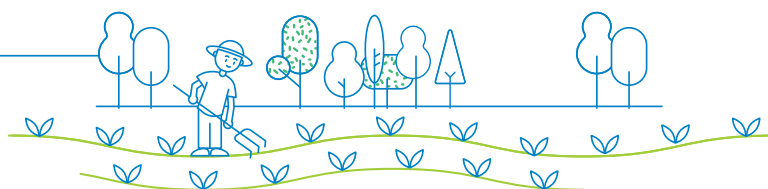




# INFORME ANUAL DE LABORES DIECA 2023



## INFORME ANUAL DE LABORES DIECA 2023

© LAICA, Costa Rica.  
Prohibida la reproducción total o parcial.  
Todos los derechos reservados.

## CONTENIDO

### PARTE I. PROGRAMAS NACIONALES

- 12 Programa Variedades
- 24 Programa Productividad Agrícola
- 66 Programa Fitosanidad
- 82 Fitopatología

### PARTE II. UNIDAD BIOTECNOLÓGICA

- 96 Laboratorio Cultivo de Tejidos
- 108 Laboratorio Microbiología Cañera
- 126 Laboratorio Biología Molecular
- 134 Laboratorio Control Biológico

### PARTE III. EXTENSIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

- 142 Actividades de Capacitación
- 150 Publicaciones





#### **Gerente DIECA**

Alejandro Rodríguez Morales, M.Sc.

#### **Programa Variedades**

Pablo Carvajal Quesada, Ing.Agr.

Jose Eduardo Vargas Miranda, Ing.Agr.

Ricardo Vega Alfaro, Bach.Agr.

#### **Programa Productividad Agrícola**

Javier Bolaños Porras, Ing.Agr.

Luis Rojas Molina, Bach.Agr.

#### **Programa Fitosanidad**

Kevin Núñez Chacón, Ing.Agr.

Rafael Conejo Ugalde, Bach.Agr.

Rodrigo Oviedo Alfaro, Tec.Agr.

Erick Chavarría Soto, Ing.Agr.

#### **Regiones Cañeras**

Álvaro Angulo Marchena, M.Sc.

Matías Bonilla Gutiérrez, Bach.Agr.

Carlos Morales Araya, Ing.Agr.

Gerardo Fonseca Brenes, Ing.Agr.

Julio Barrantes Mora, Bach.Agr.

Randall Ocampo Chinchilla, Bach.Agr.

#### **Unidad Biotecnológica**

Mariel Villalobos Álvarez, Lic.Sc.

Hellen Moya Granados, Bach.Sc.

Ana María Conejo Barboza, M.Sc.



# PRESENTACIÓN

El embate del clima en la producción de caña de azúcar ha sido especialmente grave en los últimos 3 años debido al posicionamiento, prácticamente continuo, del fenómeno La Niña en la región; esta situación no se producía desde el período 1999-2001, y solo se tiene registro de ocurrencia en tres ocasiones anteriores en los últimos 70 años. La Niña aporta precipitaciones significativamente mayores al promedio histórico en toda la región del Pacífico y en el Valle Central, lo cual afecta el normal crecimiento del cultivo y resulta en rendimientos agrícolas bajos. Este fenómeno, en conjunto con las bajas tasas de fertilización aplicadas como consecuencia del alto costo de estos insumos entre el año 2001 y 2002, provocó una merma importante en la producción de caña en la zafra 2022-2023 y puso de manifiesto la necesidad de evolucionar hacia un sistema productivo más resiliente y menos dependiente de insumos externos.

Consecuentemente, el Departamento de Investigación y Extensión de la caña de azúcar (DIECA) ha venido robusteciendo sus líneas de trabajo en múltiples ámbitos, dentro de los que destacan: la mejora genética de variedades por medio de técnicas tradicionales (hibridación) y técnicas alternativas (mutagénesis y edición genética); el incremento en la cobertura de importantes programas como semilla básica mejorada (*in vitro* y yemas) y agentes de control biológico; el desarrollo de nuevos bioinsumos (controladores biológicos biofertilizantes, biofermentos); la validación de nuevos sistemas de siembra; el desarrollo de mejores sistemas para el control de malezas, plagas y fitopatógenos; la validación de nuevos paquetes nutricionales para el cultivo; una mayor variedad de servicios de diagnóstico en laboratorio y campo; y, mediante el refuerzo en los programas de Asistencia Técnica y Extensión Agrícola.

