

ALCANCES Y PERSPECTIVAS DEL ÁREA DE BIOTECNOLOGÍA VEGETAL DEL CIATEJ EN EL SURESTE DE MÉXICO.

Dra. Julia del Socorro Cano Sosa
Dra. Guadalupe López Puc



CONACYT



CIATEJ

**Alcances y perspectivas del área de
Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el
Sureste de México**

DIRECTORIO

CIATEJ

Dra. Eugenia del Carmen Lugo Cervantes

Directora General

Dra. Teresa del Rosario Ayora Talavera

Directora de la Subsede Sureste

AUTORES

Ana Ramos Díaz

Julia del Socorro Cano Sosa

Guadalupe López Puc

Alberto Uc Vázquez

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México

Editores

Guadalupe López Puc

Julia del Socorro Cano Sosa



Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del
estado de Jalisco A.C.

Subsede Sureste

2021

Guadalajara, Jalisco, México

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del
CIATEJ en el Sureste de México

EDITORES

Guadalupe López Puc

Julia del Socorro Cano Sosa

EDICION PORTADA Y CONTRAPORTADA

Jesús Fuentes González

Karen Elizabeth Pérez Beltrán

AUTORES. Se presentan al inicio de cada capítulo

Sello Editorial: Centro de Investigación y Asistencia en
Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

D.R. © 2021. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por
cualquier medio, sin permiso por escrito del titulas de los
derechos.

Primera edición, 2021

ISBN: 978-607-8734-24-5

Editado en Guadalajara, México

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo al proyecto: Seminarios y talleres para el acercamiento de la sociedad vulnerable de Yucatán, a las ciencias y tecnologías mediante divulgación y aprovechamiento de resultados obtenidos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ (Clave 314044). (Julia Cano Sosa responsable técnica). Proyecto aprobado en la convocatoria: Apoyo para Congresos, Convenciones, Seminarios, Simposios, Exposiciones, Talleres y demás eventos relacionados con el fortalecimiento del sector de CTI – CONACYT 2020.

Al Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ).



PRÓLOGO

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), un Centro Público de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del CONACYT, fundó en Julio de 2002 la Subsección SURESTE con el objetivo de impulsar el desarrollo de la agroindustria en el Sur del país, lo cual tuvo resultados exitosos. A principios del año 2008, en la Subsección se creó la Maestría en Ciencias de la Floricultura, impulsando la investigación en el área de Biotecnología Vegetal y soportado por un grupo de investigadores muy activos. Actualmente se cuenta con el Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético con el enfoque de realizar actividades de la línea de Biotecnología Vegetal que incluye las sublíneas: a) Mejoramiento genético, b) Micropropagación de especies vegetales y c) Fitopatología. En los últimos años el área ha desarrollado 17 proyectos de investigación y desarrollo, soportados por fondos públicos y mediante la vinculación con empresas. El posgrado se ha fortalecido mediante proyectos que se han conseguido mediante el esfuerzo de sus investigadores y actualmente aun cuando es una línea de investigación reciente se han graduado alrededor de 25 estudiantes de posgrado, los cuales se integran al desarrollo del país.

Este libro enfatiza a la biotecnología, una herramienta indispensable en la investigación científica. Los hechos que ahora acontecen en el mundo como la pandemia actual causada por el virus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad COVID-19, el calentamiento global, así como la disminución de especies, son y seguirán siendo afrontados a través de la Biotecnología.

En nuestro país contribuimos activamente en cada uno de los campos científicos con el uso de la biotecnología y el sureste mexicano no es la excepción, como ejemplo esta la información contenida en esta obra que aborda temas del área agroalimentaria. Y desde sus inicios en 2008, el área de Biotecnología Vegetal de la Subsección Sureste del CIATEJ está comprometida en la realización de investigación científica, vinculación con empresas y la formación de recursos humanos a nivel pregrado y posgrado. Los trabajos del grupo de Biotecnología Vegetal están reflejados en sus artículos científicos, tesis de pregrado y posgrado, así como en sus proyectos de investigación por ejemplo la obtención de variedades mejoradas de *Jatropha curcas* registradas en el CNVV y dos de ellas con título de obtentor y una patente. También se cuenta con un banco *in vitro* de germoplasma de orquídeas, y protocolos para semillas sintéticas. Se tienen protocolos de micropropagación de especies de alto valor en la industria de la Floricultura como orquídeas, anturios, y crisantemos. En lima persa se han caracterizado y seleccionado los ecotipos con base a su eficiencia productiva y tolerancia al HLB. Se han realizado diagnósticos de fitopatógenos, plataformas digitales para seguimiento y validación de la miel, análisis de trazabilidad de la miel, análisis palinológicos, fisicoquímicos y microbiológicos de la miel. Se han obtenido plantas haploides, trabajo con sistemas orgánicos para hortalizas. En 2015 se creó la Red de Mejoramiento y Manejo Biológico de especies Vegetales de Uso alimenticio (REMMBEVA), así como también se fortaleció la infraestructura y equipamiento del área, todo lo anterior con el esfuerzo y dedicación de los miembros integrantes del grupo de Biotecnología Vegetal y que mejor a través de este libro también continuar con las actividades de divulgación de tecnologías del área de Biotecnología Vegetal de la Subsección Sureste del CIATEJ, presentando de manera resumida los resultados

obtenidos durante más de 12 años de trabajo en el área. Este libro fue soportado por el proyecto No. 314044 financiado por el CONACYT, convocatoria: Apoyo para Congresos, Convenciones, Seminarios, Simposios, Exposiciones, Talleres y demás eventos relacionados con el fortalecimiento del sector de CTI – CONACYT 2020.

Dra. Eugenia Del Carmen Lugo Cervantes

Directora General del CIATEJ

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 _____ 1

Biotecnología Vegetal: Conceptos, técnicas y herramientas _____ 1

Introducción..... 2

Cultivo de células y tejidos vegetales 3

Morfogénesis *in vitro* _____ 4

Cultivo de embriones _____ 5

Cultivo de semillas _____ 6

Cultivo de meristemos _____ 6

Cultivo de segmentos nodales y ápices de vástago _____ 7

Cultivo de células en suspensión _____ 7

Cultivo de protoplastos _____ 8

Cultivo *in vitro* de anteras y microsporas _____ 9

Cultivo de óvulos no fertilizados _____ 10

Transformación genética de las plantas: *Agrobacterium*, biobalística, nanobalística, CRISPR/Cas9 10

Transformación genética de las plantas _____ 10

Marcadores moleculares para asistir el mejoramiento genético, y la medición de la variabilidad genética para la detección de patógenos 12

Tecnologías ómicas y la bioinformática en la Biotecnología Vegetal ... 13

Conclusiones 15

CAPÍTULO 2 _____ 17

Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ Subsele Sureste _____ 17

Introducción..... 18

Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético 19

Cultivo de células y tejidos vegetales _____ 20

Estudios relacionados al CTV _____ 21

Área de biología molecular _____ 23

Área de fitopatología _____ 25

Invernaderos y casa sombra.....	27
Campo Experimental	27
<i>Conclusiones</i>	30
CAPÍTULO 3 _____	31
Investigación, vinculación empresarial y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal Subsede Sureste _____	31
<i>Introducción</i>	32
Proyectos y servicios	34
<i>Conclusiones</i>	38
CAPÍTULO 4 _____	39
Publicaciones y propiedad intelectual del área de Biotecnología Vegetal Subsede Sureste _____	39
<i>Introducción</i>	40
Artículos científicos y de divulgación	41
Libros y capítulos de libro.....	49
Variedades, títulos de obtentor, patente.....	54
<i>Conclusiones</i>	56
Capítulo 5 _____	57
Formación de recursos humanos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ _____	57
<i>Introducción</i>	58
Formación de estudiantes a nivel posgrado.....	59
Formación de estudiantes a nivel pregrado	63
<i>Conclusiones</i>	65
Capítulo 6 _____	67

Difusión de los resultados obtenidos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ	67
<i>Introducción</i>	68
Difusión como actividad esencial	68
<i>Conclusiones</i>	79
Capítulo 7	81
Perspectivas de investigación, aporte a la sustentabilidad en Yucatán	81
<i>Introducción</i>	82
Manejo y conservación de la biodiversidad	83
Domesticación, incremento de la diversidad del banco de germoplasma <i>in situ</i> de <i>Jatropha curcas</i> L., y la cadena de valor del cultivo	85
Producción agroalimentaria sustentable	87
Generación y fortalecimiento de redes de investigación	88
<i>Conclusiones</i>	89
Bibliografía	91

CAPÍTULO 1

Biotecnología Vegetal: Conceptos, técnicas y herramientas

López-Puc Guadalupe*, Cano-Sosa Julia del Socorro, Ramos-Díaz Ana, Uc-Vázquez Alberto

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia glopez@ciatej.mx

Resumen

La humanidad actualmente enfrenta un crecimiento demográfico acelerado y por ende existe una explotación indiscriminada de los recursos naturales, lo que plantea el reto de elevar la productividad en el sector agrícola para poder satisfacer la demanda de alimentos. Teniendo en cuenta este panorama, la Biotecnología Vegetal tiene un papel fundamental como apoyo para el cultivo de plantas. En este capítulo se abordan conceptos, técnicas y herramientas de la Biotecnología Vegetal que son utilizadas en especies de plantas para la agricultura y para programas de desarrollo de cultivos.

Palabras clave

Cultivo de células y tejidos vegetales, mejoramiento genético vegetal, tecnologías ómicas, bioinformática.

Introducción

En los inicios de los asentamientos de las civilizaciones el hombre comenzó a requerir de la mejora en los métodos de cultivo, de ahí surge lo que actualmente conocemos como Biotecnología Vegetal, una disciplina que requiere del apoyo de ciencias como la química, la matemática y la biología. La humanidad ha generado conocimiento relacionado al establecimiento y domesticación de cultivos de plantas, entre las prácticas iniciales podemos mencionar el uso de injertos y la propagación por estacas y esquejes, la siembra de semillas, métodos de mejora genética vegetal que iniciaron con la selección de especies de interés. Estas prácticas en un principio carecían de fundamentos científicos, y solo pudieron recibir explicación científica después de que se establecerían la teoría celular moderna y la teoría de la totipotencia celular lo cual fue la clave para la Biotecnología Vegetal, que abrió la puerta a los desarrollos en el campo (Pavlov & Bley, 2018). Otra pieza clave fue el descubrimiento de las hormonas vegetales (Went, 1928) ahora conocidas como reguladores de crecimiento vegetal (Gaspar *et al.*, 2003) lo que permitió el avance en el campo del cultivo de células y tejidos vegetales. Posteriormente comenzaron a publicarse investigaciones relacionadas a la formación de callos y la regeneración de órganos, allanando el camino hacia la micropropagación, el rescate de embriones y las

técnicas de doble haploide, herramientas importantes para el fitomejoramiento moderno.

Actualmente, la Biotecnología Vegetal es reconocida como una herramienta importante tanto para la investigación fundamental como para fines prácticos. Una característica importante es que el desarrollo se lleva a cabo no solo en universidades e instituciones de investigación, sino también en numerosas empresas privadas (Pavlov & Bley, 2018). Entre las herramientas que son fundamentales para la biotecnología vegetal se encuentran los estudios de transformación genética de las plantas mediante *Agrobacterium*, biobalística, nanobalística, CRISPR/Cas9; el uso de Marcadores moleculares para asistir el mejoramiento genético vegetal, y la medición de la variabilidad genética para la detección de patógenos, las tecnologías ómicas y la bioinformática.

Cultivo de células y tejidos vegetales

El cultivo de tejidos y células vegetales (CTV) también conocido como cultivo *in vitro* tiene su base en la teoría celular de Schwann y Schleiden (1838) y a las ideas del Haberlandt, a principios del siglo XX (Thorpe, 2007). La teoría celular describe a la célula como la unidad biológica más pequeña, a la que se le puede considerar totipotente. La totipotencia significa que a partir de cualquier célula vegetal se puede regenerar una planta completa. El CTV se define como el cultivo sobre un medio nutritivo, en condiciones estériles de plantas, semillas, embriones, órganos, tejidos, células y protoplastos de plantas superiores (Pierik, 1987). El CTV puede establecerse utilizando

diferentes tipos de material vegetal y usando diferentes técnicas, algunas ellas están relacionadas con procesos morfogénicos.

Morfogénesis *in vitro*

La morfogénesis significa generación de forma (del griego morphê forma y génesis creación) y es un aspecto fundamental de la biología del desarrollo. La morfogénesis incluye la forma de los tejidos, de los órganos y de los organismos completos y las posiciones de varios tipos de células especializadas, mediante el CTV es posible inducir morfogénesis permitiendo la formación de órganos o plantas completas. También tiene aplicaciones para estudios de botánica básica, bioquímica, propagación, reproducción y desarrollo de cultivos transgénicos (Phillips, 2004).

Los órganos que se utilizan para inducir el proceso de morfogénesis son seccionados eliminando las yemas o puntos de crecimiento. Las respuestas inducidas se conocen como organogénesis (generación de brotes y/o raíces) y embriogénesis somática (generación de embriones) (Phillips, 2004). Los brotes o raíces formados por morfogénesis se denominan adventicios. La morfogénesis tiene aplicaciones en el mejoramiento genético y en la obtención de plantas transgénicas (Pua & Gong, 2004). La morfogénesis *in vitro* se ve afectada por varios factores, como los reguladores del crecimiento vegetal (RCV), el tipo de explante y los factores ambientales como el espectro de luz (dos Reis Oliveira *et al.*, 2020).

La inducción de morfogénesis se ha reportado en diferentes especies de importancia industrial, medicinal y ornamental. Hesami & Daneshvar (2018) reportaron la regeneración de brotes adventicios obtenidos por organogénesis en segmentos de hipocótilo de *Ficus religiosa*. Existen especies en las que se pueden inducir al mismo tiempo organogénesis y embriogénesis somática, por ejemplo, Liang *et al.* (2020) reportaron ambas respuestas en *Scaevola sericea*. El cultivo *in vitro* de tejidos de endospermo se ha considerado un método directo para la producción de poliploides. Antoniazzi *et al.* (2018) reportaron la regeneración *in vitro* de plantas triploides a partir de endospermo maduro del cultivo comercial de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims).

Cultivo de embriones

El cultivo de embriones se utiliza para romper la latencia de las semillas y permite acortar el ciclo de reproducción. Otro término relacionado al cultivo de embriones, pero con diferente propósito, es el rescate de embriones, que se usa para rescatar óvulos completos u ovarios cuando los embriones son débiles (Sharma *et al.*, 1996) o son producto de la cruce de hibridación interespecífica para superar la incompatibilidad. Entre los reportes de cultivo de embriones se encuentran la regeneración de embriones cigóticos de plátano (Uma *et al.*, 2011); recuperación de triploides de cítricos (Xie *et al.*, 2019). En Cassava se generó un método de cultivo de óvulos para inducir embriones y regenerar plantas (Lentini *et al.*, 2020). En la generación de un híbrido interespecífico entre *Trifolium vesiculosum* y *T. alexandrinum* (Kaur *et al.*, 2017); y para la obtención de un híbrido interespecífico entre *Jatropha curcas* y *Jatropha integerrima* (Latour-Gordillo *et al.*, 2019). Khokhar *et al.* (2019) establecieron plantas haploides las cuales se recuperaron mediante el rescate de embriones. Estos haploides

sirvieron para realizar una cruce de trigo × maíz para obtener doble haploides de trigo con la finalidad para reducir la duración del ciclo de cultivo.

Cultivo de semillas

La germinación de semillas se realiza para acortar el ciclo en programas de mejoramiento genético y para la propagación masiva de plantas, este tipo de cultivo se ha realizado principalmente en orquídeas ya que resulta un método muy eficiente para la propagación, ya que no se requiere de micorrizas. Por ejemplo, Utami *et al.*, 2017 reportaron un protocolo de *Dendrobium lasianthera*, una orquídea medicinal en peligro de extinción. Bala *et al.* (2017) realizaron estudios *in vitro* para mejorar la germinación de Jojoba. Justamante *et al.* (2017) germinaron semillas de árbol de argán (*Argania spinosa* (L.) para obtener esquejes para la propagación vegetativa.

Cultivo de meristemos

Los cultivos están expuestos a plagas en cada temporada de crecimiento. El cultivo de meristemos (CM) es un método de limpieza de virus para restaurar altos rendimientos (Buko & Hvoslef-Eide, 2020). El cultivo de meristemos apicales también permite eliminar hongos y bacterias. Las plantas cultivadas por meristemos apicales presentan estabilidad genética, por lo que se pueden almacenar a largo plazo como germoplasma libre de virus (Bhat & Rao, 2020). Un ejemplo de la importancia del CM es el cultivo de fresas, ya que debe realizarse con plantas clonales para garantizar la producción continua de frutos de calidad estable, para ello se estableció un protocolo para la

propagación de fresas a partir de CM (Naing *et al.*, 2019). Reportes recientes de establecimiento de CM para la producción de plantas libres de virus se describen en *Hosta capitata* (Pe *et al.*, 2020); y en plátano (Tchatchambe *et al.*, 2020).

