos altamente sensibles de detección como Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución acoplado a Espectrometría de Masas (HPLC-MS), Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas (CG-MS) y Espectroscopía de Resonancia Magnética Nuclear (RMN).

La RMN es una técnica no destructiva que se fundamenta en las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos, con base en la interacción del momento magnético nuclear con ondas de radio en presencia de un campo magnético externo que conduce a la generación de diferentes niveles energéticos.

La resonancia magnética nuclear se ha desarrollado enormemente en los últimos 20 años, debido principalmente, a la mejora tecnológica de los equipos utilizados en el análisis espectroscópico.

Lo anterior, permite la generación de nuevos tipos de estudios en diversas áreas. En la Química de los Productos Naturales, los avances en RMN se reflejan en la capacidad de procesar muestras más pequeñas, además de estudiar núcleos que anteriormente eran imposibles de analizar por las limitaciones de los equipamientos. Además de la sensibilidad, la RMN se refiere también a métodos que amplíen y mejoren el espectro de las señales obtenidas con el fin de facilitar los análisis.

En agricultura, el contenido metabólico se relaciona directamente con los procesos de desarrollo y diferenciación, maduración de frutos, resistencia a factores ambientales, ataque de patógenos, y otros. Actualmente existe poco desarrollo y aplicación de estas herramientas en la agricultura, por ello la importancia de su impulso en los diferentes campos de la agricultura mexicana.

En México las herramientas de metabolómica son poco desarrolladas por grupos de investigación, una de las causas principales es que no se encuentra con la infraestructura para llevar a cabo las investigaciones o con los recursos humanos suficientes para el desarrollo de dichas herramientas.

V. Propósito de la demanda

Desarrollo y aplicación de herramientas metabolómicas innovadoras para la autenticidad y calidad de los productos procesados del sector agroalimentario mexicano en estado líquido tales como vinos, jugos, cítricos, extractos, miel, entre otros.



VI. Objetivos

6.1 Objetivo general

Elaboración de una plataforma nacional con base en la técnica espectroscópica de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)-OMICS en la verificación de la autenticidad y calidad de los productos líquidos de interés del sector agroalimentario mexicano.

6.2 Objetivos Específicos

1. Establecimiento de la plataforma certificada de servicio NMR-OMICS para la determinación de la evolución temporal del metaboloma de productos líquidos de interés respecto a variables relevantes.
2. Calidad y autenticidad para el cumplimiento de especificaciones químico, físicas y nutricionales de los alimentos referidas a pliegos de condiciones estipulados como requisitos de cumplimiento para la obtención de certificaciones o bien del cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y/o normas de carácter voluntario como las Normas Mexicanas (NMX).
3. Obtención de la huella dactilar metabolómica completa de productos de interés en condiciones nativas de crecimiento y con mejoramiento genético involucrados, así como en presencia de insultos externos asociadas a patogenicidades y su diferencia respecto a las huellas dactilares metabolómicas en estados nativos.
4. Establecimiento de un método para la adquisición de muestras a escala microvolumétrica necesaria para el muestreo representativo metabolómico nacional de los productos de interés.
5. Monitorear y cuantificar de manera simple, rápida, robusta y metabolómicamente dirigida (metabolitos específicos) y no dirigida (metaboloma completo), el grado de impacto metabólico en diferentes productos líquidos de interés para vitivinicultura, citricultura, caficultura, apicultura, diversas bebidas alcohólicas nacionales, entre otras.
6. Metodología para la obtención de la primera base de datos nacional del metaboloma de vinos nacionales por RMN y sus diferencias respecto a otras regiones vinícolas internacionales.

VII. Justificación

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 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. La Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2017 es una iniciativa impulsada por el SNITT, que concentra las principales necesidades y prioridades de investigación para una exitosa producción de cultivos en México, está dirigida a atender las áreas de oportunidad de los principales cultivos del sector agroalimentario mexicano, y sobre todo a aquellos con potencial de mercado.

La resonancia magnética nuclear a pesar de su menor sensibilidad respecto a cualquier método por espectrometría de masas a alta resolución - es una técnica robusta, reproducible y no invasiva que permite identificar no solo metabolitos parciales o metabolomas completos de cualquier producto, sino que su análisis requiere mínima o nula preparación de muestra y no se requiere en ninguna etapa del análisis realizar derivatizaciones químicas, obteniendo la respuesta deseada en escalas de tiempo mucho más cortos que los métodos convencionales.