Complementariamente, DIECA ha venido apoyando y validando todas las iniciativas relacionadas con la Agricultura de Precisión o “*agricultura de sitio*”, evaluando nuevas herramientas digitales de diagnóstico remoto y validando sistemas de aplicación mediante drones. Además, se presenta en DIECA, una clara disposición a desarrollar paquetes tecnológicos enfocados en la reducción de la emisión de Gases de Efecto Invernadero, para lo cual desarrolla la NAMA caña de azúcar en conjunto con el Departamento de Sostenibilidad de LAICA y la participación del sector agroindustrial nacional.

En el ámbito del mejoramiento genético de variedades, el programa ha reforzado su capacidad para la obtención de nuevos materiales genéticos con mejor adaptación y productividad mediante los procesos tradicionales de hibridación; y a la vez, incorporando con la colaboración de los Laboratorios de Cultivo de Tejido y Biología molecular, nuevas técnicas mediante la mutagénesis y la edición de genes, las cuales ofrecen posibilidades ampliadas de crear variedades de caña superiores. Complementariamente, se estableció la caracterización molecular de los materiales idóneos en los cruzamientos y así lograr generar una alta variabilidad genética en la progenie; este análisis fue desarrollado y optimizado por el Laboratorio de Biología Molecular. El programa de Variedades mantiene en todo el país, 114 ensayos en campo, con una preselección de 4.071 variedades de caña con características de interés productivo.





Este trabajo se reforzó con la introducción durante el año 2023, de 83 materiales extranjeros aprovechando diferentes convenios que LAICA ha suscrito con importantes centros de mejora genética de la caña como CIDCA (México), Ridesa (Brasil), CENGICAÑA (Guatemala) y CINCAE (Ecuador), lo cual, sin lugar a duda, permitirá incrementar el “pool genético” existente en el país. Se espera, además, que un importante número de variedades que muestra altos niveles productivos en fases avanzadas de selección, sean liberadas en el corto y mediano plazo, fijando las bases para el incremento de los índices productivos y permitiendo ampliar el área de cobertura nacional con variedades LAICA, el cual, según el Censo Cañero del año 2022, alcanzó el 18%. Algunos ejemplos de estos materiales son: LAICA 06-328 y LAICA10-207 (región Sur), LAICA 08-361, LAICA 08-390, LAICA 08-361 y LAICA 09-374 (Guanacaste Oeste), LAICA 15-327 y LAICA 08-361 y LAICA 09-374 (Guanacaste Este y Pacífico Central), y, LAICA 12-340, LAICA 15-216 y LAICA 15-230 (Juan Viñas-Turrialba).

Con la injerencia del programa de Productividad Agrícola (anteriormente denominado Agronomía), se logró aumentar la cobertura del programa de abastecimiento de semilla básica mejorada de alta pureza genética y fitosanitaria proveniente de cultivo de tejidos vegetales y tratamiento hidrotérmico; esto con el objetivo de establecer semilleros básicos en todas las regiones cañeras del país e incidir positivamente en el incremento del área de renovación nacional con materiales altamente adaptables y productivos. Este programa entregó un total de 438.315 unidades, cifra superior a la del año 2022 cuando se alcanzó las 411.000 unidades. El desarrollo de bioinsumos como los biofertilizantes y agentes de control biológico, avanzó significativamente y permitirá, en el corto y mediano plazo, reducir la cantidad e intensidad de aplicación de fertilizantes e insecticidas, brindando así una mayor capacidad al sistema productivo para regenerarse, alcanzar una mayor resiliencia y potenciar su capacidad genética de producir biomasa y azúcar.

