

2020-10-27

Utopía, de la mano con la ciencia, biotecnología e innovación: un camino recorrido hacia la investigación con pertinencia y transferibilidad

John Cristhian Fernández Lizarazo
Universidad de La Salle, Bogotá, johfernandez@lasalle.edu.co

Dolly Esperanza Rodríguez Robayo
Universidad de La Salle, Bogotá, dolrodriguez@unisalle.edu.co

Jesús Rubio
Universidad de La Salle, Bogotá, rubio81@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/ruls>

Citación recomendada

Fernández Lizarazo, J. C., D.E. Rodríguez Robayo, y J. Rubio (2020). Utopía, de la mano con la ciencia, biotecnología e innovación: un camino recorrido hacia la investigación con pertinencia y transferibilidad. *Revista de la Universidad de La Salle*, (83), 163-180.

This Artículo de Revista is brought to you for free and open access by the Revistas de divulgación at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in *Revista de la Universidad de La Salle* by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Utopía, de la mano con la ciencia, biotecnología e innovación:

un camino recorrido hacia la investigación con pertinencia y transferibilidad



John Cristhian Fernández Lizarazo¹
Dolly Esperanza Rodríguez Robayo²
Jesús Rubio³

■ Resumen

El proceso de formación del programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad de La Salle cuenta con líneas productivas, como la de vivero, que les permiten a los estudiantes recrear situaciones reales del campo colombiano. Allí se genera todo un sistema de producción de plantas de plátano *in vitro*, desarrolladas en el laboratorio de biotecnología de la universidad, con el fin de responder a problemas fitosanitarios como es el caso de *Fusarium odoratissimum*. Los estudiantes de último año rea-

1 Ph.D. en Ciencias Agrarias y director del programa de Ingeniería Agronómica. johfernandez@lasalle.edu.co

2 Magíster en Sanidad Vegetal y docente del programa de Ingeniería Agronómica. dolrodriguez@unisalle.edu.co

3 Estudiante del programa de Ingeniería Agronómica. jrubio81@unisalle.edu.co

lizan el proyecto productivo en su zona de origen y, en muchos casos, tienen preferencia a la sección del cultivo de plátano para este proceso, sin embargo, normalmente encuentran problemas con la obtención de semilla certificada. Por lo cual, la Universidad de La Salle generó un plan especial de micropropagación de material vegetal libre de agentes patógenos, garantizando que los estudiantes lleven material certificado a sus campos y no se generen propagaciones de plagas ni enfermedades. La relevancia de este proyecto radica en que en la Orinoquía colombiana no existe una iniciativa de tal magnitud, de igual manera, la afectación sanitaria del cultivo de plátano pone en riesgo la seguridad alimentaria de miles de familias que dependen de este cultivo.

Palabras clave: práctica productiva, vivero, micropropagación, *Fusarium odoratissimum*

Contexto

El departamento del Casanare hace parte de la región natural de la Orinoquía y cuenta con una extensión de 4.416.439 ha que corresponden al 3,91 % de territorio nacional y al 17,5 % del área de la región. El departamento cuenta con 532.546 ha aptas para la agricultura (Puentes y Toca, 2017), de las cuales solo se explota el 32 %. Los cultivos de cacao, plátano y cítricos han aumentado, contribuyendo a la economía local; no obstante, otros cultivos como el arroz y la palma han crecido de manera más acelerada (Gobernación de Casanare, 2020)

A diferencia de los cultivos agroindustriales (arroz y palma de aceite), los sistemas productivos del departamento presentan un bajo desarrollo tecnológico, por lo que las actividades se concentran en obtener producción primaria de la forma tradicional realizada por décadas.

La hacienda Matapantano, lugar en donde se pretende generar el plan especial de micropropagación de material vegetal libre de agentes patógenos, está ubicada dentro de una región históricamente influenciada por la violencia y

abandono estatal, allí se encuentra un campus universitario para el desarrollo del proyecto Utopía, en el que se ofrece educación superior de la más alta calidad a jóvenes campesinos afectados por el conflicto armado en Colombia y que propende, entre otros, a la promesa de contribuir por la empresarización del campo de un país con vocación productiva agropecuaria.

En el departamento del Casanare son pocos los avances en torno a la investigación y el desarrollo tecnológico en los últimos años. Por ejemplo, de los 2836 proyectos de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) aprobados por Colciencias entre 2010 y 2013, solamente 8 correspondieron al departamento, es decir el 0,28 %; adicionalmente, en la Orinoquía no existen centros de investigación y desarrollo tecnológico de reconocimiento a nivel nacional, lo que se ha sentido aún más en el sector productivo primario agrícola. En contraste, la Universidad de La Salle y su programa de Ingeniería Agronómica tienen una creciente experiencia y capacidad investigativa en el sector agropecuario que comienza a visibilizarse en la Orinoquía y específicamente en el departamento del Casanare.