Para garantizar la obtención de huellas dactilares metabolómicas rápidas y robustas para cuantificar la autenticidad y calidad de los diversos productos nacionales e importados, así como para ofrecer una respuesta inmediata a los diversos problemas actuales de seguridad agroalimentaria, la plataforma NMR-OMICS requiere satisfacer al menos los siguientes puntos: Personal altamente calificado capaz de implementar e innovar los nuevos avances instrumentales (automatización de obtención masiva de huellas dactilares metabolómicas, instalación del parque instrumental adecuado tales como imanes homogéneos y potentes, (crio)-sondas, generadores de radiofrecuencia, amplificadores y/o filtros de señales, programas de tratamiento y análisis de datos más robustos del mercado, para la obtención de datos precisos de manera rápida) y conceptuales (generación de secuencias de pulsos RMN para maximizar la sensibilidad y resolución espectral de las huellas dactilares metabolómicas, cómputo de la evolución temporal del metaboloma de cualquier sistema producto a través de las bases de "relaxometría" RMN, dominio de otras espectroscopías, espectrometrías o espectrografías para validación de datos RMN) en espectroscopía por resonancia magnética.

VIII. Productos a entregar



DEMANDAS DEL SECTOR



1. Un documento donde se plasme la obtención de los patrones para verificar la autenticidad de los productos líquidos de interés (vitivinicultura, citricultura, caficultura, apicultura, diversas bebidas alcohólicas nacionales, entre otras), considerando un muestreo representativo por variedad de producto, región geográfica, denominación de origen, propiedades organolépticas, año de producción del producto final, evolución de la muestra en condiciones de almacenamiento y transportación con evidencia de registro de propiedad intelectual.
2. Un documento que contenga la obtención de la huella dactilar metabólica completa de los productos líquidos de interés (vitivinicultura, citricultura, caficultura, apicultura, diversas bebidas alcohólicas nacionales, entre otras) en presencia de agentes externos y su diferencia respecto a las huellas dactilares metabólicas en estados nativos con evidencia de registro de propiedad intelectual.
3. Establecimiento de un proceso certificado de servicio NMR-OMICS para la determinación de la evolución temporal del metaboloma de los productos líquidos de interés (vitivinicultura, citricultura, caficultura, apicultura, diversas bebidas alcohólicas nacionales, entre otras) respecto a las variables relevante.
4. Un documento que contenga la evidencia de al menos cinco cursos o talleres de capacitación a productores, técnicos e interesados del sector sobre técnicas y tecnologías disponibles, así como las desarrolladas en el proyecto, en donde deberán estar presentes representantes del Fondo Sectorial.
5. Un portafolio de evidencias multimedia que incluya videos, fotografías, entrevistas, manuales gráficos, entre otros, de los resultados obtenidos en el proyecto, enfocados en los productos a entregar.

IX. Literatura consultada

- Álvarez G., Bustos Jaimes I., Castañeda Patlán C., Guevara Fonseca J., Vázquez Meza H. (eds). Mensaje Bioquímico, Vol. XXXV, 2011, 159-172. Depto de Bioquímica, Fac de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd Universitaria, México. (<http://bq.unam.mx/mensajebioquimico>).
- Cevallos-Cevallos, J. M., J. I. Reyes-De-Corcuera, E. Etxeberria, M. D. Danyluk, y G. E. Rodrick. 2009. Metabolomic analysis in food science: a review. Trends in Food Science & Technology 20:557-566.
- Fiehn, O., J. Kopka, P. Dormann, T. Altmann, R. N. Trethewey, y L. Willmitzer. 2000. Metabolite profiling for plant functional genomics. Nature Biotechnology 18:1157-1161.
- German, J. B., B. D. Hammock, y S. M. Watkins. 2005. Metabolomics: building on a century of biochemistry to guide human health. Metabolomics 1:3-9.
- Kim, H. K., Y. H. Choi, y R. Verpoorte. 2011. NMR-bases metabolomics: where do we stand, where do we go? Trends in Biotechnology. 29: 267-275.
- Sumner, L. W., P. Mendes, y R. A. Dixon. 2003. Plant metabolomics: large-scale phytochemistry in the functional genomics era. Phytochemistry 62: 817-836.
- Kim, H. K., Y. H. Choi, y R. Verpoorte. 2010a. NMR-based metabolomic analysis of plants. Nature Protocols 5: 536-549.
- Verpoorte, R., Y. H. Choi, y H. K. Kim. 2007. NMR-based metabolomics at work in phytochemistry. Phytochemistry Reviews 6: 3-14.
- Verpoorte, R., Y. H. Choi, N. R. Mustafa, y H. K. Kim. 2008. Metabolomics: back to basics. Phytochemistry Reviews 7:525-537
- Wishart, D. S. 2008. Metabolomics: applications to food science and nutrition research. Trends in Food Science & Technology 19:482-493.