Cultivo de segmentos nodales y ápices de vástago

La propagación vegetativa a través de esquejes de tallos requiere mucho tiempo y no es rentable en muchas especies. Por otra parte, las semillas de las progenies suelen ser heterocigotas y expresan variaciones genéticas indeseables en las poblaciones. En esta condición, el uso del cultivo *in vitro* de segmentos nodales (CSN) y ápices de vástago se utilizan para inducir la ramificación como método para propagar y obtener clones. En plantas ornamentales se ha reportado el uso de CSN y la regeneración *in vitro* (Punyarani & Sharma 2010; Kaur 2017). En plantas para uso alimentario podemos mencionar la propagación *in vitro* de olivo (*Olea europaea* L.) y estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) (Lambardi *et al.*, 2012; Javed *et al.*, 2019). En plantas medicinales, por ejemplo, *Tinospora cordifolia* es planta de importancia medicinal, a partir de la cual se puede obtener berberina utilizando CSN (Mittal & Sharma, 2017).

Cultivo de células en suspensión

El CTV se ha estudiado en gran cantidad de tipos de cultivos que son considerados fuentes potenciales de ingredientes alimenticios. Se han producido suspensiones celulares que acumulan niveles altos de pigmentos alimentarios que pueden ser adecuados para la producción comercial (Stafford, 1991).

En la inducción de morfogénesis se pueden formar callos, éstos pueden ser disociados y las células resultantes se cultivan como células en suspensión. Las células en suspensión se utilizan con la finalidad de clonar plantas, para producir protoplastos y para mantener material en crioconservación y para la biotransformación. Existen aplicaciones novedosas como la síntesis de nanopartículas de oro con células en suspensión de *Catharanthus roseus* (Osibe & Aoyagi, 2019).

Una de las aplicaciones más interesantes es la producción de metabolitos secundarios (MSE), los cuales son necesarios en la defensa de las plantas contra la herbivoría. El hombre aprovecha los MSE para aromatizantes, productos farmacéuticos, agroquímicos, fragancias, colorantes, bioplaguicidas y aditivos alimentarios. Se han estudiado diferentes estrategias con el objetivo de mejorar la producción de MSE en plantas mediante la aplicación de reguladores del crecimiento de plantas (Jamwal *et al.*, 2018).

Cultivo de protoplastos

Un protoplasto es una célula vegetal a la cual se le elimina la pared celular utilizando métodos mecánicos o enzimáticos. Los protoplastos generalmente son aislados del mesófilo de las hojas o de suspensiones celulares. También se pueden aislar de otros tipos de tejidos, como reportaron Wang *et al.*, (2017) en el cual los protoplastos se obtuvieron a partir de polen para la producción de haploides, la fusión celular y estudios de mutación para el mejoramiento de papa (*Solanum tuberosum*).

Los protoplastos tienen la capacidad de resintetizar la pared celular, dividirse y formar colonias siendo útiles para la regeneración de plantas completas o el desarrollo de híbridos somáticos (Cardoza, 2008).

La hibridación de plantas por medio de la fusión de protoplastos es una herramienta con gran potencial para la regeneración de nuevas combinaciones genéticas entre especies sexualmente incompatibles (Cocking, 1979).

Cultivo *in vitro* de anteras y microsporas

La finalidad del cultivo *in vitro* de anteras y microsporas (CAMI) es producir plantas haploides y doble-haploide que son útiles para producir líneas homocigotas en una generación y de esta manera acelerar el mejoramiento de plantas y la investigación aplicada. Los haploides son también importantes para estudiar la reproducción de plantas y la secuenciación del genoma (Wang *et al.*, 2018).

Estos métodos se aplican comúnmente en especies de cereales. Reportes recientes de CAMI se realizaron en genotipos de trigo, garbanzo, kiwi y berenjena (Lantos *et al.*, 2018; Abdollahi & Rashidi, 2018; Wang *et al.*, 2018; Calabuig-Serna *et al.*, 2020). El CAMI puede realizarse para obtener haploides y doble-haploide con la finalidad de inducir mutaciones y creación de plantas masculinas. También son de utilidad para realizar una evaluación rápida de líneas transgénicas para conocer su función genética y evaluar sus características (Ohnoutková & Vlčko, 2020).

Cultivo de óvulos no fertilizados

Las plantas haploides son importantes en las disciplinas de investigación como la Biotecnología Vegetal, la genética molecular y el fitomejoramiento tradicional. Proporcionan información útil sobre la recombinación y el control genético del emparejamiento cromosómico. La haploidía acelera el proceso de reproducción aumentando así el rendimiento del cultivo (Basu *et al.*, 2011).

La obtención de haploides mediante cultivo *in vitro* de óvulos, ovarios o botones florales no polinizados se utiliza para obtener líneas homocigotas en menor tiempo comparado con los métodos convencionales en especies como cebolla, trigo, pepino, remolacha, tapioca y *J. curcas* L. (Campion *et al.*, 1992; Basu *et al.*, 2011; Sorntip *et al.*, 2017; Pazuki *et al.*, 2018; Lentini *et al.*, 2020, López-Puc *et al.*, 2021).

Transformación genética de las plantas: *Agrobacterium*, biobalística, nanobalística, CRISPR/Cas9

Transformación genética de las plantas

Desde hace varias décadas se ha propuesto la transformación genética como una forma rápida para modificar las características morfológicas de un organismo. Las técnicas de transformación genética de plantas podemos clasificarlas como directas y las basadas en vectores, con respecto al proceso de introducción del ADN transgénico al organismo hospedero (Figura 1). La transformación genética directa se refiere a la

introducción directa de ADN transgénico a una célula vegetal, siendo la técnica más utilizada en la biobalística y la de vectores biológicos utiliza *Agrobacterium tumefaciens*.

La transformación genética por medio de biobalística puede transformar a cualquier célula totipotente vegetal, a partir de la cual se pueden crear líneas celulares, tejidos o plantas completas. También es un método adecuado para transformación de ADN plasmídico. Sin embargo, tiene la desventaja de que la transformación puede ser transitoria, y genera plantas quiméricas, adicional al requerimiento de equipo costoso y al alto número de eventos de transformación por célula (Sanford, 1990).

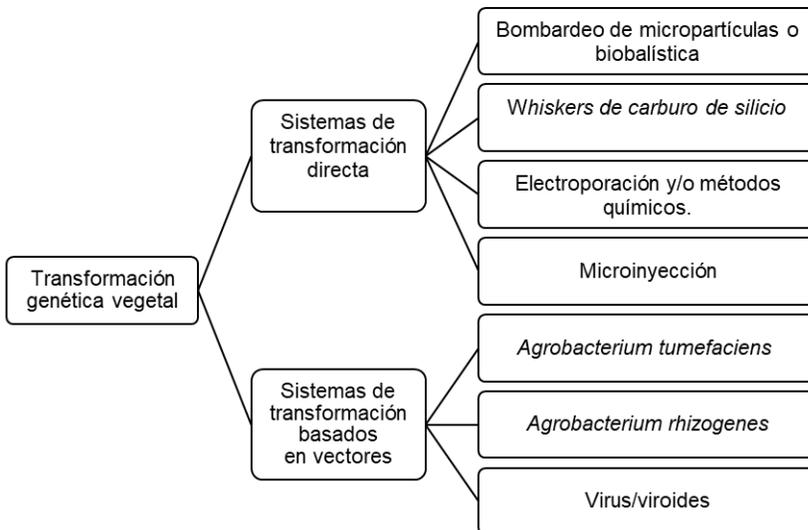


Figura 1. Clasificación de métodos de transformación genética vegetal.

Por otra parte, el método de transformación basado en vectores más estudiado y utilizado es a través de *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria patogénica de plantas, que es capaz de incorporar una región de ADN del plásmido Ti de la bacteria, al genoma de la planta. Este sistema no requiere de equipos especializados, es económico y se limita el número de eventos de transformación por célula. Dentro de las limitaciones de esta técnica es la dificultad de algunas especies vegetales para lograr la regeneración de callo a una planta completa. Superando algunos obstáculos, el sistema de transformación con *A. tumefaciens* se ha modificado y actualizado.

Los métodos de introducción de ADN transgénico a las plantas se han actualizado para el uso de sistemas de transformación más definidos como el “Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR)-associated protein 9 (Cas9) systems” este sistema de transformación permite ediciones genéticas específicas. El sistema CRISPR/Cas9 es basado en el sistema inmunológico de las bacterias adaptado a sistemas eucarióticos incluyendo plantas (Xing *et al.*, 2014, Svitashhev *et al.*, 2016), cuyo principio es la interacción ARN-ADN para la búsqueda de la secuencia genómica (objetivo) (Xingliang *et al.*, 2015).

Marcadores moleculares para asistir el mejoramiento genético, y la medición de la variabilidad genética para la detección de patógenos

Un marcador molecular (MM) es un carácter que debido al ligamiento puede utilizarse para indicar o identificar la presencia de una secuencia particular en un conjunto de material genético

desconocido, a la fecha se utilizan comúnmente junto con los marcadores morfológicos en los programas de mejoramiento genético vegetal, pues permiten conocer de manera precisa la diversidad y la relación genética intraespecífica y poblacional, así que su empleo ayuda a la selección rápida de accesiones útiles para un mejoramiento genético.

Los principales MM utilizados en plantas son: AFLP, RFLP, ISSR, RAPD (Solís & Andrade, 2005; Azofeita-Delgado, 2006). La principal ventaja de los MM comparado a los morfológicos se debe a que los MM ligados a genes de interés agronómico pueden ser utilizados para la selección genotípica en las primeras etapas del crecimiento vegetal, evitando el manejo de miles de plantas para la selección fenotípica bajo condiciones de campo o en invernadero (Masuelli, 1999).

Los MM también han sido utilizados para caracterización e identificación de patógenos, los más utilizados para este fin son los AFLP y RFLPs para la identificación de los principales grupos de fitoplasmas, virus y nematodos. Sin embargo, a la fecha debido a la reducción de costos de la secuenciación genética, estas metodologías son poco utilizadas.

Tecnologías ómicas y la bioinformática en la Biotecnología Vegetal

En la actualidad se estiman que existen en el mundo cerca de 500,000 especies plantas y quizá haya más especies que aún no conocemos. Hay especies de plantas que se encuentran en riesgo o peligro de extinción, incluso existe el riesgo de que

muchas se extingan antes de conocerlas, por lo tanto, es necesario describirlas y tratar de mantenerlas. Para describir las especies de forma masiva existen las tecnologías denominadas ómicas y la bioinformática, las cuales son herramientas que permiten conocer y estudiar la gran diversidad de especies a nivel mundial (Corlett, 2016; Garavito *et al.*, 2017).

Las tecnologías ómicas y la bioinformática permiten realizar análisis a nivel genómico, transcriptómico, proteómico metabolómico y metagenómico. Las tecnologías ómicas son herramientas rápidas y de bajo costo que son importantes en la Biotecnología Vegetal ya que, a través del uso de la genómica y transcriptómica comparativa, la filogenómica, y la selección asistida por MM es posible identificar, conocer la expresión, estructura y función de los genes de interés, en los procesos de selección y modificación genética para el mejoramiento de cultivos (Botero & Arias 2018).

La bioinformática se ha enfocado al análisis y la creación de bases de datos biológicos, así como la predicción de las estructuras proteicas y esto va de la mano con el avance y desarrollo de las tecnologías ómicas. Un ejemplo de esto es la *National Center of Biotechnology Information (NCBI)* una de las bases de información más importantes y utilizadas a nivel mundial (Alcalde-Alvites, 2016). La bioinformática ha permitido el análisis de datos generados para utilizar esa información en el mejoramiento genético de plantas como apoyo para enfrentar los retos actuales en el sector agrícola, para el fitomejoramiento y la ingeniería genética de plantas, también permite comprender los procesos y mecanismos para obtener plantas con mayor tolerancia a diferentes condiciones de estrés abiótico y resistencia al ataque de patógenos, así como desarrollar cultivos

con mejor calidad nutricional de semillas y frutos. Es importante mencionar que dentro de los objetivos clave de la bioinformática en el área vegetal está fomentar que los datos de las secuencias sean del dominio público para proporcionar información de los genes, las proteínas y los fenotipos entre las plantas, así como la relación entre plantas y otros organismos.

Otro ejemplo del uso de las tecnologías ómicas y la bioinformática en el campo de la Biotecnología Vegetal es el análisis de compuestos volátiles de plantas, de hecho, esta técnica quizá sea la forma más antigua de lo que ahora conocemos como análisis "metabolómico" que es una tecnología ómica. Una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles se han podido recolectar simultáneamente de las plantas ya que las técnicas de análisis en la actualidad son más rápidas y sensibles y el análisis de estos compuestos con la ayuda de la bioinformática arroja información que apoya a la comprensión ecológica y evolutiva de estos compuestos así como su relación en interacciones planta-insecto y la obtención de plantas modificadas en genes cuyos productos están implicados en rutas de síntesis de compuestos volátiles (Van Dam *et al.*, 2008).

Conclusiones

La Biotecnología Vegetal puede ser utilizada para incrementar la calidad y cantidad de productos y subproductos que se pueden obtener a partir de las plantas. Es tal su impacto que algunos países basan su economía en la agricultura como es el caso de los países bajos, siguiendo este modelo resulta de vital importancia fomentar la aplicación de métodos biotecnológicos

que permitan mejorar los rendimientos y por ende las ganancias del campo mexicano.

CAPÍTULO 2

Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ Subsede Sureste

López-Puc Guadalupe*, Cano-Sosa Julia del Socorro, Ramos-Díaz Ana, Uc-Vázquez Alberto

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia glopez@ciatej.mx

Resumen

El Laboratorio de micropropagación y mejoramiento genético del área de Biotecnología Vegetal CIATEJ Subsede Sureste está conformado por áreas equipadas que permiten desarrollar estudios de cultivo de células y tejidos vegetales, biología molecular, fitopatología, mejoramiento genético. También se tienen invernaderos, casa sombra y cultivos en campo en un área experimental que son parte fundamental de los trabajos de investigación. Esta infraestructura y equipamiento se ha logrado con recursos de Fondos públicos y recursos autogenerados. Los trabajos de investigación y desarrollo que se realizan en el

laboratorio han contribuido a la generación de conocimiento, formación de recursos humanos, apoyo a los productores, así como a pequeñas, medianas y grandes empresas agrícolas.

Palabras clave

Cultivo de células y tejidos vegetales, Fitopatología, Biología molecular, mejoramiento genético vegetal

Introducción

La Subsele Sureste del Centro de Investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco A:C (CIATEJ) se fundó en Julio de 2002. A principios del año 2008 el CIATEJ concibió la idea de la creación de la Maestría en Ciencias de la Floricultura (MCF). Con el objetivo que la MCF tuviera presencia en el Sureste de México, el CIATEJ en abril de 2008 contrató investigadores para desarrollar el área de Biotecnología Vegetal. En 2008 se registró la MCF en trabajo conjunto de investigadores de Biotecnología Vegetal de CIATEJ Guadalajara y Sureste. En sus inicios las actividades de investigación y docencia del área Biotecnología Vegetal se realizaron en las instalaciones de la Subsele Sureste de CIATEJ que se encontraban dentro de la CANACINTRA. En la impartición de clases de posgrado en la MCF se contó con la colaboración de profesores del Instituto Tecnológico de Conkal, el Centro de Investigación Científica de Yucatán y la Universidad Autónoma de Yucatán. Posteriormente CIATEJ Sureste se cambió al Parque Científico y Tecnológico de Yucatán (PCTY) ubicado en la carretera Sierra Papacal – Chuburná Puerto Km 5.5. en el

Tablaje No. 3164. El Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético que se construyó en las instalaciones del Parque Científico y Tecnológico de Yucatán (PCTY) tiene la finalidad de realizar actividades de investigación en Biotecnología Vegetal que incluye las sublíneas: 1) Mejoramiento genético, 2) Micropropagación de especies vegetales y 3) Fitopatología.

Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético

El Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético cuenta con una superficie de construcción efectiva de 315 m² (Figura 1). Los espacios disponibles para las actividades de investigación y desarrollo son las áreas 1) Común de preparación, 2) Esterilización, 3) Siembra y establecimiento de cultivos *in vitro*, 4) Biología molecular, 5) Fitopatología, 6) Cuarto de oscuridad total y cuarto de fotoperíodo para el cultivo *in vitro* de plantas, 7) Aduana, 8) Sanitarios y 9) área de máquinas.



Figura 1. Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento genético, Biotecnología Vegetal, CIATEJ A.C., Subsede Sureste. (Fuente: López-Puc Guadalupe).

Cultivo de células y tejidos vegetales

Los estudios y el establecimiento de CTV requieren del uso de varias áreas (Figura 2), ya que se siguen una serie de pasos, que implican pesaje y preparación de reactivos, almacenamiento de muestras, ajuste de pH, calentamiento y agitación de soluciones, todas estas actividades se realizan en el área común de preparación. Una vez sembrados los cultivos *in vitro* deben ser establecidos en condiciones estériles, por lo que los medios de cultivo y todos los materiales de laboratorio se esterilizan en autoclaves. La obtención de explantes y la siembra de cultivos se lleva a cabo en campanas de flujo laminar, para lo cual se cuenta con un espacio destinado para realizar la siembra en

condiciones estériles. Los cultivos *in vitro* se incuban y se mantienen en cuartos con temperatura controlada que tienen lámparas LED para suministrar la luz requerida por los cultivos (Figura 3). Hay una cámara para los cultivos que requieren ser incubados en condiciones de oscuridad total, y una cámara para cultivos que se desarrollan en condiciones de fotoperiodo, las condiciones de fotoperiodo se controlan con temporizadores instalados en cada anaquel. Ambas áreas cuentan con equipos de aire acondicionado para mantener la temperatura requerida para el desarrollo y mantenimiento de los cultivos. También se cuenta con equipos de deshumidificadores para eliminar el exceso de humedad en los cuartos de cultivo *in vitro* y termohigrómetros para el control y monitoreo diario de humedad y temperatura.