Normalmente, los recién graduados del programa de Ingeniería Agronómica regresan a sus zonas de origen, es decir a diferentes regiones del país, una vez allí transmiten el conocimiento adquirido en la universidad. Esta dinámica está generando una red de ingenieros agrónomos que permea la Colombia profunda con conocimiento de calidad. Sin embargo, el campo colombiano requiere de bastantes innovaciones tecnológicas derivadas de procesos investigativos pertinentes y que lleguen a todo el país, pues actualmente la agricultura colombiana se basa en los mismos conocimientos y tecnologías utilizadas hace varias décadas.

El programa de Ingeniería Agronómica es el ancla del proyecto Utopía, cuya propuesta pedagógica se enfoca en la metodología “aprender haciendo y enseñar demostrando”, innovadora entre los programas de Ingeniería Agronómica del país. Esta metodología consiste en la realización de intensas jornadas estructuradas de práctica productiva en campo, de la cual el programa ha acumulado más de diez años de experiencia, implementándola como pretexto pedagógico para lograr el aprendizaje significativo y vicario.

Así, este plan de capacitación y entrenamiento de los estudiantes se desarrolla mediante la gestión de parcelas de tipo académico que desarrolla la universidad con los estudiantes. Sin embargo, frente a los cambios que afrontan la región, el país y el planeta, es imperativo establecer un modelo de cultivos y sistemas de producción empresarial que rompan con el ciclo repetitivo de hábitos culturales, en muchos casos carentes de innovaciones tecnológicas.

Estos eventos facilitarán el acercamiento de la comunidad de productores en la región a las actividades y conocimientos generados. Dada la evolución positiva de la Universidad de La Salle con su programa de Ingeniería Agronómica y considerando los nuevos retos sociales y económicos planteados en Colombia y en el mundo, es necesario materializar un proceso productivo sostenible que abarque el establecimiento de los cultivos, su comercialización y transformación. Este proceso productivo debe estar en concordancia con la misión de la universidad y las demandas del sector rural, que permita un proceso vinculante entre la investigación, la academia, la capacitación continuada y la extensión. De esta forma, el uso de biotecnología permite abrir la posibilidad a que el conocimiento innovador y pertinente llegue a la Colombia profunda, con base en la creciente red de ingenieros agrónomos utopienses.

En conjunto, la necesidad de materializar el proceso de aprendizaje desde el establecimiento de los cultivos, el impacto potencial de la investigación pertinente dirigida a la extensión por parte de la creciente red de ingenieros agrónomos utopienses, y la falta de interacción con el medio para romper ciclos poco innovadores, resultan en la necesidad de implementar innovaciones para la Colombia profunda, como es el uso de la poco conocida biotecnología vegetal.

Pero... ¿qué es la biotecnología?

La biotecnología no es fácil de definir porque se usa de cierta manera para determinadas personas, en diferentes contextos. Por un lado, puede ser vista como una ciencia en su contexto práctico y, en otro extremo, es biología moderna en los términos comerciales de productos y servicios (Moses, 2004). En general, la biotecnología es el conjunto de técnicas que utilizan organismos

vivos o sus sustancias para hacer o modificar un producto, mejorar plantas y animales o desarrollar microorganismos para usos específicos (Restrepo, Ángel y Prager, 2000).

Entre los campos que definen la biotecnología moderna están la ingeniería genética, (identificación y aislamiento de genes), cultivo de microorganismos recombinantes (células y tejidos de animales y plantas), ingeniería metabólica, bioelectrónica, nanobiotecnología, ingeniería de proteínas (animales y plantas transgénicos), ingeniería de tejidos y órganos, genómica, proteómica y metabolómica, y tecnologías de bioseparación y biorreactores (Gavrilesco y Chisti, 2005).

El impacto de las ciencias moleculares no tiene precedentes en aclarar los complejos procesos que gobiernan los sistemas biológicos (Sasaki y Christou, 2004). De igual manera, no hay duda de que la biotecnología vegetal tiene un inmenso potencial en el aporte de soluciones técnicas nuevas (Golyshin, 2005), en la contribución al mismo conocimiento y ciencias básicas, y en la construcción de una economía sostenible, por ejemplo, suministrando recursos renovables de alimentación, químicos farmacéuticos, energía, entre otros (Inzé, 2005).