Contacto para consultas sobre la demanda:

Ing. Sergio Tapia Medina

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: sergio.tapia@sagarpa.gob.mx

M.C. Quetzalcoatl Uribe Ortega

Director de Insumos para la Producción, SAGARPA

Correo Electrónico: quetzalcoatl.uribe@sagarpa.gob.mx

Ing. César Adrián Espinosa Mancinas

Secretario Ejecutivo, Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el
Desarrollo Rural Sustentable

Correo Electrónico: cesar.espinosa@snitt.org.mx

Demanda 5. Establecimiento de una plataforma nacional de herramientas moleculares para la identificación, conservación y mejoramiento genético de materiales vegetales relacionados a los cultivos prioritarios de México.

I. Beneficiarios del Proyecto

Productores agrícolas, fitomejoradores, comunidad científica, las instituciones y centros de investigación que se dediquen a la conservación de especies y registro de variedades vegetales.

II. Antecedentes

El incremento constante de la población ha tenido como consecuencia una demanda cada vez mayor de alimentos y materias primas. Desafortunadamente la selección y cruce controlada de ejemplares con características de interés solo ha podido resolver esta problemática de manera parcial, por lo que se espera que la implementación de herramientas y estrategias moleculares a los métodos empleados tradicionalmente, permita obtener plantas con una mayor productividad, calidad y nuevos productos agrícolas (Chávez-Araujo, 1993).

El país posee una importante riqueza biológica en sus recursos genéticos, los cuales requieren ser conservados y usados adecuadamente como respuesta al acentuado proceso de deforestación y pérdida de diversidad genética que se registra actualmente. Los recursos genéticos vegetales tienen un valor real y potencial para la agricultura, la industria y la alimentación de la población mundial. El conocimiento, evaluación y preservación de la variabilidad genética de las especies son actividades estratégicas que deben ser incluidas en los planes de desarrollo agrícola, ya que representan un recurso natural de riesgo continuo y representan una fuente potencial para la seguridad alimentaria de la población.

Para lograr la conservación de estos recursos se requiere de la combinación de diversas acciones y políticas orientadas a garantizar su continua existencia y disponibilidad, de tal manera que rindan el mayor beneficio sostenido para las generaciones actuales, y que preserven al mismo tiempo su potencial para satisfacer las necesidades de las futuras generaciones.

La conservación de recursos genéticos es imprescindible, tanto para asegurar que los mejoradores profesionales continúen teniendo acceso a los genes y complejos de genes que se necesitan para

el mejoramiento actual y futuro de los cultivos, así como para asegurar la disponibilidad de alimentos para el país.

De acuerdo al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), el registro de variedades consiste en administrar y coordinar el sistema que fomente la generación y transferencia de tecnología en variedades vegetales a fin de incrementar la producción agropecuaria a través de la integración de un marco técnico y normativo cuya operación eficaz y oportuna permita a los productores nacionales e internacionales la explotación de mejores variedades bajo un marco de certidumbre Jurídica y retribución equitativa.

Así mismo y de acuerdo a la Ley Federal de Variedades Vegetales establece que para que una variedad vegetal sea objeto de protección deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Nueva. Tendrá esta característica la variedad vegetal o su material de propagación cuando: a) No se hayan enajenado en territorio nacional, o bien se hayan enajenado dentro del año anterior a la fecha de presentación de la solicitud de título de obtentor, y b) No se hayan enajenado en el extranjero, o bien la enajenación se haya realizado dentro de los seis años anteriores a la presentación de la solicitud, para el caso de perennes (vides, forestales, frutales y ornamentales), incluidos sus portainjertos, y dentro de los cuatro años anteriores a la presentación de la solicitud, para el resto de las especies.