Ensayos desarrollados por el programa en varias regiones y en diferentes órdenes de suelo (inceptisoles, ultisoles y vertisoles), han evidenciado el gran potencial de los biofertilizantes a base de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y solubilizadoras de fósforo (BSF), para producir incluso más caña y más azúcar, con menores tasas de fertilización química respecto a la recomendación

tradicional. Esta línea de investigación inició en 2019, antes de que se presentara la crisis que elevó el costo de estos insumos y servirá de apoyo ante una situación similar.

El papel de Laboratorio de Microbiología Agrícola Cañera (LMAC) en este proyecto ha sido fundamental, dotando de los aislamientos y de los bioinsumos necesarios para las etapas iniciales de laboratorio e invernadero. El paquete tecnológico de producción cañera estará también sujeto a los resultados de estudios avanzados que dilucidaron un buen efecto de coberturas vegetales y abonos verdes, como el caso de *Crotalaria juncea* y *C. spectabilis*; el empleo de abonos orgánicos y bioestimulantes; la aplicación de enmiendas cálcicas-magnésicas, sobre todo para suelos del orden ultisol; sistemas de siembra como el “esqueje transversal”, con el cual se ahorra hasta un 75% en el volumen de semilla por unidad de área; y la aplicación de madurantes, inhibidores de floración y fertilizantes foliares mediante el uso de drones, con lo que se espera incrementar los índices productivos, y a la vez, reducir drásticamente los costos de aplicación. Adicionalmente, dentro de la gestión del programa de Productividad Agrícola, se realizaron varios estudios para medir y diagnosticar el nivel de compactación del suelo cañero en los cantones de Turrialba y Alvarado, los cuales permitieron dilucidar la relación entre el tipo de cosecha y el nivel de compactación resultante en diferentes ordenes de suelo, y permitieron también, idear sistemas para la mitigación y prevención de este problema.

En el ámbito de las plagas, la variabilidad climática ha sido, indudablemente, el detonante de situaciones verdaderamente alarmantes sobre todo con el barrenador común del tallo (*Diatraea* spp), que ha sobrepasado los umbrales económicos en regiones como Norte, Sur, Guanacaste Oeste y Turrialba. Debido a los fuertes ataques de esta plaga, fue necesario inyectar mayores recursos al laboratorio de producción de parasitoide *Cotesia flavipes* a fin de incrementar su producción y ampliar la cobertura. Durante el año 2023 se liberó un total de 41,7 millones de unidades del parasitoide para una cobertura teórica de casi 7.000 ha. El parasitismo alcanzado fluctuó entre el 40 y 60%. Otras plagas tradicionales del cultivo han repuntado también como la chinche de encaje (*Leptodictya tabida*), el picudo rayado (*Metamasius sericeus*), y, en algunas regiones, el salivazo (*Aeneolamia* spp).

A efecto de atender a estas y otras plagas menores se aplicó 21,2 toneladas de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* (13,4 ton) y *Beauveria bassiana* (7,72 ton). Asimismo, como parte de los procesos de mejora, se establecieron nuevos protocolos de producción de los agentes de control biológico que permitieron mejorar su eficacia en campo. Merece especial atención la situación acontecida con la hormiga loca (*Nylanderia fulva*), que, según estimaciones del año 2023, está presente en unas 6.200 ha de cultivo de caña de azúcar. DIECA ha destinado esfuerzos muy importantes en labores de capacitación al productor cañero, de tal forma que sea capaz de prevenir su ingreso y diseminación en las fincas, y que pueda ejercer un control efectivo usando cebos impregnados con insecticida. Estas y otras acciones desarrolladas por el programa de Fitoprotección, serán ampliamente explicadas en este informe.

Finalmente, la Unidad Biotecnológica compuesta por los Laboratorios de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV), Microbiología Agrícola Cañera (LMAC) y Biología Molecular (LBM), han realizado acciones importantes como apoyo a la investigación interna de DIECA en desarrollos tecnológicos propios, y en la prestación de diferentes servicios de análisis de

laboratorio. Como se indicó, el LCTV ha venido incrementando la producción de vitroplantas para el establecimiento de semilleros básicos. Durante el año 2023 alcanzó una producción de 246.047 unidades, superando así la meta prevista de 200.000 unidades; actualmente, desarrolla estudios para implementar el uso de biorreactores de inmersión temporal para bajar costos y aumentar la producción. Además, inició un proceso de estudio para instalar un Banco de Germoplasma de las principales variedades de caña de azúcar, el cual permitirá salvaguardar estos materiales ante cualquier evento catastrófico, y a la vez, servirá como “semillero” para iniciar procesos de reproducción según demanda.