En el marco de las ciencias agrarias y el desarrollo rural, es claro que los avances biotecnológicos están lejos de llegar a las zonas marginadas de Colombia, en comparación al alcance de las semillas híbridas y transgénicas vendidas por multinacionales. Por su parte, la academia está en deuda con el campo colombiano en términos de dar soluciones tecnológicas reales y transferibles a los productores, sin transgredir sus creencias, costumbres y en general su soberanía alimentaria. Dentro de la biotecnología existe una rama muy útil para este fin: el cultivo de tejidos vegetales *in vitro* (CTVI), área en donde Utopía desea impactar la Colombia profunda y necesitada de tecnologías, aun cuando no sean nuevas para la agricultura comercial.

Implicaciones del cultivo de tejidos vegetales *in vitro* (CTVI)

Los avances biotecnológicos en el sector agrícola permiten generar procesos de desarrollo utilizando los CTVI (Perea, 1991). Así mismo, en la actualidad hay

una serie de técnicas *in vitro* ya comprobadas y extensivamente desarrolladas a lo largo del mundo destinadas a las demandas de la agricultura (Melgarejo, Romagosa y Duran, 2014).

Los protocolos de CTVI se diseñan para proveer niveles óptimos de carbohidratos, componentes orgánicos, nutrientes minerales, factores ambientales (luz, ambiente gaseoso, temperatura y humedad), y reguladores de crecimiento requeridos (Olmos, Luciani y Galdeano, 2010). En el caso de la micropropagación masiva es importante obtener altas tasas de multiplicación, material homogéneo y limpio, además de tener costos de producción razonables para facilitar que sea comercialmente viable (Rout, Samantaray y Das, 2000).

Tabla I. Sistemas utilizados en el CTVI y sus aplicaciones.

Programación masiva		
Clonal	Cultivo de meristemos Cultivo de yemas	Multiplicación de clones seleccionados a gran escala, en poco tiempo y en espacios reducidos
No clonal	Cultivo de esporas	Multiplicación de plantas a gran escala, en poco tiempo y en espacios reducidos conservando la variabilidad genética
	Cultivo de embriones sexuales	
Limpieza de material vegetal		
Cultivo de meristemos	Eliminación de enfermedades virales (virus, viroides y micoplasmas)	
Microinjertación		
Mejoramiento genético		
Variación somaclonal	Ampliación de variabilidad genética en poblaciones vegetales que permitan determinar características agronómicas favorables	
Hibridación somática	Transferencia de genes, macromoléculas y organelos celulares con la posibilidad de lograr la producción de componentes deseados	
Rescate de embriones	Recuperación de híbridos incompatibles resultado de cruces interespecíficos o intergenéricos	
Producción de plantas haploides, triploides	Desarrollo de líneas homocigotas para producción de híbridos interespecíficos y otros usos en programas de mejoramiento	
Producción y cuantificación de germoplasmas		
Almacenamiento de gran cantidad de material vegetal por periodos prolongados		
Producción de metabolitos secundarios		
Obtención de sustancias de aplicación industrial por extracción a partir de plantas micropropagadas o de callos		

Fuente: adaptado de Perea (1991) y Hartmann, Kester, Davies y Geneve (2002).

La revigorización del material vegetal es una ventaja y uno de los logros más interesantes del CTVI, especialmente en aquellas plantas cuyas características de reproducción sexual son limitadas. Las cualidades juveniles obtenidas a partir de la micropropagación se han expresado de manera específica en diferentes plantas, en términos de mejor capacidad de enraizamiento (Rodríguez, 2006), desarrollo de mecanismo de defensa (tricomas) (Avato, Morone, Ruta y D'Elia, 2005), variación en el contenido de poliamidas (Heloir, Fournioux, Barbier, Jeandet y Bessis, 1998), mayor capacidad de actividad antioxidante (Santos, Seabra, Andrade, Fernandes, 2003; Liu, Murch, EL-Demerdash y Saxena, 2004), mayor volumen de aceites esenciales (Arikat, Jawad, Karam y Shibli, 2004), mayor vigor, entre otros.

En Colombia, se destaca el valioso aporte a los sistemas de propagación de flores y banano bajo condiciones *in vitro*. Los resultados de estudios liderados por el profesor Antonio Angarita y realizados en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, sirvieron de base para sistemas de propagación en el resto del mundo, demostrando que, con técnicas relativamente sencillas, se pueden tener resultados importantes. Lastimosamente, esta tecnología es prácticamente desconocida en muchos rincones de Colombia, particularmente aquellos en los que difícilmente llegan ingenieros agrónomos e insumos de calidad, incluyendo material vegetal de propagación.