Estudios relacionados al CTV

A modo de resumen de los resultados de investigación mediante el CTV se han generado protocolos para formar brotes para ser encapsulados para la obtención de semillas sintéticas de orquídeas, se han generado protocolos de germinación de semillas de orquídeas, Ipomeas, *J. curcas*, híbridos interespecíficos e híbridos de Eustoma. La propagación clonal mediante siembra de segmentos nodales se ha realizado en especies como *J. curcas* y crisantemo. Los estudios de morfogénesis para establecer protocolos de propagación se han realizado en orquídeas, anturios, *J. curcas* y crisantemo (López-Puc, 2013, López-Puc *et al.*, 2017, Mota Narvaez *et al.*, 2018, Herrera-Cool *et al.*, 2019 a, 2019 b). Con fines de mejoramiento genético se ha realizado el cultivo *in vitro* de óvulos en diferentes variedades y accesiones de *J. curcas* para generar protocolos de ginogénesis para obtener plantas haploides y doble haploide

(Lopez-Puc *et al.*, 2021). También se ha realizado el rescate de embriones en híbridos interespecíficos de *J. curcas* x *J. integerrima* (Latour-Gordillo *et al.*, 2019). Parte de la contribución a la conservación del acervo genético se centra también en que desde hace 10 años se mantiene un banco de germoplasma *in vitro* de orquídeas nativas de Campeche con fines de conservación *ex situ*.



Figura 2. Cultivo de células y tejidos vegetales. A) Área de campanas de flujo laminar B) Área común de preparación, C) Área de autoclaves. (Fuente: López-Puc Guadalupe).



Figura 3. Cuartos de cultivo *in vitro* para la incubación y mantenimiento de los cultivos. (Fuente: López-Puc Guadalupe).

Área de biología molecular

El área de biología molecular es un espacio donde se encuentra los equipos para el desarrollo de técnicas relacionadas con la genética de los organismos (Figura 4). En el laboratorio se han desarrollado técnicas para la descripción genética, marcadores moleculares, identificación de microorganismos, dinámica poblacional, metagenómica, estudio de haploidía, entre otras.

En esta área se encuentran equipos como termocicladores punto final y tiempo real, equipo de electroforesis, fotodocumentador de geles, citómetro de flujo, hornos de hibridación, espectrofotómetros, campana de bioseguridad, cámara de cultivo, DGGE, fluorómetro, centrifugas, entre otros.



Figura 4. Área de biología molecular. (Fuente: Ramos-Díaz Ana).

En los últimos años el área se ha desarrollado más de 17 proyectos de investigación y desarrollo, en vinculación con empresas y de fondos públicos con vinculación. Entre los que podemos mencionar el Mejoramiento genético de *Jatropha curcas* para generar al menos una variedad con alto rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiesel, vinculado con agroindustria del sureste, la responsable técnica fue la Dra. Guadalupe López Puc; el proyecto de Estudios Moleculares y bioquímicos para la modificación de las rutas de biosíntesis de las antocianinas en crisantemo, vinculado la Universidad Autónoma del estado de México, el responsable técnico fue el Dr. Alberto Uc, el proyecto de ciencia de frontera denominado Cambios metabólicos y el sistema de transducción de señales asociados a la interacción de *Capsicum chinense* con *Phytum* sp. cuyo responsable técnico en CIATEJ fue la Dra. Ana Ramos Díaz y estuvo vinculado con el CICY en donde la dirección Técnica general del proyecto fue por parte de la Dra. Teresa Hernández Soto Mayor y Proyecto de infraestructura Científica denominado Fortalecimiento de las capacidades del Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético Vegetal de la Unidad Sureste del

CIATEJ para la investigación con OGM y proyecto de fortalecimiento y formación de recursos humanos titulado Fortalecimiento de los programas de posgrado de la Unidad Sureste del CIATEJ a través del fomento a la formación de recursos humanos en el desarrollo de actividades científicas y tecnológicas de las líneas de investigación de la unidad, ambos bajo la dirección técnica de la Dra. Julia Cano Sosa.

Otra aportación del área es la formación de recursos humanos: como los graduados de doctorado: Gilbert José Herrera Cool (2019) y Juan Ubaldo Sánchez Velázquez (2018). Los graduados de maestría: Silvia Margarita Pérez Carrillo (2019), Juan Jorge Latour Gordillo (2020), Yulemne Zarate Díaz (2020), Cynthia Isabel Briceño Santiago (2018), Diana Conrado García (2018), Vittorio Castellanos Ojeda (2018) Luis Alberto Mota Narváez (2018), Jade Pereyda González (2017), Francisco Chí Sánchez (2017) y Yuritza Nayarit Cruz (2016).

Área de fitopatología

En el área de fitopatología (Figura 5) se trabaja desde los aspectos básicos para el manejo de patógenos como el aislamiento, diagnóstico e identificación de los fitopatógenos causantes de enfermedades en plantas; a través del uso de metodologías de diagnóstico tradicional como claves taxonómicas para la identificación de hongos, nematodos y bacterias, así como la utilización de técnicas moleculares como la PCR, RT-PCR, qPCR para la amplificación y secuenciación de fragmentos de genes que permitan la identificación específica de virus, viroides, fitoplasmas y otros patógenos que afectan los cultivos de la región.

En el área de Fitopatología también se apoya la selección y caracterización de cultivos agrícolas en campo, mediante estudios epidemiológicos que permitan conocer el comportamiento espacial y temporal de las enfermedades, y su relación con los factores ambientales que modifican la incidencia y severidad de la enfermedad en los diferentes hospedantes, a fin de establecer las bases para el manejo integral de los problemas fitopatológicos de los cultivos en la región.

Finalmente se apoya con la caracterización de patógenos y microorganismos antagonistas a través de pruebas de antagonismos, sensibilidad *in vitro*, *ex vitro* y en campo de los patógenos a productos químicos, aceites esenciales, extractos vegetales y demás compuestos con potencial para el control, manejo e incluso aprovechamiento de los patógenos.

De esta manera el área de fitopatología apoya a los productores, así como a pequeñas, medianas y grandes empresas agrícolas en el manejo fitosanitario de los cultivos, a través del uso de estrategias tradicionales, innovadoras y ecológicamente viables que permitan disminuir las pérdidas por enfermedades, mejoren los rendimientos de los cultivos e incrementen como consecuencia la rentabilidad de los cultivos agrícolas en beneficio de todos los productores del sector.



Figura 5. Área de fitopatología. (Fuente: López-Puc Guadalupe).

Invernaderos y casa sombra

Como parte de la infraestructura con la que cuenta el laboratorio de Micropropagación y mejoramiento genético vegetal contamos con dos naves de invernadero cenital tropical de 1305.6 m², cada nave con espacio de 652.8 m², en donde se han realizado trabajos de investigación tanto de ciencia básica como aplicada y en colaboración con empresas (Figura 6). La infraestructura fue adquirida a través de proyecto titulado Fortalecimiento de Las capacidades del Laboratorio de Micropropagación y Mejoramiento Genético Vegetal de la Unidad Sureste del CIATEJ para la investigación con OGM con financiamiento por el CONACYT fondo I0027-2015-01 apoyo complementario 2015 para infraestructura relacionada con seguridad, bioseguridad y certificación de laboratorio.

Campo Experimental

La plantación experimental tiene una superficie de 4050 m² en la que se tiene establecido accesiones y variedades de *Jatropha curcas* L. (Figura 7), esta especie en los últimos años cobro especial importancia debido a que las semillas que produce tienen aproximadamente 40% de aceite que puede ser convertido a biodiesel, además esta especie posee otras características que la hacen atractiva para ser utilizada comercialmente. Hasta el año 2020, en México se tenían registradas 26 variedades de *J. curcas* en el SNICS, 15 de ellas se encuentran en la plantación experimental de CIATEJ Subsede Sureste. De las 15 variedades registradas por el CIATEJ en el CNVV Dos de ellas tienen Título de obtentor, Sikilte y Ochkan con números de registro 2407 y 2308 respectivamente. Estas variedades de *J. curcas* L. fueron generadas en un proyecto que se realizó de 2012-2018, el proyecto realizado fue Mejoramiento genético de *Jatropha* para generar al menos una variedad con alto rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiésel-163502. El proyecto fue financiado por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT.



Figura 6. Cultivo de plantas en Invernadero en la Subsede Sureste del CIATEJ. (Fuente: Ramos-Díaz Ana).



Figura 7. Campo experimental con variedades de *J. curcas* L. en la Subsede Sureste del CIATEJ.

Conclusiones

A largo de más de 12 años de trabajo, servicio y colaboración del grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ conformado por las Dras. Ana Ramos Díaz, Guadalupe López Puc, Julia Cano Sosa y el Dr. Alberto Uc Varguez. Se ha fortalecido la formación de recursos humanos en el área contribuyendo con el fomento de los posgrados en CIATEJ, se reforzó la infraestructura, equipamiento y espacio físico mediante proyectos de fondos y propios para el adecuado desempeño de actividades de investigación que ha permitido expandir las capacidades científico-tecnológicas de las áreas de trabajo. Los integrantes del área de Biotecnología Vegetal han fortalecido las capacidades para abordar temas representativos de relevancia estatal y nacional.

CAPÍTULO 3

Investigación, vinculación empresarial y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal Subsede Sureste

Uc-Vázquez Alberto*, López-Puc Guadalupe, Cano-Sosa Julia del Socorro, Ramos-Díaz Ana

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5, Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia auc@ciatej.mx

Resumen

El grupo de Biotecnología Vegetal en la Subsede Sureste del CIATEJ, desde sus inicios en el 2008 hasta el 2020, ha desarrollado múltiples estudios de investigación básicos y aplicados financiados por diversos fondos públicos. Por otro lado, también se ha vinculado con el sector empresarial de la región, de manera que una parte importante de los proyectos que el grupo ha realizado han sido financiados por empresas del sector agropecuario establecidos en el país. Otras actividades de vinculación que realiza el grupo de Biotecnología Vegetal en favor de los productores son servicios de consultoría que ofrece en diversos temas agrícolas. Una síntesis de los proyectos y servicios que ha otorgado el grupo se describen en este capítulo,

así como las instituciones con los que se ha asociado desde sus inicios a la fecha, para desarrollar los diversos proyectos que ha planteado, en beneficio de los productores de cada una de las cadenas productivas donde se ha involucrado.

Palabras clave

Proyectos de investigación, servicios y consultoría

Introducción

La generación del conocimiento por parte de los centros de investigación y su difusión a los sectores productivo y social, son un factor importante para el desarrollo de un país, puesto que son un elemento decisivo para mejorar la economía y el bienestar de una población (Pérez, 2013). Por su puesto que, la generación del conocimiento y su transferencia por sí solos no son suficientes, ya que deben estar combinados con muchos otros factores agrupados en un sistema de innovación. Así que, resulta importante mencionar que en la actualidad la investigación científica está estrechamente unida al interés de aplicación con fines económicos o de otro tipo. Prueba de ello es la información que presentamos con relación a los trabajos que ha desarrollado en la Subsede Sureste del Centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco A.C. (CIATEJ), específicamente el área de Biotecnología Vegetal.

La Subsele Sureste del CIATEJ, tiene una influencia en prácticamente todos los estados del sureste del país, tal como lo muestran los proyectos que el grupo de Biotecnología Vegetal ha desarrollado a lo largo de sus 12 años de creación (Figura 1). Los estados de la república mexicana en los cuales incide el trabajo del grupo son en Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Tabasco y Chiapas. Adicionalmente se ha trabajado en Morelos, Puebla, estado de México y Jalisco.



Figura 1. Estados de la república mexicana en los que se han realizado trabajos (Color amarillo) de investigación y/o consultoría.

Proyectos y servicios

El número de proyectos y servicios que han sido desarrollados por el grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste se pueden ver en la gráfica de la Figura 2. En donde se presenta los proyectos financiados por Fondos públicos y por fondos propios. También se incluye información de proyectos en los cuales un investigador del área de Biotecnología Vegetal es colaborador, además este proyecto no es reportado por ningún otro miembro de la Subsele del CIATEJ, por lo que se evita la duplicidad en el reporte.

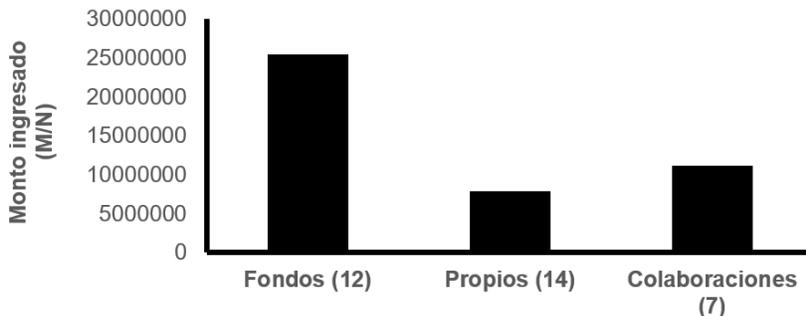


Figura 2. Monto y número total de proyectos dirigidos y servicios realizados en el periodo 2009 al 2020 por el grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ. (Gráfica construida con datos proporcionados por todos los integrantes del grupo de BV).

Las cadenas de productivas en los cuales se ha trabajado son: cítricos, miel (*Apis mellifera*, *Melipona beecheii*), cacao, cafeto, hortalizas mayores y menores (Chile habanero, tomate, cilantro, cebollín, rábano, cebolla cambray, perejil y albahaca), plantas

ornamentales como Orquídeas, crisantemo, nardo, gladiolo y anturio.

Los proyectos que fueron desarrollados en el periodo del 2009 al 2020 se distribuyen anualmente como se observa en la gráfica de la Figura 3. Con una media de 2.16 proyectos desarrollados por año, ya sea de proyectos financiados con recursos provenientes de Fondos públicos o mediante recursos propios. Es importante aclarar que los proyectos y servicios financiados en parte o en su totalidad por empresas del sector agrícola se incluyen en el rubro de financiamiento con recursos propios. También se precisa que los proyectos graficados y presentados en la Figura 3, se realizó considerando únicamente la fecha de inicio del proyecto independiente de que su duración sea por uno, dos o varios años. De esta manera podemos afirmar que, en los 12 años de actividades del área de Biotecnología Vegetal del sureste, solo en el año 2008 y 2013, no se inició un proyecto nuevo. Por otro lado, algunos proyectos tuvieron duraciones de 4, 5 y hasta 7 años.

El total de recursos ingresados anualmente por concepto de proyectos o servicios se desglosa en la gráfica de la Figura 4. En la cual se observa que el año 2012 fue el año en la cual se registró el mayor ingreso recursos (cercano a 16 millones de pesos). Finalmente, las instituciones de investigación y de educación con los cuales se ha colaborado para el desarrollo de uno o más proyectos se detallan en la Tabla 1.

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México

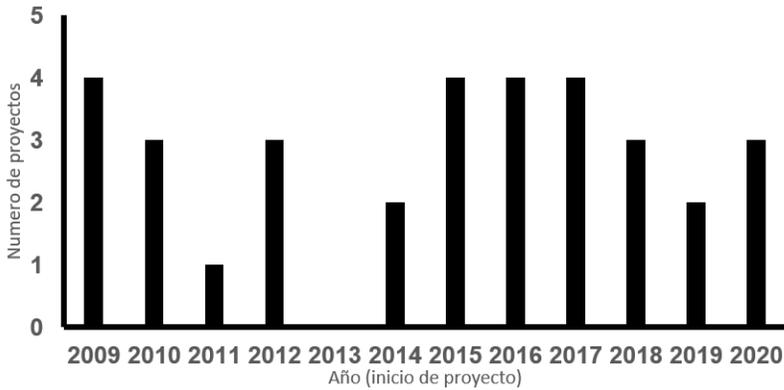


Figura 3. Número de proyectos desarrollados por el grupo de Biotecnología Vegetal (GBV) de la Subsele Sureste del CIATEJ en el periodo del 2009 al 2020. (Gráfica construida a partir de datos proporcionados por los integrantes del grupo de BV).

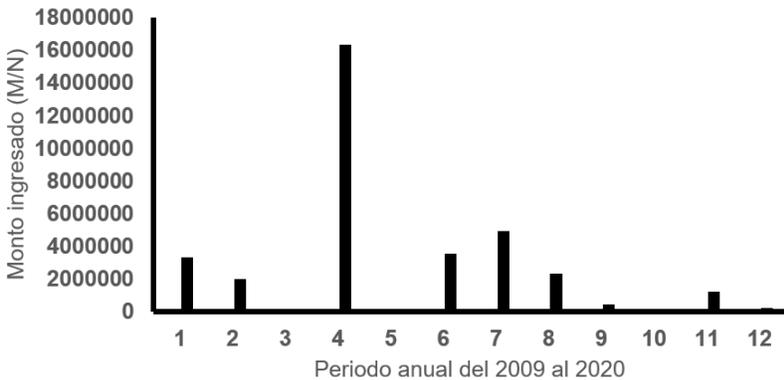


Figura 4. Total de recursos ingresados anualmente al CIATEJ Subsele Sureste, por concepto de proyectos desarrollados por personal de grupo de Biotecnología Vegetal en el periodo del 2009 al 2020.