El LCTV participa activamente con el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) en el proyecto de Mutagénesis de las variedades RB 86-7515 y CP 72-2086, como alternativa para su mejora genética. Por su parte, el LMAC continuó durante el año 2023 con su importante labor de control de calidad en los procesos y productos de los laboratorios de Control Biológico y LCTV, asegurando así la entrega de los productos con las condiciones óptimas para su uso final por parte del sector productivo. Adicionalmente, el LMAC logró importantes avances en el desarrollo de nuevos bioinsumos a base de *Trichoderma* spp y de Bacterias Promotoras de Crecimiento Vegetal (BPCV), y, además, provee con estos insumos, a los programas nacionales que se encargan de evaluarlos en campo. El LMAC realiza importantes avances en la formulación de hongos y bacterias de uso agrícola, con el objetivo de brindarles mayor estabilidad en almacenamiento, mayor concentración y mejor desempeño en campo, aumentando así sus oportunidades de uso masivo en el cultivo de la caña de azúcar. Por su parte, el LBM concentró sus esfuerzos en la optimización de protocolos para el diagnóstico de enfermedades virales (virus de la hoja amarilla ScYLV, virus del mosaico ScMV), raquitismo de las socas (*Leifsonia xily*, subsp. Xily) y escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*).

Como se explicará más adelante, el LBM ofrece análisis de soporte a las investigaciones internas como la caracterización molecular de variedades mediante microsatélites, identificación de organismos mediante PCR y secuenciación de ADN y detección de Nosemosis (*Nosema* sp) en los pies de cría de *Diatraea saccharalis* y *Cotesia flavipes*. También participa en el proyecto de “Silenciamiento del gen de la floración de la variedad CP-72-2086 mediante Edición Genética”, como asistencia a la mejora genética de variedades de caña de azúcar.

En temas de capacitación, los programas nacionales y las coordinaciones regionales lograron la participación de 16.069 productores en las diferentes actividades de capacitación en las modalidades de seminarios, cursos, charlas, días de campo y demostraciones de método; asimismo, se logró el apoyo a 3.235 productores en actividades como visitas directas a finca, atención en oficinas, atención vía telefónica y otras de naturaleza individual. En total, se atendió a un total de 19.304 productores de caña de azúcar en actividades de asistencia técnica y capacitación, equiparando los niveles previos a la pandemia de Covid-19.

En temas de documentación e información se generaron 24 Boletines Agroclimáticos Caña de Azúcar y un número equivalente de Notas Técnicas contenidas en estos documentos, relacionados a temas importantes vinculados con la producción agroindustrial de azúcar. Adicionalmente, se realizaron 19 presentaciones en el XII Congreso ATALAC, siendo la institución que más aportó temas técnicos y científicos en este importante foro internacional. Finalmente, se generaron interesantes boletines relacionados con: sistema de selección de



variedades de caña de azúcar; estimulación de la floración mediante fotoperíodo y manejo integrado de la hormiga loca, entre otros.

No está de más resaltar gran el trabajo y apoyo de los Coordinadores Regionales de DIECA en temas relacionados con la investigación y el desarrollo de tecnologías de producción adaptadas a sus zonas cañeras; pero, principalmente, es importante destacar su labor como líderes regionales en asuntos de coordinación entre los componentes productivos e industriales, y como principales ejecutores en los programas de Extensión Agrícola y Asistencia Técnica, fungiendo como principales facilitadores para la Transferencia Tecnológica.