¿Por qué un laboratorio de biotecnología vegetal en Utopía?

Una carencia sustancial dentro de la formación de los futuros ingenieros agrónomos de Utopía es el conocimiento en la producción de material vegetal de alta calidad y libre de patógenos. Las actividades de práctica productiva que los estudiantes de Utopía llevan a cabo se basan en la implementación de diferentes sistemas de producción, sin embargo, los sistemas de producción agrícolas requieren de material vegetal de alta calidad y libre de patógenos para el establecimiento de los cultivos.

Lastimosamente este tipo de material vegetal de propagación es escaso en Colombia, lo que disminuye los rendimientos por cuenta de infestaciones de

patógenos y poco vigor de los cultivos. En Utopía, los cultivos no escapan a esta situación, lo que impide estrechar la distancia entre las tecnologías de propagación que mejoran la productividad y las realidades del campo colombiano que parecen limitarla. Así, se necesitan estrategias y alternativas que rompan estos círculos viciosos en los que la realidad supera al ideal técnico.

El CTVI es una técnica ampliamente conocida en el mundo, sin embargo, en Colombia solo es accesible a un grupo limitado de académicos o de grandes empresarios de cultivos de exportación que conocen su potencial. Esta restricción es aún mayor en las zonas apartadas del país donde es prácticamente desconocida.

Los estudiantes de Utopía provienen de diferentes lugares de Colombia en donde no se conocen las ventajas de tecnologías que mejoran la producción. Para los futuros ingenieros, el compromiso de retorno a sus zonas de origen implica la responsabilidad de llevar tecnologías novedosas que contribuyan al aumento de los rendimientos, es decir, tienen la responsabilidad de romper los círculos negativos que la realidad parece imponer, por ejemplo, el desconocimiento y la consecuentemente imposibilidad de aplicar técnicas que parecen inalcanzables para las regiones apartadas de Colombia.

La mediación a través del laboratorio de CTVI en Utopía permite acercar el campo colombiano a la academia de una forma sin precedentes. Las razones son, en primer lugar, que los estudiantes vienen de los lugares más alejados de la tecnología; en segundo lugar, que se abriría la posibilidad de nuevos emprendimientos regionales en torno al proceso de obtención de material vegetal de calidad, dadas las características de liderazgo social, político y productivo explícitos en el perfil del ingeniero agrónomo de Utopía y la evidente brecha entre las personas que tienen el conocimiento en CTVI y los emprendedores en las regiones; y en tercer lugar, el conocimiento de la técnica permitirá a los futuros ingenieros su utilización de la tecnología, como implementadores o como usuarios, en ambos casos se requiere conocimiento técnico y así se abren las posibilidades para mejorar las condiciones de los sistemas agrícolas en términos de vigor y calidad sanitaria.

El primer caso de buen ejemplo

El problema detectado

En la dinámica del programa se han evidenciado los problemas que han tenido los estudiantes con la obtención de semillas certificadas, específicamente en la asignatura de proyecto productivo en zona de origen, dictada en los últimos cuatrimestres, lo que genera problemas al momento de la producción. Un problema latente es la obtención de colinos (semilla) para siembra de plátano en el país, debido a la propagación de material infectado por *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* Raza Tropical 4, y teniendo en cuenta que el proyecto productivo de 60 de los 253 egresados del programa de Ingeniería Agronómica implementa cultivo de plátano, principalmente en Arauca, Meta, Casanare y Caquetá (D. Felchas, comunicación personal, 20 de febrero de 2020), se crea la necesidad de solucionar éste problema e implementar tecnologías que mitiguen los impactos generados.

La descripción del caso

En Colombia están identificadas cuatro zonas productoras de plátano: Urabá, Antioquia (noreste y centro), Llanos orientales y sur del Cauca (tabla 2); siendo Antioquia el principal departamento productor con un 10,16 % del total de área cultivada (Agronet, 2018). El cultivo de las musáceas, con todas sus variedades, ocupa un área de 561.922 ha, de las cuales el 11,27 % son dedicadas para el mercado de exportación y el 88,76 % restante contribuye la base de la alimentación para las familias colombianas (López, 2019).

De acuerdo con las cifras provisionales del ENA, para el primer semestre de 2019 se reportaron 316.107 ha de plátano; el área de edad productiva o cosechada fue 252.123 ha y su producción de 887.550 ton (DANE, 2020).

Tabla 2. Área, producción y rendimiento de los principales departamentos productores de plátano.