Tabla 1. Instituciones de investigación y de educación superior con los que se ha colaborado en uno o más proyectos en el periodo del 2009 al 2020

Nombre de la institución	Estado	Perfil
Centro de Investigación científica de Yucatán	Yucatán	Centro de público de investigación
Universidad Autónoma de Yucatán (Hideyo Noguchi)	Yucatán	Centro de investigación
Universidad autónoma de Yucatán (FQ, FIQ).	Yucatán	Instituto de educación
Instituto Tecnológico Nacional campus Conkal Yucatán	Yucatán	Instituto de educación
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y pecuarias estaciones experimental Mococho	Yucatán	Centro de investigación
Universidad Autónoma del estado de México	Estado de México	Instituto de educación
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y pecuarias estación experimental el Tormento y Edzná	Campeche	Centro de investigación
Colegio de Posgraduados Campus Campeche	Campeche	Centro de investigación
Comité estatal de sanidad vegetal de Campeche	Campeche	Organización del gobierno federal y estatal
Centro de estudios en desarrollo sustentable y aprovechamiento de la vida silvestre de la Universidad Autónoma de Campeche	Campeche	Instituto de educación

Universidad Campeche	Autónoma	Campeche	Instituto de educación
Universidad Autónoma de México	Nacional	Yucatán	Centro de investigación y de educación
Universidad de Florida		Florida USA	Centro de investigación
Comité estatal de Sanidad Vegetal de Chiapas		Chiapas	Organización del gobierno federal y estatal
Universidad de Florida		Florida USA	Centro de investigación
Rothamsted Research		Reino unido	Centro de investigación

Conclusiones

El área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste ha contribuido desde sus inicios en la búsqueda de solución de problemas de importancia local, regional y nacional, a través de una serie de proyectos y servicios que ha desarrollado en las diversas cadenas productivas, así como su asociación con varios centros públicos de investigación e instituciones de educación superior. Sin embargo, es posible que en el futuro la consolidación del grupo ocurra a través de la búsqueda de nuevos y más colaboradores nacionales e internacionales que permitan la búsqueda de soluciones de forma rápida y efectiva de manera que se contribuya con el desarrollo económico del país, así como al bienestar de la sociedad en su conjunto.

CAPÍTULO 4

Publicaciones y propiedad intelectual del área de Biotecnología Vegetal Subsede Sureste

Uc-Vázquez Alberto*, López-Puc Guadalupe, Cano-Sosa Julia del Socorro, Ramos-Díaz Ana

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Subsede Sureste. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia auc@ciatej.mx

Resumen

En el periodo del 2008 al 2020, el grupo de Biotecnología Vegetal en la Subsede Sureste del CIATEJ ha publicado 5 libros, 17 capítulos de libro y 41 artículos científicos y de divulgación sobre los resultados de investigación en temas diversos del mejoramiento genético vegetal, la micropropagación y cultivo de tejidos vegetales, así como el manejo fitosanitario de cultivos como Chile habanero, Cilantro, Cítricos, Orquídeas, Crisantemo, Gladiolo, Anturio, Eustoma, *Jatropha curcas* y diversos tópicos de la apicultura. Es importante mencionar que parte de la información obtenida en los trabajos de investigación ha sido protegida a través de una patente, 2 títulos de obtentor de nuevas variedades vegetales y 15 registros de variedad en el IMPI, SNICS y CNVV respectivamente. Un listado de los

artículos publicados, así como una breve descripción de la propiedad intelectual protegida en el periodo, por miembros del grupo de Biotecnología Vegetal se presenta en este capítulo.

Palabras clave

Artículos científicos, Patentes, Títulos de obtentor, Variedades vegetales

Introducción

El grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste, desde el 2008 que inició sus actividades ha trabajado en diversos proyectos financiados por fondos institucionales o por empresas del sector agropecuario, a partir de los cuales se han generado una serie de publicaciones entre los que sobresalen artículos científicos arbitrados, artículos de divulgación, libros y capítulos de libro. Toda esta información permite difundir el conocimiento generado a investigadores, técnicos, estudiantes y productores de manera que la información puede ser utilizada por los diferentes sectores de la sociedad académica, científica y en beneficio de la sociedad en general. Además, parte del conocimiento generado ha sido protegido a través de una patente, dos títulos de obtentor y 15 registros de variedad, los cuales están disponibles para los sectores industrial y productivo.

Artículos científicos y de divulgación

La publicación de artículos científicos ha permitido generar conocimiento en las diferentes sub-líneas de investigación que tiene el área de Biotecnología Vegetal. El listado completo de publicaciones generadas se muestra en la Tabla 1.

En la sub-línea de Micropropagación se efectuaron estudios de morfogénesis y regeneración de plantas de anturio (López-Puc *et al.*, 2017), este protocolo tiene aplicaciones para fines de propagación masiva de esta especie de alto valor comercial entre las ornamentales, así como también se puede utilizar como método de regeneración de plantas transformadas genéticamente. Entre las contribuciones con fines de conservación se publicó un protocolo para la conservación *in vitro* de la orquídea *E. chlorocorymbos* SHLTR (López-Puc., 2013), este protocolo ha demostrado su eficiencia hasta la fecha para el mantenimiento de orquídeas. La germinación *in vitro* de orquídeas se ha estudiado, se reportaron protocolos de micropropagación de *L. rubescens* Lindl. y *Bletia purpurea* (Lam) (Mayo-Mosqueda *et al.*, 2020; Conrado-García *et al.*, 2019). El protocolo de germinación *in vitro* de *Ipomoea carnea* Jacq fue reportada por Castellanos-Ojeda *et al.*, 2018. En *J. curcas* L. se estableció un protocolo de organogénesis indirecta y se realizó la optimización de la inducción *in vitro* de brotes adventicios utilizando la metodología de superficie de respuesta (Herrera Cool *et al.*, 2019 a y 2019 b). Se realizó la optimización de uso de reguladores de crecimiento durante la organogénesis de *B. purpurea* (Lam.) (Yah-Chulim *et al.*, 2012). La regeneración *in vitro* y la transformación genética fue reportada en crisantemo (Cruz *et al.*, 2016).

En la sub-línea de Mejoramiento genético se han realizado diferentes investigaciones. En *Eustoma* se determinó la variabilidad morfológica de híbridos de obtenidos de cruza interespecíficas entre *E. grandiflorum* x *E. exaltatum* (Zarate-Díaz *et al.*, 2020). En *J. curcas* L. se determinó el perfil de ácidos grasos en aceite para su uso como descriptor varietal (Sánchez-Velázquez *et al.*, 2020). Se evaluaron los caracteres morfológicos como descriptores para la diferenciación entre accesiones de *J. curcas* (Sanchez-Velázquez *et al.*, 2020). Se estudió la diversidad de parentales seleccionados de *J. curcas* y su descendencia (Sánchez-Velázquez & Ramos-Díaz, 2018). Se estudió el comportamiento de la diversidad genética de cruza F1 de *J. curcas* (Sánchez-Velázquez *et al.*, 2018). La evaluación de la diversidad fenotípica en accesiones americanas de *J. curcas* fue reportada por Aguilera-Cauich *et al.* (2015). En crisantemo se estudiaron los principales factores que afectan la transformación genética mediante *Agrobacterium tumefaciens* (Sánchez- Velázquez *et al.*, 2016).

En la sub-línea de fitopatología se estudió la respuesta de un injerto de *C. chinense*-*C. annuum* var. *glabriusculum* al Begomovirus en campo (Navarrete-Mapen *et al.*, 2020). En plantas de chile habanero (*C. chinense*) se realizó el aislamiento y caracterización de un oomiceto patógeno en plantas (Pérez-Carrillo *et al.*, 2019); se caracterizaron los compuestos de raíces y hojas provenientes de plantas infectadas con *Pythium* (Herrera Pool *et al.*, 2019). En *J. curcas* L. se realizó el estudio y el comportamiento espacio temporal de la pudrición de raíz en plantaciones de *J. curcas* y se estudió la dinámica espacio temporal de poblaciones de piojo harinoso (Uc-Varguez *et al.*, 2017; Góngora-Canul *et al.*, 2018). Se realizó la detección de la

presencia de *Pytium* sp. en cultivos hortícolas y ornamentales de impacto económico en Yucatán (Pereyda- González *et al.*, 2016).

Los resultados obtenidos en que abarcan las sub-líneas de micropropagación y mejoramiento genético se resumen a continuación. En *Jatropha curcas* se estableció un protocolo de ginogénesis *in vitro* para la obtención e haploides con fines de mejoramiento genético (Lopez-Puc *et al.*, 2021). Se realizó el estudio del comportamiento organogénico *in vitro* y caracterización molecular de híbridos de *E. exaltatum* x *E. grandiflorum hybrids* (Zarate-Díaz *et al.*, 2019); Se determinó la variación genética de un híbrido producto de la cruce interespecífica de *J. curcas* x *J. integerrima* (Latour-Gordillo *et al.*, 2019), para lograr el híbrido de utilizo la técnica de rescate de embriones *in vitro* mediante CTV. Se estableció el protocolo de aislamiento y regeneración a partir de protoplastos de hojas de la orquídea de *Rhynchoaelia digbyana* (Lindl.) Schltr., este método puede ser utilizado para la producción de híbridos somáticos en orquídeas (Mota-Narváez *et al.*, 2018).

Tabla 1. Artículos científicos y de divulgación

Título del artículo	Revista	Autores
Phospholipid signaling pathway in <i>Capsicum chinense</i> suspension cells as a key response to consortium infection.	BMC Plant Biol	Sánchez-Sandoval <i>et al.</i> , 2021
<i>In vitro</i> gynogenesis of <i>J. curcas</i> L. var ALJC01.	Tropical and Subtropical Agroecosystems	Lopez-Puc <i>et al.</i> , 2021

Fatty acid profile variability in <i>J. curcas</i> oil and their use as varietal descriptors	Mexican Journal of Biotechnology	Sánchez-Velázquez <i>et al.</i> , 2020
Morphological variability of eustoma hybrids obtained from interspecific crosses between <i>E. grandiflorum</i> x <i>E. exaltatum</i>.	International Journal of Advanced Research	Zarate-Díaz, <i>et al.</i> , 2020
Assigning morphological traits as descriptors for differentiation between <i>J. curcas</i> accessions.	Tropical and Subtropical Agroecosystems	Sanchez-Velázquez <i>et al.</i> , 2020
Physicochemical composition, phytochemical analysis and biological activity of ciricote (<i>C. dodecandra</i> A. D.C.) fruit from Yucatan.	Natural Product Research	Pacheco <i>et al.</i> , 2020
Graft response of <i>C. chinense-C. annum</i> var. <i>glabriusculum</i> to Begomovirus in field.	Mexican Journal of Phytopathology	Navarrete-Mapen <i>et al.</i> , 2020
Structural and Physicochemical Characterization of Chitosan obtained by UAE and its effect on the growth inhibition of <i>Pythium ultimum</i>	Agriculture	Martín-López <i>et al.</i> , 2020
Efficient protocol for <i>in vitro</i> propagation of <i>L. rubescens</i> Lindl. from	South African Journal of Botany	Mayo-Mosqueda <i>et al.</i> , 2020

asymbiotic seed germination		
<i>In vitro</i> organogenic behavior and molecular characterization of <i>E. exaltatum</i> × <i>E. grandiflorum</i> hybrids.	Propagation of ornamental plants	Zarate-Díaz <i>et al.</i> , 2019
Isolation and characterization of an oomycete pathogenic in <i>C. chinense</i>.	Indian Journal of Research	Pérez-Carrillo <i>et al.</i> , 2019
Genetic variation in a <i>J. curcas</i> × <i>J. integerrima</i> hybrid.	International Journal in Advance Research	Latour-Gordillo <i>et al.</i> , 2019
Extraction and identification of phenolic compounds in roots and leaves of <i>C. chinense</i> by UPLC–PDA/MS.	Journal of Bioengineering and Biomedicine Research.	Herrera Pool <i>et al.</i> , 2019
Optimization of <i>in vitro</i> adventitious shoot induction in <i>J. curcas</i> by response surface methodology.	International Journal of Advanced Research	Herrera-Cool <i>et al.</i> , 2019
Indirect organogenesis and estimation of nuclear DNA content in regenerated clones of a non toxic variety of <i>J. curcas</i> L.	Tropical and subtropical agroecosystems	Herrera-Cool <i>et al.</i> , 2019
Pollen description of melliferous flora with ornamental and medicinal potential in Yucatan	Journal of Bioengineering and Biomedicine Research	Briceño-Santiago <i>et al.</i> , 2019

Establishment of a protocol of asymbiotic germination of <i>B. purpurea</i> (Lam.).	Establishment of a Journal of Bioengineering and Biomedicine Research	Conrado-García <i>et al.</i> , 2019
Spatio temporal dynamics of mealybugs (H.: <i>Pseudococidae</i>) Populations in plantations of <i>J curcas</i> L. in Yucatan Mexico.	Industrial crops and Products	Góngora-Canul <i>et al.</i> , 2018
Establishment of an <i>in vitro</i> germination protocol of <i>Ipomoea carnea</i> Jacq	Journal of Bioengineering and Biomedicine Research	Castellanos-Ojeda <i>et al.</i> , 2018
Behavior of genetic diversity in F1 crosses of selected accessions of <i>J. curcas</i>.	Industrial Crops and Products	Sánchez-Velázquez <i>et al.</i> , 2018
Isolation and regeneration of protoplasts from leaf explants of <i>R. digbyana</i>.	African Journal of Biotechnology	Mota-Narvaez <i>et al.</i> , 2018
ISSR diversity in <i>J. curcas</i> germplasm and offspring of selected parentals	Data in Brief	Sánchez-Velázquez & Ramos-Díaz, 2018
Detección de Viroides mediante la técnica de LAMP	Revista del centro de graduados e Investigación. ITM	Ciau-Paz <i>et al.</i> , 2018
Carbohydrate assimilation profile of two wild strains of genus <i>candida</i> in a mixture of hexoses and	International Journal of Advances Research.	Burgos-Valencia <i>et al.</i> , 2017

pentoses by alcohol production		
Morphogenesis and plant regeneration from <i>A. andreanum</i> cv Calypso leaf explant	African Journal of Biotechnology	López-Puc & Rodríguez-Buenfil, 2017
Spatio-temporal behavior of foot rot (<i>L. theobromae</i>) in <i>J. curcas</i> L. plantations in Yucatan, Mexico	European Journal of Plant Pathology	Uc-Varguez <i>et al.</i> , 2017
Estabilidad oxidativa del aceite de <i>J. curcas</i> L. en dos sistemas de extracción	Revista del centro de graduados e Investigación. ITM	Sánchez-Velázquez <i>et al.</i> , 2016
Detección de la presencia de <i>Pytium</i> sp. En cultivos hortícolas y ornamentales de impacto económico en Yucatán	Revista del centro de graduados e Investigación. ITM	Pereyda-González <i>et al.</i> , 2016
Main factors affecting the genetic transformation of chrysanthemum var. Micromargara	Plant omics journal	Sánchez-Velázquez <i>et al.</i> , 2016
In vitro regeneration and genetic transformation of chrysanthemum (D. grandiflora var. micromargara)	Mexican Journal of Biotechnology.	Cruz <i>et al.</i> , 2016
Different responses of the quality parameters of <i>C. sativum</i> to organic substrate	Agronomy	Pacheco-López <i>et al.</i> , 2016

mixtures and fertilization		
Assessment of phenotypic diversity and agronomic contrast in american accessions of <i>J. curcas</i>.	Industrial Crops and products.	Aguilera-Cauich <i>et al.</i> , 2015
Use of modified atmosphere on packaging cut flowers <i>G. grandiflorum</i> Hort.	Journal of stored Products and Postharvest Research	López- Puc, & Rodríguez-Buenfil, 2015
Comparative analysis of 16s Ribosomal of <i>Candidatus liberibacter asiaticus</i> associated with Huanglongbing disease of Persian lime and Mexican lime reveals a major haplotype with worldwide distribution	African Journal of Microbiology Research	Moreno-Enríquez <i>et al.</i> , 2014
An effective <i>in vitro</i> slow growth protocol for conservation of the <i>E. chlorocorymbos</i> SHLTR	Tropical and subtropical Agroecosystems	López-Puc, 2013
El cultivo moderno de anturio	Ciencia	López-Puc <i>et al.</i> , 2013
Phylogenetic relationships and expression in response to low temperature of a catalase gene in banana (<i>M. acuminata</i> cv. “Grand Nain”) fruit	Plant Cell, Tissue and Organ Culture	Figueroa-Yáñez <i>et al.</i> , 2012

Crisis de identidad en los chiles	Revista Ciencia y Desarrollo	Sánchez-Velázquez, & Cano –Sosa, 2012
Optimization of growth regulators in organogenesis of <i>B. purpurea</i> (Lam.) using response surface design and genetic evaluation	African Journal of biotechnology	Yah-Chulim <i>et al.</i> , 2012
Semillas sintéticas. El campo del futuro	Revista Ciencia y Desarrollo	Morales- Mis. & Cano- Sosa, 2012
El reto biotecnológico del chile habanero	Revista Ciencia	López-Puc <i>et al.</i> , 2009

Libros y capítulos de libro

Los libros y capítulos de libro publicados han abarcado cultivos de importancia económica como el chile habanero y *Jatropha curcas*. En *J. curcas* se publicaron tres libros que incluyen el cultivo de *J. curcas* en el sureste de México; Paquete tecnológico; el manejo de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de *J. curcas* L. en el sureste de México y *Jatropha curcas* en México: Avances y perspectivas de un cultivo bioenergético.

Los integrantes del grupo de Biotecnología vegetal colaboraron en capítulos en el libro Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán.

La miel como producto de alta importancia económica también ha sido parte del quehacer en el grupo de trabajo, lo cual se ve reflejado en la publicación del Catálogo de los principales tipos

polínicos encontrados en las mieles producidas en la península de Yucatán y en el libro publicado con información sobre la producción y comercialización de miel y sus derivados en México. En la Tabla 2 se resumen los libros y capítulos de libro.