Se agradece a la Junta Directiva de LAICA, y muy especialmente al señor Edgar Herrera Echandi, Director Ejecutivo y de Comercialización de LAICA por su gran apoyo a la gestión de DIECA. Un sincero agradecimiento a la Junta Directiva de la Federación de Productores de Caña (FEDECAÑA), a su Director Ejecutivo, señor Christian Ocampo Vargas, a las Juntas Directivas de sus cámaras afiliadas; a la Junta Directiva de la Cámara de Azucareros; y a los integrantes del Comité Asesor de DIECA, señores Oldemar Navarro Acuña; Carlos Quesada Brenes, Marco Benavides Moraga, Manuel Alfonso Chaves Solís, Jesús Villalobos Gamboa, Heiner Bonilla Porras y Federico Chavarría Kopper, por su acompañamiento y recomendaciones a este Departamento. Gracias a todos por el apoyo brindado que fue crucial para haber logrado las metas y objetivos propuestos en el período.

Finalmente, el agradecimiento al excelente equipo de trabajo de DIECA en todos sus componentes: técnico, administrativo y asistencial. A todos, gracias por su dedicación y profesionalismo puestos en los proyectos, programas y servicios al productor cañero.

**Alejandro Rodríguez Morales, M.Sc**  
**Gerente DIECA**

# PROGRAMA VARIEDADES

## RESUMEN

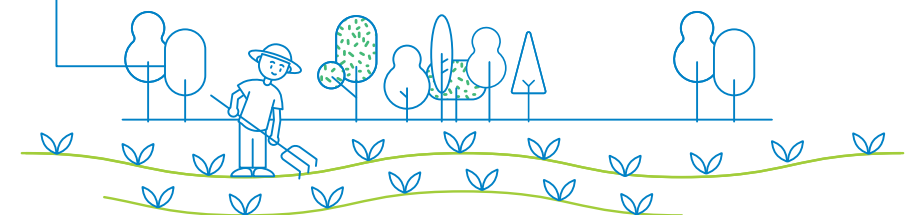
Durante el año 2023, el programa de variedades de caña de azúcar LAICA-DIECA continuó con el desarrollo, evaluación y reproducción de los materiales genéticos más destacados en los ensayos de investigación, realizando un total de 114 ensayos de investigación, con 72.516 plántulas de semilla sexual (fuzz) y 4.071 variedades clasificadas según su origen.

En la etapa de hibridación, se implementaron una serie de modificaciones en el proceso, lo que resultó en una mejora en la germinación de la semilla sexual (fuzz). Estas mejoras se lograron aplicando los conocimientos adquiridos durante la visita al CINCAE de Ecuador. Para este año, se redujo la cantidad de cruzamientos, pasando de 120 a 104, debido al tiempo adicional que requería la preparación de cada uno. Sin embargo, este esfuerzo adicional resultó en una mejor germinación, alcanzando un total de 1.364,5 gramos de semilla sexual.

Asimismo, se continuó con la importación de variedades, incorporando 83 nuevos materiales procedentes del CIDCA de México, RIDESA de Brasil, CINCAE de Ecuador y CENGICAÑA de Guatemala. Estos intercambios aprovecharon los convenios vigentes y fortalecieron las relaciones con dichos centros de investigación.

Durante 2023, se llevaron al campo un total de 30.726 plántulas provenientes de semilla sexual (fuzz) para el establecimiento de nuevos viveros primarios. Además, se evaluaron 7 ensayos en 5 regiones cañeras del país, con un total de 23.380 plántulas, lo que resultó en la generación de 216 nuevas variedades denominadas LAICA de la serie 23.

En el mismo periodo, se establecieron 35 nuevos ensayos de variedades en distintas fases de selección, distribuidos en todas las regiones cañeras del país. El objetivo principal del programa es generar nuevos materiales que maximicen la productividad en las regiones cañeras, aprovechando al máximo su potencial genético. En cada región, se introdujeron nuevos materiales para su desarrollo a nivel semi-comercial.



# INDUCCIÓN DE FLORACIÓN

El fotoperiodo, o cantidad de horas de luz, es el principal factor que induce la floración en el cultivo de caña de azúcar. Para que este proceso ocurra, la duración del día debe reducirse gradualmente, incrementando al mismo tiempo las horas de oscuridad. En Costa Rica, este fenómeno ocurre de manera natural, con el día más largo registrado el 21 de junio (solsticio de invierno), con 12:43 horas de luz, y el más corto el 21 de diciembre, con 11:32 horas de luz. Durante este intervalo, la inducción floral se presenta entre el 8 y el 20 de agosto, cuando se alcanzan 12:30 horas de luz y 11:30 horas de oscuridad (Carvajal *et al.*, 2019).