Departamento	Área (Ha)				Producción (Ton)				Rendimiento (Ton/Ha)			
	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
Antioquia	47.716,90	42.232,60	42.474,70	42.488,15	401.798,82	345.613,21	324.220,88	355.732,40	8,42	8,18	7,63	8,37
Arauca	29.197,00	28.008,00	26.428,90	29.460,30	428.048,00	542.074,00	667.516,36	724.236,80	14,66	19,35	25,26	24,58
Caldas	11.467,00	19.796,49	21.653,30	22.077,30	68.592,93	245.284,35	250.370,00	284.543,00	5,98	12,39	11,56	12,89
Casanare	1.896,00	2.090,00	1.622,00	2.186,00	20.806,40	26.205,65	23.261,70	32.190,70	10,97	12,54	14,34	14,73
Córdoba	24.979,50	26.760,90	23.489,00	24.556,00	224.848,48	257.634,74	258.898,84	291.097,50	9,00	9,63	11,02	11,85
Meta	15.009,00	15.059,50	21.607,00	22.735,50	256.197,00	274.197,00	434.291,50	458.394,90	17,07	18,21	20,10	20,16
Quindío	23.339,00	25.280,00	25.958,82	26.026,52	232.961,50	266.739,00	253.355,60	266.414,59	9,98	10,55	9,76	10,24
Valle del Cauca	28.981,90	28.054,60	27.518,80	27.844,30	262.661,50	323.297,60	267.666,80	258.337,90	9,06	11,52	9,73	9,28

Fuente: Agronet (2018).

Arauca es el departamento con mayor rendimiento (24.58 ton/ha) y mayor producción (724.234 ton) del país, seguido del Meta con 20.16 ton/ha y 458.395 ton, respectivamente. El departamento del Casanare registró para el 2019 un total de 3.330 ha con una producción de 48.358 ton (I.A Yeni Alfonso, Gobernación del Casanare, comunicación personal, 14 de marzo de 2020).

La principal dificultad en la producción de este producto en Colombia es la baja inversión en el establecimiento y desarrollo de la plantación, lo que implica tareas como la adecuación de terreno, labores culturales, plantas de fertilización, sistemas de riego y drenaje. Además, la principal problemática es la implementación de material de siembra de mala calidad o no certificado, lo que incide en la proliferación de inconvenientes de tipo fitosanitarios (Gañán, Bolaños y Asakawa, 2011).

Teniendo en cuenta que los dos departamentos más productores del país pertenecen a la región de la Orinoquía, la Universidad de La Salle, desde su programa de Ingeniería Agronómica, ve la posibilidad de tener un laboratorio de biotecnología para obtener material vegetal de alta calidad y así mitigar el impacto generado en las zonas productoras de plátano, con el reporte de la amenaza que se presenta con la presencia de la cepa del patógeno fúngico descrito como *Fusarium odoratissimum*, anteriormente conocido como *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc), agente causal de la marchitez por *Fusarium*.

De este hongo se conocen cuatro razas, tres de ellas reportadas tanto para plátano como para banano. Durante 1990, en Taiwán se tuvo el primer reporte de afectación de Foc R4T en cultivares Cavendish, alcanzando una afectación

de 1.200 ha en tan solo 12 años (ICA, 2013). En Colombia, el plan de bioseguridad y vigilancia fitosanitaria para marchitez por *Fusarium* está reglamentada desde el año 2013, mediante la resolución ICA17334 de 2019.

La diseminación del patógeno se produce principalmente por movimiento de material vegetal de siembra contaminado. Los síntomas inician con el amarillamiento de las hojas desde la margen hacia la nervadura central, luego se descuelgan hacia el tallo, permaneciendo solamente la hoja bandera en su lugar; además, el pseudotallo presenta coloraciones marrones y rojizas al realizar un corte transversal. Actualmente, no hay medidas de manejo efectivas para el control de Foc R4T, ni se han identificado variedades resistentes (ICA, 2019).

La mayoría de las especies de plátano y banano, de importancia económica del género *Musa*, presentan características de partenocarpia, por lo que su propagación se realiza vegetativa o asexualmente bajo los diferentes métodos de propagación convencional. Este tipo de propagación surge a partir de los cornos extraídos directamente de la planta madre y establecidos en las nuevas parcelas o plantaciones. También se trabaja la multiplicación de los microcornos de la planta madre cultivados en vivero y, con menor frecuencia, la multiplicación de las yemas secundarias producidas en cámara húmeda o camas de semilla y cultivadas en vivero. El uso de estas técnicas ha generado riesgos en la diseminación de plagas y enfermedades (Fajardo et al, 2013).