Tabla 2. Libros y capítulos de libros relacionados al área de Biotecnología Vegetal

Título del libro	Editores Año	Capitulo	Autores del capitulo
*Metabolómica y cultivo del chile habanero (<i>Capsicum chinense</i> Jacq) de la Península de Yucatán. ISBN 978-607-8734-08-5. eISBN 978-607-8734-09-2	Rodríguez-Buenfil & Ramírez-Sucre, 2020	Manejo agronómico y los factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas del cultivo de chile habanero. 4-23 p	López-Puc <i>et al.</i> , 2020
		Principales enfermedades del chile habanero (<i>C. chinense</i>) y su control. 24-41 p	Navarrete Mapen, <i>et al.</i> , 2020
		Capsaicinoides en chile habanero (<i>C. chinense</i> J.) y factores que afectan su producción. 95-116 p	López-Puc <i>et al.</i> , 2020
El cultivo de <i>J. curcas</i> L. en el Ste de México Paquete	Góngora-Canul, Martínez-Sebastián,		

<p>tecnológico. ISBN: 978-607-97894-6-6, eISBN: 978-607-97894-59.</p>	<p>Uc- Vázquez, López-Puc, 2018</p>		
<p>Manual para el manejo de las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo de <i>J. curcas</i> L. en el sureste de México. ISBN: 978-607-97894-3-5, eISBN: 978-607-97894-1-</p>	<p>Uc- Vázquez, López-Puc, Góngora-Canul, Martínez-Sebastián-Aguilera-Cauich, 2017.</p>		
<p><i>Jatropha curcas</i> en México: Avances y perspectivas de un cultivo bioenergético. 265 p ISBN 978-607-98348-1-4. eISBN 978-607-98348-2-1</p>	<p>López- Puc & Uc- Vázquez, 2018</p>	<p>La diversidad de <i>J. curcas</i> L. & el papel de México en su nueva oportunidad agroindustrial. 51-79 p</p>	<p>Aguilera-Cauich & López-Puc</p>
		<p>Producción y manejo del cultivo de <i>J. curcas</i> en Yucatán México. 97-124 p</p>	<p>Martínez-Sebastián <i>et al.</i>, 2018</p>
		<p>Plagas y enfermedades de importancia en el cultivo de <i>J. curcas</i> en México. 125-148 p</p>	<p>Uc- Vázquez & Góngora-Canul, 2018</p>

		Micropropagación de <i>J. curcas</i> L 207-237 p	López-Puc et al., 2018
		Roadmapping para el cultivo <i>in vitro</i> de <i>J. curcas</i> : una visión para 2025. 243-265 p	Herrera-Cool et al 2018
Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: desafíos y oportunidades para la exportación. ISBN 978-607-97421-2-6.	Ramos-Díaz, & Pacheco-López, 2016	Etapas de la producción de miel. 42-53 p	Ramos-Díaz, et al., 2016
		Principales problemas sanitarios y errores comunes en la producción de la miel de abeja (<i>Apis mellifera</i>). 54-67 p	Uc-Vázquez & Ramos-Díaz, 2016
		Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel. 68-96 p	Pacheco-López et al., 2016
		Trazabilidad de la miel mexicana, un acercamiento hacia su correcta implementación, ventajas y oportunidades. 123-142 p	Cano-Sosa et al., 2016

Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la península de Yucatán. ISBN: 978-607-8424-10-8	Ramos-Díaz, <i>et al.</i> , 2015.		
CIATEJ: Una década de investigación e innovación en el sureste de México. ISBN: 978-607-9060-11-4	Rodríguez-Buenfil & González-Flores, 2012	Investigaciones realizadas para fortalecer el sector cítrico. 33-79 p.	Sánchez-Contreras <i>et al.</i> , 2012
		Floricultura: Investigación e Innovación en Micropropagación, Poscosecha y mejoramiento genético. 205-241 p	Ramos-Díaz <i>et al.</i> , 2012
		Vinculación empresarial y educativa. 245-279 p	Cano-Sosa <i>et al.</i> , 2012
*Recursos genéticos microbianos en la zona Golfo-Ste. de México ISBN: 978-607-424-274-4	Gamboa-Angulo & Rojas-Herrera, 2011	Viroides de los cítricos en México: Problemática actual, Avances y perspectivas. 125-135 p	Uc-Vázquez <i>et al.</i> , 2011
*Plant genetic transformation	Kumar Ashwani, 2010	<i>Phylogenetic analysis of wuschel and wox</i>	Cano-Sosa <i>et al.</i> , 2010

**and molecular
markers
ISBN 81-7132-
613-6.**

*members in oryza
sativa. 270-283 p*

*Libros y capítulos de libros cuyos resultados publicados no son completamente del área de Biotecnología Vegetal de la Subsección Sureste, pero que contaron con la colaboración de sus integrantes.

Variedades, títulos de obtentor, patente

La agricultura es una de las actividades económicas más importantes en México. Las variedades, títulos de obtentor y una patente realizadas en *J. curcas* L. (Tabla 3). Con los resultados generados se contribuyen en el incremento del número de variedades en nuestro país que servirán para el alentar la actividad, lo cual tiene relación con el incremento de la productividad de la fuerza laboral y la diversificación de las actividades económicas en áreas rurales.

Las variedades registradas en el CNVV se obtuvieron por cruce controlada de parentales. Los parentales y variedades fueron caracterizados en tres ambientes del sureste de México; Yucatán, Tabasco y Campeche. Los datos de crecimiento, desarrollo, producción y comportamiento fitosanitario de cada uno de los materiales vegetales fueron descritos en los títulos de obtentor y registros de variedad basándonos en la guía técnica de *Jatropha curcas* publicada por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

La patente publicada describe un Método para la generación de haploides estables de *J. curcas* L. cuya finalidad es la generación de plantas doble haploide (líneas puras), cuyo uso permiten reducir el tiempo para obtener variedades con

características sobresalientes en los programas de mejoramiento genético vegetal. Esto mejora la posibilidad de establecer a *Jatropha curcas* como cultivo bioenergético rentable, en la producción de biodiesel y a futuro como cultivo que puede ser explotado al 100% en biorefinerías. Es importante considerar que la mayor disposición de fuentes de biocombustibles permitirá bajar el precio de los combustibles diésel.

Tabla 3. Variedades, títulos de obtentor y patente generados por el grupo de Biotecnología Vegetal en el periodo del 2008 al 2020

Nombre de la protección intelectual	Tipo, clave de registro y Año de protección
<i>J. curcas</i> var. Ochkan	Título de obtentor No. 2368 (SNICS, 2020-2038)
<i>J. curcas</i> var. Sikilte	Título de obtentor No .2407 (SNICS, 2020-2038)
<i>J. curcas</i> var. Ochkan	Registro 3347 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Sikilte	Registro 3348 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var Akbal	Registro 3349 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Lool beh	Registro 3350 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Makech	Registro 3351 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Muyal	Registro 3352 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Tolok	Registro 3353 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Yaax	Registro 3354 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Zamna	Registro 3355 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Zazil	Registro 3356 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Lek	Registro 3357 CNVV. 2018.
<i>J. curcas</i> var. Nichte	Registro 3358 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Zacnite.	Registro 3359 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Kanlol	Registro 3360 CNVV. 2018
<i>J. curcas</i> var. Turix	Registro 3361 CNVV. 2018

Método para la generación de haploides estables de <i>J. curcas</i> L.	Patente internacional WO2017/111574A1 2017
---	--

CNVV: Catálogo nacional de variedades vegetales, SNICS: servicio nacional de inspección y certificación de semillas. Las variedades y títulos de obtentor se mencionan en el CNVV (Villalobos-Arámbula *et al.*, 2020).

Conclusiones

Las publicaciones y la propiedad intelectual generada en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ son producto del trabajo en colaboración, lo cual permitió se fortaleciera la formación de recursos humanos en las áreas a nivel tanto de maestría como de doctorado, apoyaron al desarrollo de actitudes y aptitudes en los estudiantes, para el desempeño eficaz de sus actividades en el ámbito científico y tecnológico con una visión de innovación. También se ha cumplido con la divulgación del conocimiento generado, así como mayor vinculación con otros centros de investigación, empresas y universidades nacionales y extranjeras.

Capítulo 5

Formación de recursos humanos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ

Cano-Sosa Julia del Socorro*, López-Puc Guadalupe, Uc-Vázquez Alberto, Ramos-Díaz Ana

Subsede Sureste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia jcano@ciatej.mx

Resumen

La Subsede Sureste del CIATEJ contribuye con la formación de recursos humanos de alta calidad tanto a nivel pregrado como posgrado. El laboratorio de Biotecnología Vegetal desde el 2008 forma parte de las áreas que suman al esfuerzo de formar a estudiantes que además de mejorar sus capacidades científicas en cada una de las líneas de investigación en el área se forman para contribuir con la sociedad, realizando a la par apoyo en actividades con aporte social, de relevancia nacional e internacional. Ligados al Laboratorio de Biotecnología Vegetal se forman estudiantes de maestría y doctorado. La maestría en Ciencias de la Floricultura, una maestría única en su tipo y el posgrado en Ciencias e innovación biotecnológica que oferta

maestría y doctorado, el cual dentro de sus opciones terminales tiene la opción de Biotecnología Agroalimentaria asociada al área Vegetal.

Palabras clave

Recursos humanos, pregrado y posgrado

Introducción

El laboratorio de Biotecnología Vegetal del CIATEJ desde sus inicios tiene como parte de sus objetivos contribuir con la formación de recursos humanos de alto nivel, nuestros estudiantes realizan trabajos de investigación en temas de ciencia básica y aplicada pudiendo tener contacto incluso con temas que se desarrollan en colaboración con empresas lo que les permite un enfoque más práctico y les facilita herramientas para un perfil de egreso que les permita desarrollarse en un ambiente creciente de emprendedurismo.

La Maestría en Ciencias de la floricultura es un posgrado propio del CIATEJ creado desde el 2008, asociada al área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ, posgrado perteneciente al padrón nacional de posgrados de calidad del CONACYT (PNPC) en nivel consolidado, el cual permite la realización de proyectos de desarrollo tecnológico e investigación que resultan en generación de conocimiento, innovación, aprovechamiento, aplicación y divulgación en beneficio del sector florícola y poniendo énfasis en la sustentabilidad de los recursos vegetales.

El posgrado en innovación Biotecnológica es un posgrado de igual manera propio del CIATEJ creado en 2014 que se encuentra en el PNPC, ofertando maestría y doctorado con una de sus líneas terminales asociadas al área de Biotecnología Vegetal y cuyo objetivo es la aplicación innovadora de la biotecnología para dar respuesta a problemas nacionales para el desarrollo de nuestro país.

De igual manera colaboramos con otras instituciones y centros CONACYT en la formación de recursos humanos de nivel posgrado y pregrado, en este último se atendieron estudiantes que realizaron tesis de licenciatura, estancias de prácticas profesionales, estancias de verano y demás estancias cortas que son básicas para su formación profesional, adquisición y reforzamiento de conocimiento y habilidades.

Formación de estudiantes a nivel posgrado

Los trabajos realizados en los proyectos de los integrantes del grupo de Biotecnología Vegetal han sido plasmados en 25 tesis de posgrado y en la formación de 24 estudiantes. Los estudiantes fueron estudiantes de posgrados propios como la Maestría en Ciencias de la Floricultura, el Posgrado en Innovación, así como de posgrados externos. De los estudiantes graduados se apoyó satisfactoriamente la formación de mujeres indígenas que ingresaron a los posgrados de CIATEJ y que a su vez fueron apoyadas por otros programas de instituciones del gobierno como la Secretaría de Investigación e innovación del Sureste (SIIES), también se apoyó en la formación de estudiantes provenientes de otras instituciones a nivel nacional e internacional. En la Tabla 1 se resume la información

correspondiente a las tesis de posgrado desarrolladas con las que se han generado productos de difusión, artículos de divulgación, artículos científicos, trabajos en congresos (carteles y presentaciones orales) así como estancias de investigación nacionales e internacionales, las cuales formaron parte de proyectos de investigación atendidos por el área de Biotecnología Vegetal en la Subsele Sureste del CIATEJ.

Tabla 1. Estudiantes de posgrado formados en laboratorio de Biotecnología Vegetal del CIATEJ Subsele Sureste

Nombre del estudiante. Año de titulación	Título de la tesis
Leidy Jacqueline Tun Balam. 2021. Maestría	Evaluación de la calidad comercial y composición química de <i>Polianthes tuberosa</i> producido bajo un sistema de cultivo orgánico en diferentes mezclas de sustrato bajo condiciones de invernadero
Juan Jorge Latour Gordillo. 2020. Maestría	Determinación de la variación genética del híbrido interespecífico entre <i>J. curcas</i> x <i>J. integerrima</i>
Yulemne Zarate Díaz. 2020. Maestría	Caracterización morfológica y molecular de híbridos de <i>E. grandiflorum</i> x <i>E. exaltatum</i> en condiciones <i>in vitro</i> y <i>ex vitro</i>
Silvia Margarita Pérez Carrillo. 2019. Maestría	Análisis de expresión de genes que codifican a enzimas relacionadas con el estrés oxidativos en <i>C. chinense</i> en respuesta a la infección por <i>P. ultimum</i>

Gilbert J. Herrera Cool. 2019. Doctorado	Morfogénesis de <i>J. curcas</i> var. ALJC01, optimización de la inducción de organogénesis adventicia por MSR y análisis de la estabilidad genética en clonas con ocho resiembras <i>in vitro</i>
**Iván Emanuel Herrera Pool. 2019. Maestría	Evaluación del cambio en el contenido y perfil de compuestos fenólicos en <i>C. chinense</i> en interacción con el oomiceto fitopatógeno <i>Pythium ultimum</i>
Vittorio Emmanuel Castellanos Ojeda. 2018. Maestría	Establecimiento de un protocolo de propagación <i>in vitro</i> y obtención de número cromosómico de dos especies de importancia melífera y potencial ornamental del estado de Yucatán
Diana Marisol Conrado García. 2018. Maestría	Establecimiento de un protocolo para la propagación <i>in vitro</i> de <i>Bletia purpurea</i> (lam.) d.c y obtención de su número cromosómico
Cynthia Isabel Briceño Santiago. 2018. Maestría	Identificación de flora melífera con potencial ornamental y medicinal en Yucatán
Juan Ubaldo Sánchez Velázquez. 2018. Doctorado	Evaluación de la correlación entre la caracterización genética, morfológica y química de diferentes accesiones de <i>J. curcas</i> L
Luis Alberto Mota Narváez. 2018. Maestría	Establecimiento de las condiciones para la obtención de protoplastos y regeneración de <i>Rhycholaelia digbyana</i>
Jade González. 2017. Maestría	Caracterización Morfológica e Identificación Genética de un

		Oomiceto Fitopatógeno y su Interacción con <i>C. chinense</i>
Yuritza Nayarit Cruz.	2016. Maestría	Efecto morfológico, anatómico y bioquímico de concentraciones de sacarosa <i>in vitro</i> y mezclas de sustratos <i>ex vitro</i> durante la aclimatación de <i>D. grandiflora</i> var. Micromargara
Francisco Sánchez.	Chí 2016. Maestría	Efecto de la infección del vector pEuMVYP: Δ AV1: f3'h en Crisantemo sobre la expresión del gen f3'h y la acumulación de antocianinas
*Erick Alberto Aguilera Cauch.	2015. Doctorado	Evaluación de <i>J. curcas</i> L. para la selección de genotipos con potencial energético en Yucatán
Juan Ubaldo Sánchez Velázquez.	2014. Maestría	Determinación de las mejores condiciones para la transformación genética de Crisantemo (<i>D. grandiflora</i> Tzevelev) por medio de <i>A. tumefasciens</i>
Lyndia Perera Ríos.	2014. Maestría	Detección, aislamiento y caracterización parcial del virus TSWV en crisantemo del estado de Yucatán
Paola Zacil-Ha Briceño.	Balam 2014. Maestría	Micropropagación <i>in vitro</i> de <i>V. planifolia</i> A
Daniel Armando San Román.	2014. Maestría	Desarrollo de un método espectrofotométrico para la detección de alcaloides pilorrizidínicos (PAs) en mieles y polen de plantas melíferas de la península de Yucatán
Adriana Durán.	González 2013. Maestría	Análisis <i>in silico</i> de los posibles dominios conservados y de regulación de la proteína flavonoide-3',5'-hidroxilasa (f3'5'h) en <i>Petunia hybrida</i>

Eddy de Jesús Morales Mis. 2012. Maestría	Propagación <i>in vitro</i> de <i>Bletia purpurea</i> para la producción de semilla sintética
Doris M. Canul Pech. 2011. Maestría	Conservación <i>in vitro</i> en condiciones de crecimiento mínimo de <i>Bletia purpurea</i> y evaluación de la estabilidad genética
Julia E. Yah Chulim. 2011. Maestría	Estudio de la variación somaclonal en la morfogénesis de <i>Bletia purpurea</i>
*Jalsen Iván Teco Bravo. 2014. Maestría	Captura de carbono y producción de biomasa de germoplasma de <i>J. curcas</i> L. en Yucatán, México
Angélica Enríquez. 2014. Doctorado	Análisis de la Diversidad Molecular del gen 16s rDNA de <i>C. liberibacter asiaticus</i> en aislados de cítricos de la península de Yucatán

*Tesis realizadas en posgrado del CICY, que estuvieron adscritas a un proyecto del área de Biotecnología vegetal de la Subsede Sureste.