La aparición del verolís de la caña en Costa Rica, que ocurre entre octubre y enero, está determinada no solo por este momento de inducción, sino también por factores como la genética, altitud y temperatura. Este amplio periodo provoca que no todas las variedades florezcan de manera sincronizada, dificultando la realización de algunos cruzamientos. Además, ciertas variedades comerciales importantes no florecen bajo condiciones naturales. Por ello, en 2023 se probaron diversos métodos para inducir y sincronizar la floración en variedades específicas que presentan una fase reproductiva muy baja o desfasada. Estas pruebas se realizaron en su totalidad en la Estación Experimental de DIECA.

Durante 2023, se probó un sistema de inducción a campo abierto con 38 variedades, las cuales se dejaron sin cosechar por dos años. En regiones como Juan Viñas y Turrialba, donde la caña se cosecha a partir de los 18 meses, se observó que algunas variedades florecen después de este tiempo. Sin embargo, los resultados mostraron que

... aumentar el tiempo de vida de la planta más de 12 meses no influye significativamente en la floración. Se obtuvieron flores de solo dos variedades (NCo 376 y RD 75-01), las cuales también florecieron en localidades cercanas, por lo que no se puede atribuir exclusivamente al tiempo de vida la floración observada.



**Figura 1.**  
Casa de fotoperiodo ubicada en la Estación Experimental DIECA, Santa Gertrudis Sur de Grecia

Adicionalmente, se incluyó un tratamiento con un madurante para caña de azúcar proporcionado por la empresa Sumitomo, que había mostrado inducción de floración en algunas variedades. Este tratamiento se replicó en pequeñas parcelas en la Estación Experimental de DIECA.

En el sistema de inducción en cámara de fotoperiodo, se trabajó con rebrotes de 27 variedades seleccionadas por su baja o nula floración. Se utilizó la curva de luz estándar, alargando el fotoperiodo a 13 horas durante 20 días para luego reducirlo un minuto por día hasta llegar a 11 horas con 30 minutos. Además, se implementó un sensor "Arable" para medir variables como intensidad lumínica, calidad de



luz y temperatura, lo que permitió identificar puntos de mejora en la producción de flores. Los resultados indicaron que la cantidad de luz dentro de la cámara era insuficiente, con solo 1.7 w/m<sup>2</sup>, muy por debajo de los 120 w/m<sup>2</sup> necesarios para una hora de luz efectiva.

La relación de longitud de onda entre rojo y rojo lejano también fue inadecuada. Los datos mostraron que la relación de rojo/rojo lejano después de la tarde alcanzaba 3, mientras que para la inducción floral se requiere una mayor cantidad de espectro rojo lejano (680-800 nm). Ambas observaciones sugieren la necesidad de mejorar el sistema de iluminación, posiblemente reemplazando los bombillos actuales por fluorescentes y de luz amarilla, como se utiliza en Ecuador, donde los resultados de floración en cámara son superiores. Además, se propone regular la temperatura nocturna, que actualmente cae fuera del rango adecuado para la inducción de la floración.

## Cruzamientos genéticos

La campaña de cruzamientos del año 2023, que dio origen a las variedades LAICA, inició el 1 de noviembre en la casa de hibridación ubicada en las instalaciones de la Estación

Experimental de DIECA. Durante los meses de noviembre y diciembre, se establecieron un total de 104 cruzamientos, utilizando 74 variedades de las cuales 46 se emplearon como hembras y 43 como machos. Esto resultó en 90 cruces biparentales y 14 cruces múltiples.

En esta campaña de hibridación, se implementaron varias pruebas con el objetivo de incrementar tanto la producción de semilla sexual como su viabilidad. La primera prueba consistió en el uso de residuo de bagazo como sustrato para los margullos o acodos, lo que mejora la producción de raíces en los tallos de las flores y, en consecuencia, optimiza la absorción de agua y nutrientes. Este método se aplicó tanto a flores masculinas como femeninas para mejorar el estado de las flores durante el proceso de polinización.