En junio de 2019 se confirmó la presencia de *Fusarium* Raza 4 tropical en dos fincas bananeras en el departamento de la Guajira (ICA, 2019). Dada esta situación, el riesgo de diseminar la enfermedad y la baja disponibilidad de semilla de buena calidad limitan el establecimiento de nuevos cultivos o nuevas asociaciones que impulsen el desarrollo económico-social (Delgado, González, Romero y Moreno, 2002).

La solución planteada

Con el fin de mitigar esta problemática se hace necesaria la implementación de técnicas de Biotecnología vegetal como el CTVI para producir alimentos

de mayor calidad, mejor rentabilidad y capacidad adaptativa de la especie a diferentes condiciones ambientales.

Para el establecimiento de las vitroplantas de plátano se hace necesario implementar cornos de plantas madre de alto rendimiento productivo, libre de daños mecánicos originados por artrópodos o patógenos fúngicos (Castro y Díaz, 2011). Una vez establecido el banco de plantas madre, se procede a tomar los hijuelos para realizar en laboratorio el tratamiento respectivo, posteriormente son desinfectados antes de la extracción del meristemo apical o microcorno, de los cuales cada uno tiene el potencial de producir más de mil clones con las mismas características del donante (Orellana, García, Bermúdez, Veitía y Romero, 2002). Una vez establecida las plantas *in vitro* se inicia el proceso de aclimatación, donde se debe garantizar una alta humedad bajo microtúneles. Por último, los clones son transferidos a vivero para realizar procesos de adaptación (Acosta y Galindo, 2016; Fajardo et al., 2013).

A pesar de los múltiples beneficios obtenidos a partir de la técnica CTVI, es sabido que la etapa crítica que presentan las vitroplantas es al transferirlas a vivero. Al inicio de la etapa *ex vitro*, cuando se presenta un alto índice de mortalidad y limitaciones para resistir el estrés del trasplante. Esto, debido al poco desarrollo de la cutícula foliar que presenta la planta, el ineficiente cierre estomático, baja adaptabilidad a los hábitos heterotróficos y el pobre desarrollo de raíces, lo que conlleva a la implementación de organismos mutualistas benéficos que mitigan estos efectos negativos en las vitroplantas en *ex vitro* (Usuga, Castañeda y Franco, 2008). Estos organismos simbiosiontes realizan asociaciones con más del 95 % de especies vegetales de todo el reino vegetal, las cuales se benefician potencialmente de los hongos, mediante el suministro continuo de nutrientes (Carreón, Gómez y Marínez, 2008). Asimismo, en la agricultura se viene presentando un mayor interés agronómico por la implantación de estos sistemas simbióticos que pueden potencializar la protección frente a ataques de plagas y enfermedades, y aumentar la tolerancia de suelos salinos y sequía (Carreón et al., 2008; Barea, Pozo y Azcón, 2016).

Más allá del laboratorio

Como universidad estamos impactando diferentes zonas donde se debe garantizar que el material vegetal que manejen nuestros estudiantes sean lo más inocuo posible. Para dar respuesta a estas necesidades el programa de Ingeniería Agronómica se tiene un plan de capacitación y entrenamiento de los estudiantes en la línea de vivero que comprende dos fases:

- I. Fase in vitro: el programa cuenta con el laboratorio de biotecnología vegetal en donde se están realizando diferentes investigaciones a nivel de cultivos in vitro (figura 1). Además, se están estandarizando metodologías para la obtención de material vegetal de colinos de plátano totalmente libre de plagas y enfermedades.



Figura 1. Práctica de siembra de meristemos de plátano desarrollado en el laboratorio de biotecnología de la Universidad de La Salle

Fuente: elaboración propia.

2. Fase *ex vitro*: también conocida como aclimatación de plantas provenientes de cultivo del laboratorio. Es una etapa muy importante, considerada como la fase crítica ya que las plantas no toleran el cambio de las condiciones ambientales del laboratorio como: un ambiente estéril, humedad relativa elevada y un medio rico en nutrientes a las condiciones presentadas en el invernadero.

La fase *in vitro* incluye una serie de etapas que permiten en desarrollo óptimo del material vegetal que va desde la selección y desinfección del material inicial, el establecimiento del explante, su propagación y enraizamiento.