**Tesis realizada bajo asesoría de un integrante del grupo de Biotecnología vegetal como parte de la colaboración de otras áreas del CIATEJ.

Formación de estudiantes a nivel pregrado

La formación de recursos humanos de nivel pregrado es la base para el acercamiento a la investigación científica de los estudiantes que realizan estudios profesionales, en el laboratorio de Biotecnología Vegetal se han atendido 19 estancias que dieron origen a tesis de licenciatura, prácticas profesionales, servicios sociales, veranos de investigación y demás estancias cortas que son parte de la iniciación en la ciencia. Además de

atender más de 300 visitantes de escuelas del estado, interior del estado, Campeche, Quintana Roo y de instituciones internacionales como la universidad de Texas A&M. En la Tabla 2 se presentan algunas de las estancias registradas para nivel pregrado.

Tabla 2. Estudiantes de pregrado atendidos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ

Nombre del estudiante	Escuela de procedencia
Thania Amairany Pool Garcia	Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
Marco Antonio Chan Couoh	Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán
Erik De Jesus Rodríguez Centeno	Universidad Tecnológica del Usumacinta
Jathnely Vianey Echeverría Muñoz	Instituto Tecnológico de Celaya
Cindy Ariannis León Marín	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Yanuari Ake Mex	Instituto Tecnológico de Mérida
Gerardo Tun Góngora	Instituto Tecnológico de Mérida
Daniel Oswaldo González Huchin	Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal
Kemly Minelly Coob Falcón del	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior del Estado de Yucatán
Martin Duran Mendoza	Universidad Tecnológica de Izucar de Matamoros Puebla
Marco Ramírez Mosqueda	Universidad Veracruzana

Ulises Toala Pozo	Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
Marco Antonio López Hernández	Instituto Tecnológico Superior de Champotón
Jorge Gustavo Vázquez Díaz	Tecnológico Nacional de México
Thania Eréndira Ríos Velázquez	Tecnológico Nacional de México, Instituto superior de Cintalapa
Nuria Lizbeth Ibarra Pérez	Universidad Politécnica de Sinaloa
Rolando Sánchez Santiz	Universidad Tecnológica de la Selva
*Karla Daniela Chikani Cabrera	Facultad de Ingeniería Química de la UADY
*Diego de Jesus Perera Solís	Facultad de Ingeniería Química de la UADY

*Los estudiantes estuvieron adscritos a un proyecto del área de Biotecnología vegetal. Tesis realizada fuera de CIATEJ.

Conclusiones

La formación de recursos humanos es una de las actividades clave en el área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ, desde sus inicios ha permitido el fortalecimiento de alianzas con instituciones nacionales e internacionales y la generación de conocimiento en el área de Biotecnología agroalimentaria dando valor agregado a los proyectos desarrollados, las demandas atendidas y los productos obtenidos como parte de las estancias de los estudiantes, sean como artículos científicos en revistas de impacto, artículos de divulgación, atención de ferias de la

ciencia, artículos en extenso, reportes de estancias externas e información para propiedad intelectual.

En el área de Biotecnología Vegetal se han formado profesionales de alto nivel con sólidos conocimientos y ética profesional capaces de atender de manera innovadora problemáticas nacionales e internacionales que aporten para el desarrollo del país.

Capítulo 6

Difusión de los resultados obtenidos en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ

Cano-Sosa Julia del Socorro*, López-Puc Guadalupe, Ramos-Díaz Ana

Subsede Sureste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Carr, Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia jcano@ciatej.mx

Resumen

Una parte importante del quehacer de los investigadores del área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ es la difusión de los resultados obtenidos en los proyectos y servicios realizados para atender necesidades o problemáticas de interés nacional e internacional tanto de fondos como de empresas y productores, los cuales a través de los años se han convertido en nuestros aliados en la creación de conocimiento con valor para la sociedad.

Palabras clave

Difusión, Biotecnología Vegetal y conocimiento científico

Introducción

La difusión de la ciencia forma parte de las actividades más relevantes utilizadas por investigadoras e investigadores alrededor del mundo para dar a conocer los resultados y avances obtenidos durante sus actividades. Como indica la Dra. Victoria Espinosa Santos Magíster en Lingüística con Mención en Lengua Española, de la Universidad de Chile “La divulgación del conocimiento científico es una responsabilidad de todo aquel que investiga, porque contribuye a la democratización del conocimiento, realimentar las desigualdades preexistentes o comunicar resultados a la comunidad formada por los especialistas en la materia” (Espinosa-Santos, 2010). Es por ello que, el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Subsección Sureste del CIATEJ nos hemos dado a la tarea de realizar labores de difusión como parte de nuestro quehacer cotidiano desde nuestros inicios en 2008.

Difusión como actividad esencial

Desde el inicio de las actividades del área de Biotecnología Vegetal de las Subsección Sureste de CIATEJ en 2008, el personal de investigación adscrito al área (Dra. Guadalupe López Puc, Dra. Ana Ramos Díaz, Dra. Julia del Socorro Cano Sosa y Dr. Alberto Uc Vázquez) se ha dado a la tarea de realizar actividades

de difusión como parte de su compromiso con la sociedad. La difusión de los resultados de investigaciones en temas sobre fitopatología, micropropagación de especies vegetales, mejoramiento genético vegetal, Bioquímica y Biología molecular de plantas tanto a nivel nacional como internacional. A la fecha podemos mencionar que contamos con más de 70 trabajos de difusión entre los que destacan participaciones en sociedades, universidades, tecnológicos, reuniones nacionales, congresos, simposios, mesas panel, conferencias, cursos, encuentros, ferias científicas y de posgrado, así como entrevistas para prensa y revistas a nivel nacional e internacional (Tabla 1).

Tabla 1. Compendio de actividades de difusión, realizadas en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ.

Tipo de evento/ organizador	Título del Trabajo
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Nacional-internacional. 2020	Evaluación del antagonismo de <i>Streptomyces</i> spp contra <i>F. oxysporum</i> , agente causal de la pudrición del corno en gladiolo
Simposio en Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. 2020	Fagoterapia para el control de enfermedades bacterianas en plantas de importancia agrícola
Mujeres 11F. H. Congreso del Estado de Yucatán. Nacional. 2020	Presentación mesa panel. Mujeres 11F

XIV Ciclo de conferencias. Red Mexicana de fisiología vegetal. Internacional. 2020	Efecto de la aplicación de atmósfera modificada en flor de corte de gladiolo blanco Ámsterdam
VII Congreso FIQ de la UADY. Internacional. 2020	Evaluación de variabilidad genética en clones de <i>J. curcas</i>
Curso precongreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-Nacional. 2020	Métodos para evaluar productos naturales contra microorganismos fitopatógenos
Programa InspiraMAS- SIIES. Preparatoria Estatal No. 9 Víctor M. Cervera Pacheco, Oxxkutzcab, - Nacional. 2020	La historia de las mujeres en la ciencia
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-nacional-2019	Aislamiento y caracterización de microorganismos con potencial antagonista a la roya del caféto (<i>E. vastatrix</i>)
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-nacional. 2019	Efectividad de extractos bacterianos para el control de <i>Botrytis cinerea</i> en tomate
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-Nacional. 2019	Metabolitos bioactivos producidos por <i>Streptomyces</i> para el control de antracnosis en frutos de chile habanero

Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-2019	Metabolitos bioactivos producidos por <i>Streptomyces</i> sp. CACIS.1.5 CA. Para el control de antracnosis en frutos de plátano causado por <i>Colletotrichum</i> sp.
Evento de clausura en las Jornadas Nacionales del conocimiento en Yucatán. 2019	Información y atención al público.
Jornadas Nacionales del conocimiento en Yucatán-SIIES. Instituto Tecnológico de Tizimín. 2019	Importancia de la Biotecnología en la conservación de la biodiversidad de plantas
Programa InspiraMAS Preparatoria Estatal No. 11 Francisco Rogelio Rivero Alvarado. 2019	Trascender a través de la Ciencia
Programa de introducción a la investigación. SIIES, UPY, ATM Texas. Internacional. 2019	Establecimiento de un banco de germoplasma <i>in vitro</i> de orquídeas nativas del estado de Campeche para su uso sustentable
Conferencias Future Makers. Nacional. UPY, Instituto Yucateco del emprendedor y STAMINA Business. 2019	¿Puedo innovar sin desarrollar tecnología?
Programa InspiraMAS. SIIES. Preparatoria Estatal No. 11 Francisco Rogelio Rivero Alvarado. 2019	La historia de las mujeres en la ciencia
Programa de Introducción a la investigación. SIIES, UPY, ATM Texas. Internacional. 2019	Certificado en reconocimiento al apoyo de la implementación de aprendizaje

V Simposio Nacional de herramientas de Biotecnología para una agricultura sustentable. Nacional-2018	Metabolitos extracelulares de <i>Streptomyces</i> sp. Para el control de hongos fitopatógenos que afectan frutos en la etapa de Poscosecha
V Simposio Nacional de herramientas de Biotecnología para una agricultura sustentable. 2018.	Potencial antagonista de <i>Streptomyces</i> sp. CACIS 1.6. CA Contra hongos fitopatógenos y su aplicación para el control de la Marchitez en plantas de Chile.
CONACyT Prensa. Nacional-2018.	¿Miel de México o de China?
Participación en la mesa panel. UTM. Nacional-2018.	Investigadoras, Ingenieras y Tecnólogas, Todas inventoras de Yucatán.
Programa de introducción a la investigación SIIES, UPY, ATM Texas. Internacional. 2018	Certificado en reconocimiento al apoyo de la implementación de aprendizaje
Feria de posgrados. SIIES Nacional. 2018	Innovación, Ciencia y Tecnología Fundamentales en los posgrados para el crecimiento y desarrollo de nuestro país
Conferencia. Universidad Tecnológica de los Valles Centrales de Oaxaca Nacional. 2018	Técnicas cromatográficas para identificar capsaicinoides en Chile

Programa de introducción a la investigación SIIES, UPY, ATM Texas Internacional-2018.	Conservación <i>in vitro</i> de orquídeas.
Programa de introducción a la investigación SIIES, UPY, ATM Texas Internacional. 2017	Desarrollar técnicas biotecnológicas <i>in vitro</i> para micropropagación y mejoramiento genético en naranja dulce (<i>C. sinensis</i>)
XX Feria de la Ciencia y la Tecnología. SIIES-CONACyT Nacional. 2017	Demostración de experimentos y atención al público
Congreso nacional y XVI internacional de horticultura ornamental. UAEM/AMEOHAC Internacional- Nacional. 2017	Conservación <i>in vitro</i> de orquídeas nativas de la península de Yucatán: Importancia y posibles usos
Facultad de Química de la UADY	Contribución de la biotecnología en la generación de biocombustibles
Feria de posgrados. SIIES. Nacional. 2017	La importancia de la innovación en los temas de tesis para los estudiantes de posgrado
Feria de posgrados. SIIES, Nacional. 2016	Brindando Soluciones Tecnológicas que ayudan al desarrollo de los sectores Agrícola, Alimentación, Salud y medio Ambiente
CONACyT Prensa. Nacional-2016	¿De dónde viene la miel que consumimos?

XIX feria de ciencia y tecnología. Cambio climático. SIIES-CONACyT Nacional. 2016	Demostración de experimentos y atención al público
III Biotechnology Summit. CINVESTAV UNAM Internacional-2016	Organogenesis <i>in vitro</i> of <i>J. curcas</i> variety ALJC01 obtained from plantation in Súcila Yucatan
Publicación en la revista Especial Rural MX. Nacional. 2015	CIATEJ, un paso adelante en innovación
Publicación nacional. Inforural. 2015	Generación de empresas agrícolas, tecnológicas y sustentables en vinculación con Centro de Investigación
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-Nacional. 2015	Incidencia y severidad de la necrosis de la hoja en accesiones de <i>J. curcas</i>
XVI Congreso nacional de Bioquímica y Biología molecular de plantas. y noveno Simposio México/USA. Internacional-Nacional. 2015	Molecular characterization of <i>J. curcas</i> accesions and behaviour to leaf spot complex in Yucatán México
Primer congreso internacional de <i>J. curcas</i> L.- INIFAP, SAGARPA, COFUPRO. 2015	Innovación y desarrollo biotecnológico en el sistema de producción de <i>J. curcas</i> L
XVIII feria de ciencia y tecnología. SIIES-CONACyT Los mayas y la ciencia de la luz. Nacional. 2015	Demostración de experimentos y atención al público

Reuniones Nacionales de Investigación e Innovación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquero (RNIIPAFAP). 2014	Recursos Genéticos y Mejoramiento
Simposio UBBM-CICY. 2014	Ausencias Genómicas en la ruta de la glucólisis, dependencia al hospedero y la correlación con el microhábitat
Congreso de la Sociedad Mexicana de Bioquímica. Nacional. 2014	Genetic deletions in <i>C. Liberibacter asiaticus</i> psy62: absences in the pathway of glycolysis
XVII feria de ciencia y tecnología. Cristalografía. SIIES-CONACyT Nacional. 2014	Demostración de experimentos y atención al público
Nota en línea. Terra USA. Estados Unidos Internacional. 2014	Rescata centro CONACyT orquídea en peligro de extinción
Nota impresa. Nacional-2014. Diario Por esto. Ciudad del Carmen	Rescate de la flora campechana
Congreso Internacional en Ecología de Enfermedades. 2013	Análisis del Potencial genómico de transporte de <i>C. liberibacter asiaticus</i> , el endomicronicho del Huanglongbing
Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-Nacional. 2013	Identificación de hongos fitopatógenos presentes en <i>J. curcas</i> de Yucatán Méxic

Congreso de la Sociedad Mexicana de Bioquímica. Internacional-Nacional. 2013	Determination of the conditions for genetic transformation in crisantemo (<i>D. grandiflora</i>), mediated by <i>A. tumefaciens</i>
XVI feria de Ciencia y Tecnología. SIIES-CONACyT Nacional. 2013	Demostración de experimentos y atención al público.
VIII Congreso latinoamericano y del Caribe sobre biotecnología agropecuaria REDBIO. Fundación REDBIO Internacional INTA, CONICET Argentina. Internacional. 2013	Inducción de morfogénesis y regeneración de <i>A. andreanum</i> Midori
XIV congreso nacional y VII internacional Horticultura ornamental México-UAEM, AMEOHAC. 2013	Morfogénesis y regeneración de <i>A. andreanum</i> Calypso
Foro internacional de logística y financiamiento a la comercialización de la horticultura México. Sistema producto de ornamentales/Universidad Tecmilenio 201	Manejo postcosecha en el manejo de flores de corte
Nota impresa. Diarios La Jornada Morelos, mundo de hoy, News Oaxaca, Entre todos México D.F., Desde el balcón. Mérida, Yucatán. Veracruz informa, Imagen poblana, Expresión en red. Tamaulipas, El portal. Toluca, México. Los Tuxtlas. Veracruz. Nacional. 2013	Rescata centro CONACyT orquídea en peligro de extinción
Nota impresa. Diario de Campeche. Nacional. 2013	Rescatan orquídea local en peligro de extinción

Nota impresa. Diario Yucatán. Mérida, Yucatán. Nacional. 2013	Rescatan especie originaria de campeche; orquídea en peligro de extinción
Congreso nacional de bioquímica y biología molecular de plantas, México 2013	Microsatellites analysis of genomic profiling of <i>J. curcas</i> accesions
Congreso. Nacional. IX reunión nacional de Bioenergía. 2013	Micropropagación de <i>J. curcas</i>
XXIV congreso nacional y IV internacional de fitogenética. Universidad de Nuevo León. 2012	<i>J. curcas</i> como cultivo bioenergético en México
XVIII Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. SIIES-CONACyT. 2011	Demostración de experimentos y atención al público
II Congreso de Biotecnología. Universidad de Costa Rica Internacional. 2011	Germinación asimbiótica <i>in vitro</i> y regeneración directa de brotes de <i>B. purpurea</i> Lam y <i>C. integerrimum</i>
Congreso de la Sociedad Mexicana de Bioquímica. Internacional. 2011	Different methods for efficient extraction of anthocyanins in petals of <i>Chrysanthemum</i>
Congreso nacional e Internacional de Horticultura ornamental. Asociación Mexicana de Horticultura Ornamental. 2011	Concentración de antocianinas y carotenoides en 21 variedades de crisantemo
Segundo simposio nacional sobre el huanglongbing y su vector. SAGARPA-SENASICA. 2011	Diversidad molecular del gen 16S rDNA en <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> en aislados de

	cítricos de la península de Yucatán
Reunión de arranque de la red de biotecnología para la agricultura y la alimentación. CONACyT. 2011	Selección de variedades de lima persa (<i>C. latifolia</i>) altamente productivos y potencialmente tolerantes al Huanglongbing en Campeche México
III encuentro Internacional de Investigación en cítricos. 2011	Avances obtenidos en los estudios para el manejo del Huanglongbing de los cítricos en Campeche México
II encuentro Internacional de Investigación en cítricos. 2010	Caracterización Molecular de fitopatógenos en cítricos (Viroides)"
Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la conservación Internacional. 2012	Obtención de semillas sintéticas: <i>B. purpurea</i> , especie bajo amenaza, una alternativa de propagación en México
VII Congreso latinoamericano y del Caribe sobre biotecnología agropecuaria REDBIO México. Internacional. 2010	Conservación <i>in vitro</i> de recursos genéticos de orquídeas de Campeche
Reunión nacional de investigación forestal INIFAP. 2010	Banco de germoplasma <i>in vitro</i> de orquídeas nativas del estado de Campeche para su uso sustentable

Conferencia. Instituto Tecnológico de Conkal Nacional. 2008 Metabolismo Celular

Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Internacional-Nacional. 2007 Identificación de hongos fitopatógenos presentes en plantas de *J. curcas* del estado de Yucatán México

SIIES: Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior - Dirección General de Educación Superior; **UPY:** Universidad Politécnica de Yucatán, **ATM:** Universidad de Texas.