La segunda prueba involucró la aplicación de margullos en campo (Figura 2), una práctica recomendada por programas de mejoramiento genético de países como Brasil, Colombia y Ecuador. Estos programas han demostrado que el uso de margullos previos a la emergencia de la flor favorece el desarrollo de la semilla gracias a la absorción de nutrientes. Los cruces 16-23, 04-23, 16-23 y 80-23 fueron sometidos a pruebas de margu-

llos en campo en las flores femeninas. Además, se implementó el uso de una solución fertilizante completa (Meristem 9-12-30 + 2MgO con micronutrientes), que reemplazó la solución ácida hawaiana tradicionalmente utilizada en el proceso. Este fertilizante se aplicó tanto a los margullos realizados en campo como en la casa de cruzamientos, mejorando la nutrición de las flores masculinas y femeninas.



**Figura 2.**  
Prueba de margullo o acodo realizado en campo utilizando bagazo de caña de azúcar como sustrato.

La tercera prueba consistió en la oxigenación del agua utilizada en los cruzamientos. Para ello, se instalaron dos bombas de agua en las tanquetas de recolección de agua, con el objetivo de recircular el líquido y aumentar la

cantidad de oxígeno disuelto. Asimismo, se adquirió una bomba manual de aire para oxigenar la solución en los recipientes que contenían las flores de los cruzamientos. La solución de cada cruce se renovaba una vez por semana para mantenerla fresca y bien oxigenada.

La cuarta prueba se enfocó en evitar el traslado de flores desde zonas alejadas, lo que mejoró el estado de las flores al momento de realizar los cruzamientos. En este sentido, se recolectaron flores únicamente en el Valle Central y la Zona Norte, evitando traer flores de regiones como Guanacaste, Zona Sur y Turrialba. Este cambio se realizó con el propósito de reducir el tiempo entre la corta y el ingreso a la casa de cruzamientos, minimizando el daño o impacto que podría producirse durante el traslado.

Adicionalmente, se modificó el tiempo de permanencia de las flores en la casa de cruzamientos para la formación de semillas, extendiéndose este entre 36 y 50 días para permitir un mayor tiempo de llenado.

También se cambió la metodología de secado de las semillas, que anteriormente se realizaba en el invernadero donde se llevaban a cabo las siembras. Las semillas se colgaban en bolsas de tela y se dejaban secar durante 36 horas o hasta que estuvieran completamente deshidratadas. Para la campaña 2023-2024, se implementó una metodología de secado empleada en el Centro de Investigación CINCAE en Ecuador. Esta consistió en someter la semilla a una temperatura de 20°C y una humedad del 20% durante 48 horas. Para esta prueba, el programa de Fitosanidad colaboró con una de sus salas y equipos de extracción de humedad, logrando condiciones de 23°C y 28% de humedad, que se aproximan a los estándares de CINCAE.



**Figura 3.**  
(a) Estigma (parte femenina) de la flor de la caña de azúcar; (b) Semilla sexual de caña de azúcar fecundada al finalizar el proceso de secado.

Además, se llevaron a cabo estudios de investigación con un pasante, en los cuales se evaluaron dos cruces en diferentes regiones para analizar el efecto de la temperatura en los cruzamientos. Se establecieron cruces en las instalaciones del Ingenio El Porvenir y en la casa de cruzamientos de DIECA, con el fin de observar cómo influye la temperatura de ambas localidades en el porcentaje de germinación de las semillas.

Finalmente, se realizaron pruebas adicionales en la campaña de hibridación 2022-2023, en las que se sumergió el margullo tradicionalmente utilizado en una solución ácida.

## ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN DE FASE II (VIVEROS PRIMARIOS)

Las plántulas derivadas de los cruzamientos realizados en la campaña 2022 y 2021, se utilizaron para establecer nuevos viveros. Se sembraron un total de 1.383 gramos de semilla provenientes de 95 cruzamientos diferentes, logrando obtener 30.726 plántulas que se distribuyeron en 8 viveros primarios localizados en 5 regiones cañeras

**Cuadro 1.**

Establecimiento de viveros primarios según región, finca y número de plántulas establecidas en cada ensayo en el año 2023.