La etapa de endurecimiento se lleva a cabo en el invernadero de la Universidad de La Salle, el cual cuenta con una cubierta de polietileno y con doble puerta para mantener la asepsia, además de un sistema de nebulizadores y cortinas de polisombra negra para mantener la temperatura por debajo de los 35 °C. Durante la primera semana se mantiene la humedad relativa del 90 % y, entre la tercera y cuarta semana, se va bajando paulatinamente hasta alcanzar 70 % así, evitar que la planta se deshidrate y, por el contrario, permita el crecimiento de raíces y hojas.

Otra condición es el tipo de sustrato utilizado, el cual debe generar las condiciones de aireación del 10 al 25 % y retención de humedad entre el 40 y 45 % para el óptimo crecimiento de las raíces, sin olvidar el pH del sustrato que es un factor determinante en el desarrollo de las vitroplantas el cual debe estar entre 5,5 y 6,5 (Galán et al., 2018). Para este caso se trabajará mezcla entre turba y fibra de coco, la cual ha dado muy buenos resultados en procesos de aclimatación y endurecimiento. En cuanto al manejo fitosanitario, se realizarán aplicaciones preventivas hasta que la planta esté más robusta y sea capaz de tolerar ciertos ataques. Todo ello implica que las plantas deben adaptarse, de una condición heterótrofa a una autótrofa, la cual se lleva a cabo en la fase de aclimatación.

Conclusiones

La iniciativa descrita en este texto y materializada en el campus Utopía de la Universidad de La Salle, tiene como finalidad que los estudiantes de último semestre tengan dentro de su proyecto productivo plantas de plátano de la mejor calidad sanitaria. Para esto, la Universidad facilitará la obtención de semilla certificada desde la línea de vivero, lo que garantiza la calidad en producción. Adicionalmente, se contribuirá a la reducción de procesos de diseminación de enfermedades o plagas por todo el país a través de la red de futuros ingenieros agrónomos utopienses. Con esta iniciativa también se contribuirá a la reducción del impacto ambiental generado por el uso de plaguicidas para el control de los agentes patógenos a nivel de campo.

Referencias

- Acosta, E. y Galindo, L. (2016). Efectos conjuntos del BIOBRÁS-16 y diferentes tiempos e intensidades de iluminación en plantas de banano in vitro *musa* spp. Cv. FHIA-18 en la fase de aclimatización. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 7(22), 48-62. <https://n9.cl/5bgx>
- Agronet. (2018). *Área, producción y rendimiento nacional por cultivo* (estadísticas home). <https://n9.cl/g1jiv>
- Arikat, N., Jawad, F., Karam N. y Shibli R. (2004). Micropropagation and accumulation of essential oils in wild sage (*Salvia fruticosa* Mill). *Scientia Horticulturae*, 100(1-4), 193-202. doi: 10.1016/j.scienta.2003.07.006
- Avato, P., Morone, I., Ruta, C. y D'Elia, R. (2005). Glandular hairs and essential oils in micropropagated plants of *Salvia officinalis* L. *Plant Science*, 169(1), 29-36. doi: 10.1016/j.plantsci.2005.02.004
- Barea, J., Pozo, M. y Azcón, C. (2016). *Significado y aplicación de las micorrizas en agricultura*. <https://n9.cl/9ddcm>
- Castro, D. y Díaz, J. (2011). Propagación clonal in vitro de plantas de banano (*Musa AAA*) clon "Giant cavendish" en biorreactores de inmersión temporal. *Revista Universidad Católica de Oriente*, 24(31), 31-41. <https://n9.cl/ycee7>
- Carreón, Y., Gómez, N. y Martínez, M. (2008). Las micorrizas arbusculares en la protección vegetal. *Revista Biológicas*, 10(1), 60-70. <https://n9.cl/ju0x>