Distinta. Tendrá esta característica la variedad vegetal que se distinga técnica y claramente por uno o varios caracteres pertinentes de cualquiera otra variedad, cuya existencia sea conocida en el momento en que se solicite la protección. Dichos caracteres deberán reconocerse y describirse con precisión. El reglamento señalará las diversas referencias para determinar si una variedad es o no conocida.

Estable. Tendrá esta característica la variedad vegetal que conserve inalterados sus caracteres pertinentes después de reproducciones o propagaciones sucesivas.

Homogénea. Tendrá esta característica la variedad vegetal que sea suficientemente uniforme en sus caracteres pertinentes, a reserva de la variación previsible por su reproducción sexuada o multiplicación vegetativa.

Para esto es necesario que en México se cuente con la caracterización genética de los materiales registrados, así como materiales silvestres de referencia, que permita describir la diversidad genética y diferenciar grupos de variedades mediante la descripción genómica. Una de las características

principales del uso de estas tecnologías, es ofrecer una alta certeza en la identificación y trazabilidad de variedades vegetales.

III. Problemática

Garantizar la seguridad alimentaria de los mexicanos es una tarea fundamental para nuestro gobierno ya que actualmente importamos productos tales como arroz (80 %), trigo (42 %), maíz (31.9 %) y frijol (8.2 %). Además, de acuerdo con cifras publicadas por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), para el año de 2012, de un total de 112 millones de mexicanos, una cuarta parte presentaba serios problemas de alimentación.

Es importante destacar que en México existe poca aplicación de tecnologías de secuenciación de ADN, sobre todo en especies de interés agrícola. Esto constituye un área de oportunidad para mapear las características genéticas que pueden ser utilizadas como un recurso de diferenciación altamente confiable en el proceso de registro de variedades vegetales o para la identificación de características útiles en para técnicas modernas de fitomejoramiento.

IV. Logros y avances

Los recientes avances en las tecnologías para la secuenciación de ADN han permitido la elucidación de la secuencia del genoma de organismos de gran importancia para la agricultura como el arroz, el maíz, y el frijol, entre muchos otros. Todo ello, a costos mucho menores que hace solo unos cuantos años. Por otro lado, en la actualidad hay muchos programas de mejoramiento genético exitosos que involucran la introgresión deliberada de características deseables en plantas cultivadas.

De acuerdo al estado actual de la investigación para el mejoramiento vegetal, los programas modernos se benefician de la aplicación de técnicas de genética molecular, como es el mejoramiento asistido por marcadores (MAS), y que requiere que previamente se haya realizado la identificación, etiquetado y mapeo de loci de QTLs de interés (Miklas *et al.*, 2006). De forma general, las ventajas del MAS incluyen una reducción en el tiempo y esfuerzo, y una mayor eficiencia (Dwivedi *et al.*, 2007; Jena y Mackill, 2008).

Recientemente, se ha propuesto el uso de la “selección genómica”, basado en la estimación de efectos simultáneos de todos los marcadores genéticos disponibles directamente sobre el fenotipo de la planta (Pérez de Castro *et al.*, 2012).

V. Propósito de la demanda

Generación y desarrollo de información para el establecimiento de un marco de referencia para la conservación y explotación de los materiales vegetales relacionados a los cultivos agrícolas prioritarios para el país, y que sirva como base para enfrentar los problemas de degradación de recursos genéticos y seguridad alimentaria que presenta México.

VI. Objetivos

6.1 Objetivo General

Establecer un marco de referencia para la explotación de los cultivos prioritarios para nuestro país, mediante el desarrollo de herramientas a escala genómica que permitan acelerar los procesos de mejoramiento de los cultivos de interés, así como la adecuada identificación de variedades, registro y explotación.

6.2 Objetivos específicos

1. Elucidar, ensamblar y describir la secuencia de genomas de referencia de especies prioritarias para el país.
2. Identificar polimorfismos de un solo nucleótido a escala genómica para su utilización en la conservación de especies vegetales y la generación de nuevas variedades para su identificación.
3. Establecimiento de una plataforma con la capacidad de desarrollar herramientas moleculares para la conservación, identificación varietal y mejoramiento genético de materiales vegetales relacionados a los cultivos prioritarios de México.