Conclusiones

En más de 12 años de trabajo en el área de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ se han realizados trabajos de difusión científica a nivel nacional e internacional, tanto de resultados obtenidos en proyectos y servicios, como de apoyo para motivar el interés del público por la ciencia, al participar en ferias de Ciencia y tecnología, ferias de posgrado, impartiendo pláticas a mujeres para empoderarlas en las ciencias, a través de programas impulsados por la secretaría de investigación, innovación y educación superior de Yucatán. También se han dado entrevistas para diversos medios del estado de Yucatán, Campeche y de otros estados de la república, así como en medios de difusión internacional, participaciones en congresos nacionales e internacionales y conferencias que en conjunto son herramientas para su desarrollo e impulso del área y en la generación y fomento de una cultura del conocimiento de la ciencia entre la sociedad.

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México

Capítulo 7

Perspectivas de investigación, aporte a la sustentabilidad en Yucatán

Ramos-Díaz Ana*, López-Puc Guadalupe, Cano-Sosa Julia del Socorro

Subsede Sureste. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal-Chuburná puerto. Parque Científico Tecnológico de Yucatán. CP 97302 Mérida, Yucatán, México).

*Autor de correspondencia aramos@ciatej.mx

Resumen

El grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsede Sureste del CIATEJ ha dirigido su trabajo a la conservación de la biodiversidad, sustentabilidad y la formación de redes de investigación. Teniendo como base proyectos de investigación para generar bancos de germoplasma de especies nativas y endémicas de la región, así como agricultura sustentable, el grupo de trabajo tiene como perspectiva es la implementación y generación de tecnología para impulsar los resultados esperados.

Palabras clave

Biodiversidad, sustentabilidad, redes de investigación

Introducción

Las plantas representan una de las fuentes más importantes para la obtención de recursos alimenticios, farmacéuticos, cosmeceúticos, entre otros, es por ello, la necesidad de producir a mayor escala, con mayor rendimiento. A esta necesidad se le suman los factores que afectan negativamente la producción como las condiciones ambientales, las plagas, enfermedades y el aumento en el requerimiento del agua, lo que encarece y dificulta la producción.

La investigación en el área de Biotecnología Vegetal ha desarrollado tecnología que se ha aplicado en los últimos 30 años. Sin embargo, la investigación aún tiene metas que aún no se han alcanzado, la tecnología ahora redirige sus esfuerzos en la valoración en el cuidado del ambiente y la biodiversidad como un medio de subsanar las necesidades de la agricultura.

En el plan nacional de desarrollo 2019-2024, en el programa Autosuficiencia alimentaria y rescate del campo se plantea la necesidad de priorizar el apoyo a productores, para impulsar el desarrollo económico y social del campo, dirigido a la autosuficiencia. En el mismo se menciona la importancia de la aplicación de prácticas sustentables para la conservación de suelo, el agua y la biodiversidad.

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. como centro de investigación pública,

CONACyT, tiene un compromiso con el desarrollo sustentable y económica del país, como parte del CIATEJ, el área de Biotecnología Vegetal ha desarrollado tecnología sustentable y creando estrategias para la conservación de la biodiversidad.

Manejo y conservación de la biodiversidad

Desde su creación el grupo de Biotecnología Vegetal en la Subsele Sureste ha enfocado gran parte de sus actividades en el manejo y conservación de la biodiversidad. Desde el 2008 se han desarrollado metodologías para la propagación y conservación *ex situ* especies vegetales clasificadas como amenazadas o en peligro de extinción de vital importancia para contrarrestar la disminución del tamaño de sus poblaciones en el territorio nacional debido a que su viabilidad biológica en su hábitat natural está en riesgo, esto provocado por factores como la destrucción o modificación drástica del hábitat y el aprovechamiento no sustentable.

Una familia cuya diversidad endémica de la península se encuentra amenazada es la Orchidaceae ya que orquídeas son plantas de alto valor comercial y demanda en la industria florícola, en 2015 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos reportó que las Orquídeas ocuparon el primer lugar en ventas entre los ornamentales, con 288 millones de dólares. Aunado a lo anterior, las orquídeas son vulnerables a la extinción debido a la destrucción de su hábitat. En México 180 especies están incluidas en la NOM-059-ECOL-2001 en alguna categoría de riesgo. Actualmente el CIATEJ Subsele Sureste tiene un banco de germoplasma *in vitro* de orquídeas de la península de Yucatán, se cuenta con los protocolos de conservación *ex situ*

mediante crecimiento en medio mínimo utilizando técnicas *in vitro* (López-Puc, 2013). Con la experiencia en el área se plantea establecer colaboraciones con otras instituciones. Las especies que conformen el banco podrán mantenerse libres de patógenos para conservar el acervo genético (Figura 1). Además, los protocolos de micropropagación podrán ser complementados utilizando sistemas de inmersión para propagar masivamente estas especies para cubrir la demanda de material vegetal en la industria florícola. Así como también mediante el mejoramiento genético se plantea tener nuevas variedades con potencial ornamental y por ende comercial que puedan formar parte de las variedades que se aprovechen para el beneficio de los floricultores de la región sureste de México.



Figura 1. Orquídeas nativas de la península de Yucatán (Fuente: Ramos-Díaz Ana).

Domesticación, incremento de la diversidad del banco de germoplasma *in situ* de *Jatropha curcas* L., y la cadena de valor del cultivo

Jatropha curcas L. es una especie que tiene potencial como cultivo bioenergético para la producción de biodiésel. También es llamado “cultivo multipropósito”, porque puede ser utilizado para diversas aplicaciones en la industria química, farmacéutica y alimenticia (Montes *et al.*, 2016). El cultivo de esta especie también permite recuperar tierras marginales y degradadas (Biswas *et al.*, 2010). Debido a la importancia de *J. curcas*, en México se ha realizado investigación enfocada a la domesticación de la especie para obtener variedades con mejores características agronómicas. El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del estado de Jalisco tiene el registro de 15 variedades de *J. curcas* en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV): Lolbeh, Lek, Yaax, Zazil, Nicte, Turix, Tolok, Akbal, Makech, Muyal, Kanlol, Zamná, Zacnité, Sikilte y Ochkan, las dos últimas variedades tienen título de obtentor (Villalobos-Arámbula *et al.*, 2020) Las variedades conforman un banco de germoplasma *in situ* de *J. curcas* L. que se encuentra establecido en una plantación experimental (Figura 2) de la Subsele Sureste del CIATEJ ubicada en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán. Para continuar con el proceso de domesticación es necesario seguir trabajando con el programa de mejoramiento genético por métodos tradicionales. Por lo tanto, se plantea buscar y coleccionar accesiones no tóxicas para incorporarlas al banco de germoplasma *in situ* de CIATEJ. Las nuevas accesiones se caracterizarán morfológicamente y molecularmente; se harán modificaciones al paquete tecnológico para la producción orgánica y convencional de *J. curcas*; se realizará análisis con marcadores moleculares ISSRs a las nuevas accesiones que se incorporen al banco de germoplasma;

se harán autocruzadas para generar líneas puras de variedades con alto potencial de rendimiento y baja toxicidad. Las variedades generadas con el mejoramiento genético pueden establecerse en zonas de baja marginación para restaurar tierras degradadas, se plantea también la evaluación de este cultivo como tutor de plantas de vainilla. Adicionalmente se realizará el seguimiento para establecer la cadena de valor del biodiésel y saber si es posible concretar el modelo de negocio para el uso del cultivo para obtención de biodiésel, y/o su uso en biorrefinería, y/o su uso para la industria química y farmacéutica, o si finalmente el cultivo solo puede ser utilizado para restaurar tierras degradadas y contribuir a la disminución de dióxido de carbono, contribuyendo así a mejorar el medio ambiente. La finalidad de concretar estos estudios es contribuir a la disminución de la pobreza rural a través de la diversificación de la actividad agrícola.



Figura 2. Campo experimental de *J. curcas* L. (Fuente: López-Puc Guadalupe).

Producción agroalimentaria sustentable

La seguridad alimentaria mundial requiere la producción intensiva de alimentos, cuya explotación del campo causa estragos a la ecología. En adición al cambio de uso del suelo, el uso de insecticidas, fungicidas, herbicidas y sobreexplotación del suelo, exceso de fertilización y mal uso del agua son las principales causas del daño al ambiente. La investigación en Biotecnología Vegetal va encaminada al generar tecnologías para la explotación sustentable del ambiente enfocadas a generación de sustratos alternativos de desechos agroindustriales, uso eficiente del agua y el suelo, así como el manejo biológico de plagas y enfermedades.

En los últimos años en CIATEJ se ha trabajado para desarrollar sistemas de cultivo orgánico en hortalizas (Pacheco *et al.*, 2016; Tun-Balam *et al.*, 2020), con la perspectiva de evaluar estos sistemas de cultivo en diferentes condiciones ambientales. Por otra parte, algunas prácticas de cultivos intensivos afectan la biodiversidad de los suelos, con el objetivo de reducir las enfermedades producidas por la infección de microorganismos. La diversidad microbiológica del suelo se pierde, con ella el potencial de uso de los microorganismos que están en los suelos.

Con el fin de conservar y hacer uso sustentable de los microorganismos, se emplearon técnicas metagenómicas, para describir los consorcios microbianos en la rizosfera de las raíces (Figura 3), así como el aislamiento y caracterización de cepas con potencial antimicrobiano, a futuro estas cepas podrán utilizarse como control biológico de microorganismos patógenos.

Por otra parte, también se busca el aislamiento de microorganismos benéficos para el cultivo que puedan formar relaciones simbióticas con las plantas para aumentar la absorción de nutrientes.

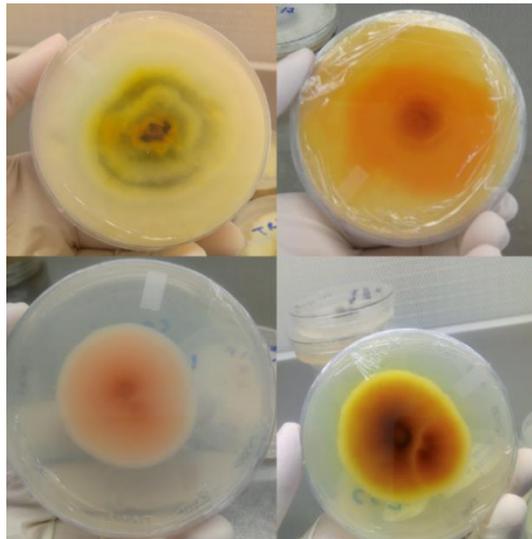


Figura 3. Cepas de hongos aisladas de rizosfera de *Capsicum chinense* J. (Fuente: Ramos-Díaz Ana).

Generación y fortalecimiento de redes de investigación

Con el objetivo generar investigación multidisciplinaria se busca generar redes científicas, que mediante vinculación académica-empresa y un enfoque multidisciplinario y multiinstitucional, que atienda problemas en materia de mejoramiento genético de

plantas de uso alimenticio o con potencial alimenticio, así como su aprovechamiento integral y su manejo mediante el control biológico de plagas y enfermedades, como la Red de Mejoramiento y Manejo Biológico de especies vegetales de uso alimenticio (REMMBEVA; Figura 4) creada por la Dra. Julia del Socorro Cano Sosa, integrante del grupo de Biotecnología Vegetal de la Subsele de CIATEJ.



Figura 4. Reunión de trabajo de la red REMMBEVA (Fuente: Cano-Sosa Julia).

Conclusiones

El aporte a la sustentabilidad en Yucatán a través del trabajo colaborativo del grupo que conforma el área de Biotecnología Vegetal de la Subsele Sureste del CIATEJ ha tenido impactos científico, tecnológico, social y económico al generar investigación multidisciplinaria que ha permitido el manejo y conservación de diversidad vegetal de la zona sureste, producción agroalimentaria sustentable, vinculación con empresas, y se ha generado resultados de investigación con

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México

potencial de poder ser aprovechados por productores y para la atención de problemas regionales y del país.

Bibliografía

- Abdollahi, M. R., & Rashidi, S. (2018). Production and conversion of haploid embryos in chickpea (*Cicer arietinum* L.) anther cultures using high 2, 4-D and silver nitrate containing media. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 133(1), 39-49.
- Aguilera-Cauich, E.A., Pérez-Brito, D., Navarrete-Yabur, A., López-Puc, G., Castañon-Nájera, G., Sacramento-Rivero, J., Rubio-Atoche, C., Uc-Vázquez, A., Góngora-Canul, C. and Mijangos-Cortes, J. (2015). Assessment of phenotypic diversity and agronomic contrast in american acesions of *J. curcas*. *Industrial crops and products*, 77, 1001-1003.
- Alcalde-Alvites, M. A. (2016). Introducción. Hamut'ay, 3(1), 59–70. Retrieved from <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/HAMUT/issue/archive>
- Antoniazzi, C. A., de Faria, R. B., de Carvalho, P. P., Mikovski, A. L., de Carvalho, L. F., de Matos, E. M., & da Silva, M. L. (2018). *In vitro* regeneration of triploid plants from mature endosperm culture of commercial passionfruit (*Passiflora edulis* Sims). *Scientia Horticulturae*, 238, 408-415.
- Azofeita-Delgado, A. (2006). Uso de marcadores moleculares en plantas: Aplicaciones en frutales del trópico, *Agronomía Mesoamericana* 17, 221-242.
- Bala, R., Laura, J. S., & Beniwal, V. S. (2017). Assessment of viability and enhancement of germination potential of jojoba seeds under *in vitro* conditions using plant growth regulators. *Plant cell biotechnology and molecular biology*, 552-558.
- Basu, S. K., Datta, M., Sharma, M., & Kumar, A. (2011). Haploid production technology in wheat and some selected higher plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(9), 1087.

- Bhat, A. & Rao, G. P. (2020). Virus Elimination by Meristem-Tip Culture. In *Characterization of Plant Viruses* (pp. 465-477). Humana, New York, NY.
- Biswas, P. K., Pohit, S. Kumar, R. (2010). Biodiesel from *Jatropha*: can India meet the 20% blending target. *Energy Policy*, 38, 1477-1484. DOI 10.1016/j.enpol.2009.11.029.
- Botero O., K., & Arias, T. (2018). Uso de las ciencias ómicas para el mejoramiento genético de cultivos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 64–78.
- Buko, D. H., & Hvoslef-Eide, T. A. (2020). Optimization of plant growth regulators for meristem initiation and subsequent multiplication of five virus tested elite sweet potato varieties from Ethiopia. *African Journal of Biotechnology*, 19(6), 332-343.
- Calabuig-Serna, A., Porcel, R., Corral-Martínez, P., & Seguí-Simarro, J. M. (2020). Anther Culture in Eggplant (*Solanum melongena* L.). In *Plant Embryogenesis* (pp. 283-293). Humana, New York, NY.
- Campion, B., Azzimonti, M. T., Vicini, E., Schiavi, M., & Falavigna, A. (1992). Advances in haploid plant induction in onion (*Allium cepa* L.) through *in vitro* gynogenesis. *Plant Science*, 86(1), 97-104.
- Cardoza, V. (2008). Tissue culture: The manipulation of plant development. *Plant biotechnology and genetic: principles, techniques, and applications*, 113-134.
- Castellanos-Ojeda, V., Cano-Sosa, J., Ramos-Díaz, A., and Noriega-Trejo, R. (2018). Establishment of an *in vitro* germination protocol of *Ipomoea carnea* Jacq. *Journal of bioengineering and biomedicine research*, 2, 9-14.
- Conrado-García, D., Cano-Sosa, J., Noriega-Trejo, R., Góngora-Chin, R. & Ramos-Díaz, A. L. (2019). Establishment of a protocol of asymbiotic germination *Bletia purpurea* (Lam.). *Journal of bioengineering and biomedicine research*, 3, 6-11.
- Corlett, R. T. (2016). Plant diversity in a changing world: Status, trends, and conservation needs. *Plant Diversity*, 38(1), 10–16.

- Cruz, Y.N., Chi-Sánchez, F., Uc-Vázquez, A., Ramos-Díaz, A., & Cano-Sosa, J. (2016); Regeneración in vitro y transformación genética del crisantemo *Dendranthema grandiflora* var. Micromargara). *Mexican Journal of Biotechnology*, 1, 51-59.
- Cocking, EC (1979) Parasexual reproduction in flowering plants. *New Zealand Journal of Botany* 17, 665-671.
- dos Reis Oliveira, T., Aragão, V. P. M., Moharana, K. C., Fedosejevs, E., do Amaral, F. P., Sousa, K. R., & Santa-Catarina, C. (2020). Light spectra affect the *in vitro* shoot development of *Cedrela fissilis* Vell.(Meliaceae) by changing the protein profile and polyamine contents. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Proteins and Proteomics*, 1868(12), 140529.
- Espinosa Santos, V. (2010). Difusión y divulgación de la investigación Científica. *Idesia (Arica)*, 28(3), 5–6. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292010000300001>
- Garavito, A., González-Muñoz, A., Mosquera-Rendón, J., Álvarez-Yela, A. C., López-Álvarez, D., & Cristancho-Ardila, M. A. (2017). Latin American biodiversity and perspectives to study it using “omics” technologies. *Mexican Journal of Biotechnology*, 2(2), 98–129.
- Gaspar, T. H., Kevers, C., Faivre-Rampant, O., Crèvecoeur, M., Penel, C. L., Greppin, H., & Dommes, J. (2003). Changing concepts in plant hormone action. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 39(2), 85-106.
- Góngora-Canul, C.C., Sebastián-Martínez, G., Aguilera-Cauich, E.A., Uc-Vázquez, A., López-Puc, G., S. Wilson and O. Pérez- Hernández. (2018). Spatio temporal dynamics of mealybugs (Hemiptera: Pseudococidae) Populations in plantations of *Jatropha curcas* L. in Yucatan Mexico. *Industrial crops and Products*, 117, 110-117.
- Herrera Pool, E., Patron-Vazquez, J., Ramos-Diaz, A., Ayora-Talavera-T. and Pacheco, N. (2019). Extraction and identification of phenolic compounds in roots and leaves of *Capsicum chinense* by UPLC–PDA/MS. *Journal of bioengineering and biomedicine research* 3, 17-27.