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Boletín técnico. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)*. <https://n9.cl/evlu>
- Delgado, E., González, D., Romero, D. y Moreno, N. (2002). *Comportamiento productivo de vitroplantas del clon plátano hartón (Musa AAB) en los llanos occidentales de Venezuela*. [Memorias]. XV reunión Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. Cartagena de Indias, Colombia.
- Fajardo, J., Lutaladio, N., Larinde, M., Rosell, C., Barker, I., Roca, W. y Chojoy, E. (2013). *Material de propagación de calidad declarada. Protocolos y normas para cultivos propagados vegetativamente* (informe no. 195). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://bit.ly/39msfG>
- Galán, V., Rangel, A., López, J., Hernández, J. B. P., Sandoval, J. y Rocha, H. (2018). Propagación del banano: técnicas tradicionales, nuevas tecnologías e innovaciones. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(4), e-574. doi: 10.1590/0100-29452018574
- Gañán, L., Bolaños, M. y Asakawa, N. (2011). Efecto de la micorrización sobre el crecimiento de plántulas de plátano en sustrato con y sin la presencia de nematodos fitoparásitos. *Acta Agronómica*, 60(4), 297-305. <https://n9.cl/p0k2c>
- Gobernación de Casanare. (2020). *Dimensión económica*. <https://bit.ly/2OSzvw0>
- Golyshin, P. (2005). Chemical biotechnology: what's new, what's next? *Current Opinion in Biotechnology*, 16(6), 585-587. doi: 10.1016/j.copbio.2005.10.013
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F. y Geneve, R. (2002). *Plant propagation: principles and practices*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Heloir, M., Fournioux, C., Barbier, M., Jeandet, P. y Bessis, R. (1998). Endogenous polyamine concentrations in juvenile, adult and micropropagated grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir). *Vitis*, 37(1), 61-62.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2013). *Fusarium Raza 4 Tropical*. Bogotá: ICA. <https://bit.ly/3fW5TKd>.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2019). *Alertas tempranas fitosanitarias. Marchitez por Fusarium Raza 4 Tropical-Foc R4T Alerta Amarilla*. (Boletín n.º 6). <https://n9.cl/zbc7>
- Inzé, D. (2005) Plant biotechnology helps to build a sustainable economy. *Current Opinion in Biotechnology*, 16(2), 109-111. doi: 10.1016/j.copbio.2005.03.005

- Liu, C., Murch, S., EL-Demerdash, M. y Saxena, P. (2004) Artemisia judaica L.: micropropagation and antioxidant activity. *Journal of Biotechnology*, 110(1), 63-71. doi: 10.1016/j.jbiotec.2004.01.011
- López, L. (2019, 13 de julio). *Llega a Colombia la peste devastadora del banano y el plátano*. *El Mundo.com*. <https://n9.cl/wnov>
- Melgarejo, P., Romagosa, I. y Duran, N. (2014). Biotecnología agrícola. *Arbor*, 768(190), a152. doi: 10.3989/arbor.2014.768n4006
- Moses, V. (2004). Biotechnology and science policy. *Current Opinion in Biotechnology*, 15(3), 237-240. doi: 10.1016/j.copbio.2004.05.002
- Olmos, S., Luciani, G. y Galdeano, E. (2010). "Micropropagación". En G. Levitus, V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp y L. Mroginski (eds.), *Biotecnología y Mejoramiento Vegetal: II* (pp. 353-363). Buenos Aires: ArgenBio. <https://n9.cl/l9et3>
- Orellana, P., García, L., Bermúdez, I., Veitía, N. y Romero, C. (2002). Manejo de hijos y ápices de cultivares de Musa spp. para iniciar la micropropagación y comportamiento durante seis subcultivos in vitro. *Biotecnología Vegetal*, 2(2). <https://n9.cl/237r>
- Perea, M. (1991) Biotecnología agrícola mediante la utilización de sistemas in vitro. *Revista de Agricultura de las Américas*, 5(10).
- Puentes, R., y Toca, D. (2017). *Plan de Desarrollo municipio de Yopal 2018-2019*. Yopal: Alcaldía Municipal de Yopal. <https://n9.cl/87wu>
- Restrepo, J., Ángel, D. y Prager, M. (2000). *Actualización profesional en manejo de recursos naturales, agricultura sostenible y pobreza rural: Agroecología*. Santo Domingo: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. <https://n9.cl/lx7uy>
- Rodríguez, C. (2006). *Propagación in vitro de plantas medicinales en Cuba*. [Memorias]. II Segundo Congreso Internacional de Plantas Medicinales y Aromáticas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Colombia.
- Rout, G., Samantaray, S. y Das, P. (2000). In vitro manipulation and propagation of medicinal plants. *Biotechnology Advances*, 18(2), 91-120. doi: 10.1016/s0734-9750(99)00026-9
- Santos, P., Seabra, R., Andrade, P. y Fernandes, M. (2003). Determination of phenolic antioxidant compounds produced by calli and cell suspensions of

- sage (*Salvia officinales*). *Journal of Plant Physiology*, 160 (9), 1025-1032. doi: 10.1078/0176-1617-00831
- Sasaki, T. y Christou, P. (2004). Plant biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 15, 117-119. doi: 10.1016/j.copbio.2004.03.004
- Usuga, C., Castañeda, D. y Franco, A. (2008). Multiplicación de hongos micorriza arbuscular (H.M.A) y efecto de la micorrización en plantas micropropagadas de banano (*Musa AAA* cv. Gran Enano) (Musaceae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4279-4290. <https://n9.cl/gi0l>