4. Capacitación en la utilización de las herramientas desarrolladas y difusión de los resultados obtenidos a los principales actores del sector agroalimentario.

VII. Justificación

En cumplimiento con el PND, el PSDAPA, el Art. 37 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 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.

La Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2017 es una iniciativa impulsada por el SNITT, que concentra las principales necesidades y prioridades de investigación para una exitosa producción de cultivos en México, está dirigida a atender las áreas de oportunidad de los principales cultivos del sector agroalimentario mexicano, y sobre todo a aquellos con potencial de mercado.

El análisis de la información genética de especies vegetales permite la identificación de genes que son de gran importancia para la producción de nuevas variedades vegetales. Este conocimiento coadyuva en la conservación de especies vegetales e impulsa el mejoramiento genético convencional y mediante técnicas modernas para incrementar la producción de cultivos de importancia alimentaria, que permitan alimentar a la creciente población humana, así como para la producción de materias primas para la generación de energía limpia.

VIII. Productos a entregar

1. Una base de datos que contenga la descripción de la secuencia ensamblada de un genoma completo, de referencia, para cada uno de al menos cinco de los cultivos considerados prioritarios¹ para nuestro país sin considerar los ya existentes: maíz, trigo, cacao, jitomate, soya y arroz; así como, un sistema que permita la visualización y navegación sobre los genomas ensamblados disponible públicamente en una página web.
2. Una base de datos de polimorfismos de un solo nucleótido de ADN con cobertura de escala genómica de las principales accesiones disponibles en el país, para todos los cultivos analizados en

el contexto del proyecto refiriéndose al entregable 1 y al menos cuatro de los ya conocidos: maíz, trigo, cacao, jitomate, soya y arroz; así como un sistema de acceso público que permita la visualización de las variantes de un solo nucleótido disponible en la web.

3. Una plataforma basada en la más avanzada tecnología para la secuenciación de genomas vegetales completos y la genotipificación masiva de materiales relacionados, con capacidad de ofrecer servicio tanto al sector público como privado.

4. Evidencia de entrenamiento de técnicos y/o científicos al menos 5 instituciones de investigación del sector agroalimentario en las distintas regiones del país sobre la utilización de marcadores moleculares en el mejoramiento vegetal y la utilización de las bases de datos generadas en el proyecto.

5. Un portafolio de evidencias multimedia que incluya videos, fotografías, entrevistas, manuales gráficos, etc. de los resultados obtenidos en el proyecto enfocados en los productos a entregar.

¹ Los cultivos prioritarios deberán ser considerados de acuerdo a la Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola 2017 elaborada por el SNITT. (<http://agenda2017.org>)

IX. Literatura citada

Chávez-Araujo. 1993. Mejoramiento de Plantas 1. Trillas. México. pp. 1-136.

Jena K.K. y D.J. Mackill 2008. Molecular markers and their use in marker-assisted selection in rice. Crop. Sci., 48:1266-1267.

Miklas PN, P. N. Miklas, J. D. Kelly, S. E. Beebe, M. W. Blair. 2006. Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: from classical to MAS breeding. Euphytica, 147:105-131.

Pérez-de-Castro, S Vilanova, J. Canizares, L. Pascual, M. Blanca, J. Diez, B. Pico. 2012. Application of genomic tools in plant breeding. Curr. Genomics, 13:179-95.



Dwivedi S.L., J. H. Crouch, D. J. Mackill, Y. Xu, M. W. Blair, M. Ragot, H. D. Upadhyaya, R. Ortiz. 2007. The molecularization of public sector crop breeding: Progress, problems, and prospects. Adv. Agron., 95:163-318.

Contacto para consultas sobre la demanda:

Ing. Sergio Tapia Medina

Director General de Productividad y Desarrollo Tecnológico, SAGARPA

Correo Electrónico: sergio.tapia@sagarpa.gob.mx

M.C. Quetzalcoatl Uribe Ortega

Director de Insumos para la Producción, SAGARPA

Correo Electrónico: quetzalcoatl.uribe@sagarpa.gob.mx

Ing. César Adrián Espinosa Mancinas

Secretario Ejecutivo, Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el
Desarrollo Rural Sustentable

Correo Electrónico: cesar.espinosa@snitt.org.mx



DEMANDAS DEL SECTOR