- Herrera-Cool, G.J., Rodríguez-Buenfil, I.M., Iglesias-Andreu, L. G., Lopez-Puc, G. (2019 b). Optimization of *in vitro* adventitious shoot induction in *Jatropha curcas* by response surface methodology. *International journal of advanced research*, 7(3), 1276-1284. Doi. 10.21474/IJAR01/8761
- Herrera-Cool, G.J., Rodríguez-Buenfil, I.M., Iglesias-Andreu, L.G., Uc-Vázquez A., Góngora-Canul, C.C., Martínez-Sebastian, G., Aguilera-Cauch, E.A., Lopez-Puc, G. (2019 a). Indirect organogenesis and estimation of nuclear DNA content in regenerated clones of a non-toxic variety of *Jatropha*. *Tropical and subtropical agroecosystems*: 22: 451-463. ISSN: 1870-0462.
- Hesami, M., & Daneshvar, M. H. (2018). *In vitro* adventitious shoot regeneration through direct and indirect organogenesis from seedling-derived hypocotyl segments of *Ficus religiosa* L.: an important medicinal plant. *HortScience*, 53(1), 55-61.
- Jamwal, K., Bhattacharya, S., & Puri, S. (2018). Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 9, 26-38.
- Javed, M. A., Habib, L., Jamil, M. W., Anwer, M. J., Nazir, S., & Iqbal, M. Z. (2019). Protocol optimization for efficient *in vitro* micro-propagation of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Advancements in Life Sciences*, 6(3), 100-105.
- Justamante, M. S., Ibáñez, S., Villanova, J., & Pérez-Pérez, J. M. (2017). Vegetative propagation of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) using *in vitro* germinated seeds and stem cuttings. *Scientia Horticulturae*, 225, 81-87.
- Kaur, A., Kaur, K.P., Kalia, A. et al. (2017). Generation of interspecific hybrids between *Trifolium vesiculosum* and *T. alexandrinum* using embryo rescue. *Euphytica*, 213, 253.
- Kaur, S. (2017). *In vitro* regeneration of shoots from nodal explants of *Dendrobium chrysotoxum* Lindl. *Journal of Horticultural Research*, 25(1), 27-34.

- Khokhar, M. L., Razaq, A., Iqbal, J., Anwar, M. J., Iqbal, M. Z., & ur Rehman, S. (2019). Choice of Maize Genotype Affects Wheat Haploid Seed and Success of Embryo Rescue. *RADS Journal of Biological Research & Applied Sciences*, 10(1), 1-5.
- Lambardi, M., Ozudogru, E. A., & Roncasaglia, R. (2012). *In vitro* propagation of olive (*Olea europaea* L.) by nodal segmentation of elongated shoots. In *Protocols for Micropropagation of Selected Economically Important Horticultural Plant* (pp. 33-44). Humana Press, Totowa, NJ.
- Lantos, C., Bóna, L., Nagy, É., Békés, F., & Pauk, J. (2018). Induction of *in vitro* androgenesis in anther and isolated microspore culture of different spelt wheat (*Triticum spelta* L.) genotypes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 133(3), 385-393.
- Latour-Gordillo, J.J., Aguilera-Cauich, E.A., Herrera-Cool, G.J., Mellado-Mojica, E., Uc-Vázquez, A., Barba-González, R., & Lopez-Puc, G. (2019). Genetic variation in a *Jatropha curcas* × *Jatropha integerrima* hybrid. *International journal of advanced research*. 7(12), 136-143. ISSN: 2320-5407.
- Lentini, Z., Restrepo, G., Buitrago, M. E., & Tabares, E. (2020). Protocol for Rescuing Young Cassava Embryos. *Frontiers in Plant Science*, 11, 522.
- Liang, H., Xiong, Y., Guo, B., Yan, H., Jian, S., Ren, H., & Ma, G. (2020). Shoot organogenesis and somatic embryogenesis from leaf and root explants of *Scaevola sericea*. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11.
- Lopez-Puc G. & Rodríguez-Buenfil I. (2017). Morphogenesis and plant regeneration from *A. andreaum* cv Calypso leaf explant. *African Journal of Biotechnology*, 16(44), 2092-2099. Doi: 10.5897/AJB2015.14718.
- Lopez-Puc, G. (2013) An effective *in vitro* slow growth protocol for conservation of the *Epidendrum chlorocorymbos* SHLTR. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 16, 61-68.
- Lopez-Puc, G., Herrera-Cool G. J.; Uc-Varguez A., Ramos-Díaz A., Góngora-Canul C. C., Aguilera-Cauich E. A. & Martínez-Sebastian G. (2021). In

vitro gynogenesis of *Jatropha curcas* L. var ALJC01. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 24 (25),1-10.

- Masuelli, R.W. (1999). Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento genético de especies hortícolas. Avances en horticultura 41, 54-66.
- Mayo-Mosqueda, A., Maceda-López, L. F., Andrade-Canto, S. B., Noguera-Savelli, E., Caamal-Velázquez, H., Cano-Sosa, J. D. S. y Alatorre-Cobos, F. (2020). Efficient protocol for *in vitro* propagation of *Laelia rubescens* Lindl. from asymbiotic seed germination. *South African Journal of Botany*, 133, 264-272.
- Mittal, J., & Sharma, M. M. (2017). Enhanced production of berberine in *In vitro* regenerated cell of *Tinospora cordifolia* and its analysis through LCMS QToF. 3 *Biotech*, 7(1), 25.
- Montes, J. M., Melchinger, A. E. (2016). Domestication and Breeding of *Jatropha curcas* L. Trends in plant science, 21(12), 1045-1057
- Mota-Narvaez, L., Herrera-Cool, G.J., Ayora-Talavera, T., Santana-Buzzy, N. López-Puc, G. (2018) Isolation and regeneration of protoplasts from leaf explants of *Rhyncholelia digbyana*. *African Journal of Biotechnology*, 17 (35), 1082-1089. ISSN: 1684-5315. Doi: 10.5897/AJB2018.16540
- Naing, A. H., Kim, S. H., Chung, M. Y., Park, S. K., & Kim, C. K. (2019). *In vitro* propagation method for production of morphologically and genetically stable plants of different strawberry cultivars. *Plant methods*, 15(1), 36.
- Navarrete-Mapen, R.Z., Cristóbal-Alejo, J., Uc-Vázquez, A., Reyes-Ramírez, A., Tun-Suárez, J.M. and Alvarado-López, C.J. (2020). Graft response of *Capsicum chinense* *Capsicum annuum* var. *glabriusculum* to Begomovirus in field. *Mexican Journal of Phytopathology* 38(2).
- Ohnoutková, L., & Vlčko, T. (2020). Homozygous Transgenic Barley (*Hordeum vulgare* L.) Plants by Anther Culture. *Plants*, 9(7), 918.
- Osibe, D. A., & Aoyagi, H. (2019). A novel strategy for the synthesis of gold nanoparticles with *Catharanthus roseus* cell suspension culture. *Materials Letters*, 238, 317-320.

- Pacheco L., N., Cano-Sosa, J., Poblano C., F., Rodríguez-Buenfil, I.M., Ramos-Díaz, A., Pacheco, N.A.L., Cano-Sosa, J., Poblano, F.C., Rodríguez-Buenfil, I.M., Ramos-Díaz, A. (2016). Different Responses of the Quality Parameters of *Coriandrum sativum* to Organic Substrate Mixtures and Fertilization. *Agronomy* 6, 21.
- Pavlov, A., & Bley, T. (Eds.). (2018). *Bioprocessing of Plant In Vitro Systems*. Cham: Springer.
- Pazuki, A., Aflaki, F., Gürel, E., Ergül, A., & Gürel, S. (2018). Gynogenesis induction in sugar beet (*Beta vulgaris*) improved by 6-benzylaminopurine (BAP) and synergized with cold pretreatment. *Sugar tech*, 20(1), 69-77.
- Pe, P. P. W., Naing, A. H., Soe, M. T., Kang, H., Park, K. I., & Kim, C. K. (2020). Establishment of meristem culture for virus-free and genetically stable production of the endangered plant *Hosta capitata*. *Scientia Horticulturae*, 272, 109591.
- Pereyda- González, J., Uc- Vázquez, A., Cano-Sosa, J., Torres-Calzada, C., Hernández-Sotomayor, T. y Ramos- Díaz, A. (2016). Detección de la presencia de *Pytium* sp. En cultivos hortícolas y ornamentales de impacto económico en Yucatán. Revista del centro de Graduados e Investigación. *Instituto Tecnológico de Mérida* 31, 44-46.
- Pérez-Carrillo, S. M., Pereyda- González, J., Cano-Sosa, J., Uc- Varguez, A. and Ramos- Díaz, A. (2019). Isolation and characterization of an oomycete pathogenic in *Capsicum chinense*. *Indian Journal of Research*, 8, 90-92.
- Phillips, G. C. (2004). *In vitro* morphogenesis in plants-recent advances. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40(4), 342-345.
- Pierik, R.L.M. (1987). *In vitro* culture of higher plants. Boston: Martinus Nijhoff. 344p.
- Pua, E. C., & Gong, H. (2004). Regulation of plant morphogenesis *in vitro*. In *Brassica* (pp. 83-102). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Punyarani, K., & Sharma J. G. (2010). Micropropagation of *Costus speciosus* (Koen.) Sm. using nodal segment culture. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 58-62.
- Sánchez- Velázquez, J.U., López- Puc, G., Ramos-Díaz, A., Cano-Sosa, J., Rodríguez-Buenfil, I.M., García-Velazco, R. and Uc- Vázquez, A. (2016). Main factors affecting the genetic transformation of chrysanthemum var. Micromargara. *Plant Omics Journal*, 9,121-125.
- Sánchez-Velázquez, J. U. and Ramos-Díaz, A. (2018). ISSR diversity in *Jatropha curcas* germplasm and offspring of selected parentals. *Data in brief*, 20, 761-766.
- Sanchez-Velázquez, J. U., Pacheco-López, N.A, López-Puc, G. and Ramos-Díaz, A. L. (2020). Assigning morphological traits as descriptors for differentiation between *Jatropha curcas* accessions. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23, 1-11.
- Sánchez-Velázquez, J. U., Pacheco-López, N.A., López-Puc, G. and Ramos-Díaz, A. (2018). Behavior of genetic diversity in F1 crosses of selected accessions of *J. curcas*. *Industrial Crops and Products*, 122, 669-674.
- Sánchez-Velázquez, J.U., Patrón-Vázquez, J.A., Pacheco-López, N.A., López-Puc, G. and Ramos-Díaz, A. (2020). Fatty acid profile variability in *Jatropha curcas* oil and their use as varietal descriptors. *Mexican Journal of Biotechnology*, 5, 83-8.
- Sanford, J.C. (1990). Biolistic plant transformation. *Physiologia Plantarum*, 79: 206-209.
- Sharma, D. R., Kaur, R., & Kumar, K. (1996). Embryo rescue in plants—a review. *Euphytica*,89(3), 325-337.
- Solís, L.Y. & Andrade, T. A. (2005). ¿Qué son los marcadores moleculares? *La Ciencia y el Hombre* 18(1).
- Sorntip, A., Poolsawat, O., Kativat, C., & Tantasawat, P. A. (2017). Gynogenesis and doubled haploid production from unpollinated ovary culture of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 98(2), 353-361.

- Stafford, A. (1991). The manufacture of food ingredients using plant cell and tissue cultures. *Trends in Food Science & Technology*, 2, 116-122.
- Svitashev, S., Schwartz, C., Lenderts, B., Young, J. K., & Cigan, A. M. (2016). Genome editing in maize directed by CRISPR–Cas9 ribonucleoprotein complexes. *Nature communications*, 7(1), 1-7.
- Takebe, I., Labib, G., & Melchers, G. (1971). Regeneration of whole plants from isolated mesophyll protoplasts of tobacco. *Naturwissenschaften*, 58 (6), 318-320.
- Tchatchambe, N. B. J., Ibanda, N., Adheka, G., Onautshu, O., Swennen, R., & Dhed'a, D. (2020). Production of banana bunchy top virus (BBTV)-free plantain plants by in vitro culture. *African Journal of Agricultural Research*, 15(3), 361-366.
- Thorpe, T. A. (2007). History of plant tissue culture. *Molecular biotechnology*, 37 (2), 169-180.
- Tun-Balam J., Pacheco N., Cano-Sosa J., Villanueva-Couoh E., Ramos-Díaz A. (2020). Evaluación del valor ornamental de *Polianthes Tuberosa* producido bajo un sistema de cultivo orgánico en Diferentes mezclas de sustrato. Simposio: Aprovechamiento de frutos y subproductos tropicales.
- Uc-Varguez, A., López-Puc, G., Góngora-Canul, C.C., Sebastián-Martínez, G., and Aguilera-Cauich, E.A. (2017). Spatio-temporal behavior of foot rot (*Lasiodiplodia theobromae*) in *Jatropha curcas* L. plantations in Yucatan, Mexico. *European journal of plant pathology*, 150, 991- 1000.
- Uma, S., Lakshmi, S., Saraswathi, M.S. et al. (2011). Embryo rescue and plant regeneration in banana (*Musa* spp.). *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 105, 105–111.
- Utami, E. S. W., Hariyanto, S., & Manuhara, Y. S. W. (2017). *In vitro* propagation of the endangered medicinal orchid, *Dendrobium lasianthera* JJ Sm through mature seed culture. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7 (5), 406-410.

- Van Dam, N. M., & Poppy, G. M. (2008). Why plant volatile analysis needs bioinformatics - Detecting signal from noise in increasingly complex profiles. *Plant Biology*, 10 (1), 29–37.
- Villalobos-Arámbula V.M., Suarez- Carrera V., Monreal-Avila D., Fernandez-Rivera S. & Ovalle-Fernández I. (2020). Catálogo nacional de variedades SNICs.
- Wang, Y., Cheng, L., Liang, Y., Lu, X., & Zhang, F. (2017). Isolation and culture of pollen tetrad protoplasts from *Solanum tuberosum*. *American Journal of Potato Research*, 94(4), 417-424.
- Wang, G. F., Qin, H. Y., Sun, D., Fan, S. T., et al. (2018). Haploid plant regeneration from hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* Planch.) anther culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 134 (1), 15-28.
- Went, F.W. (1928) The growth substance and growth. *Rev Trav Bot Neerl* 25, 1–116.
- Xie, K. D., Yuan, D. Y., Wang, W., Xia, Q. M., et al. (2019). Citrus triploid recovery based on 2x× 4x crosses via an optimized embryo rescue approach. *Scientia Horticulturae*, 252, 104-109.
- Xing, H., Zhi-Ping Wang, Hai-Yan Zhang, et al. (2014). A CRISPR/Cas9 toolkit for multiplex genome editing in plants. *BMC Plant Biol* 14, 327.
- Xingliang Ma, Qunyu Zhang, Qinlong Zhu, Wei Liu, Yan Chen., et al. (2015). A Robust CRISPR/Cas9 System for Convenient, High-Efficiency Multiplex Genome Editing in Monocot and Dicot Plants, *Molecular Plant*, 8 (8), 1274-1284.
- Yah-Chulim, J., Rodríguez-Buenfil I.M., Reyes-Escogido, M. & López-Puc, G. (2012). Optimization of growth regulators in organogenesis of *B. purpurea* (Lam.) using response surface design and genetic evaluation. *African Journal of biotechnology* ,11, 12045-12052.
- Zarate-Díaz, Y., Barba-González, R., Aguilera-Cauich, E. A., Herrera-Cool, G. J., Uc-Vázquez, A., Tapia-Campos, E. and López-Puc, G. (2020). Morphological variability of eustoma hybrids obtained from interspecific

crosses between *Eustoma grandiflorum* x *Eustoma exaltatum*.
International Journal of Advanced Research. 8: 873-883.

Zarate-Díaz, Y., Barba-González, R., Aguilera-Cauich, E. A., Tapia-Campos, E., Herrera-Cool, G. J., Uc-Vázquez, A., & López-Puc, G. (2019). In vitro organogenic behavior and molecular characterization of *Eustoma exaltatum* x *Eustoma grandiflorum* hybrids. *Propagation of Ornamental Plants*, 19, 118-124.

Alcances y perspectivas del área de Biotecnología Vegetal del CIATEJ en el Sureste de México. Este libro se terminó de imprimir en febrero de 2021, en Corporativo Inteliplan S.A. de C.V. Calle 60 No. 299-C Int. L270 Revolución Córdemex C.P.97115, Mérida, México. El Tiraje fue de 120 ejemplares, en papel couché de 130g para los interiores. Los Forros en Couché de 200g y encuadernado en Hotmelt



CONACYT



CIATEJ