REGIÓN	FINCA	FECHA SIEMBRA	# PLANTULAS
VALLE CENTRAL	CoopeVictoria, Grecia	4/6/2023	3 253
GUANACASTE	Santa Cruz, Ingenio El Viejo	29/6/2023	6 409
SUR	CoopeAgri, Perez Zeledón	4/7/2023	2 998
TURRIALBA	Canadá, Turrialba	7/7/2023	2 864
GUANACASTE	Finca UTN, Cañas	13/7/2023	7 177
NORTE	Quebrada Azul, Muelle	20/7/2023	2 841
JUAN VIÑAS	Lara, Juan Viñas	22/7/2023	2 006
NORTE	Cutris, Los Chiles	3/8/2023	3 178
<b>TOTAL</b>			<b>30 726</b>

En 2023 se evaluaron un total de 7 viveros primarios en varias regiones, con un total de 23.380 plántulas. De estas evaluaciones surgieron 216 nuevas variedades de caña de azúcar pertenecientes a la serie 23. Se espera que algunos de estos materiales con características prometedoras logren posicionarse como variedades comerciales, contribuyendo a la economía de la industria cañera del país.

El porcentaje de selección en esta campaña fue del 0.92%, lo que significa que se seleccionó una plántula por cada 108 materiales llevados al campo. Tradicionalmente, el porcentaje de selección ha sido ligeramente más bajo, oscilando entre 0.7% y 0.8%. En esta ocasión, el criterio de evaluación fue menos estricto en cuanto al porcentaje de brix, con el objetivo de seleccionar más variedades para evaluarlas posteriormente.

### Cuadro 2.

Número de plántulas evaluadas y obtenidas de los viveros primarios de caña de azúcar establecidos en las regiones cañeras de Costa Rica.

REGIÓN	# PLANTULAS EVALUADAS	# PLANTULAS OBTENIDAS	% SELECCIÓN
Guanacaste	8.949	39	0,44
Norte	3.787	52	1,37
Sur	2.653	27	1,02
Valle Central	3.423	32	0,93
Turrialba	4.568	66	1,44
<b>Total/ Promedio</b>	<b>23.380</b>	<b>216</b>	<b>0,92</b>

## SELECCIÓN DE VARIEDADES

### Zona Sur (Pérez Zeledón)

En 2023 se establecieron un total de 145 variedades, de las cuales 121 pertenecen a la fase III y 24 a la fase IV de selección. Además, se trasladó a campo un vivero primario con 2.995 plántulas para la serie LAICA 2025.

Aparte de las 145 variedades reproducidas, hay 270 variedades en etapa de evaluación. En marzo de 2023, se evaluó un vivero primario, resultando en 27 variedades sigla LAICA de la serie 23. Durante esta evaluación, realizada el 14 de marzo, se observó una maduración óptima con un promedio de brix del 24.39%. Cabe destacar que el porcentaje de selección fue superior al 1%, un valor significativamente más alto que el habitual en esta región (0.4% a 0.6%).

En marzo, también se evaluaron dos ensayos



de fase III. Uno de ellos incluyó 15 variedades LAICA serie 21 y 2 variedades RB; mientras que el otro, 28 variedades, mayoritariamente LAICA serie 22, y una RB. Las características biométricas, floración, corcho y enfermedades fueron evaluadas, además de realizar muestreos para determinar el contenido de sacarosa, seleccionando así las variedades a reproducir en la siguiente fase.

También en marzo, se llevó a cabo la evaluación de fase IV en caña soca con 18 variedades, principalmente LAICA 19 y 20, una EC, una MEX y una RB. Además de la evaluación agronómica, se pesaron parcelas (4 surcos de 6 m) y se realizaron muestreos para estimar la producción en toneladas de azúcar por hectárea (t azúcar/ha).

Se llevó a cabo otro pesaje en fase IV de caña planta junto con el muestreo de azúcar, quedando pendiente repetir el proceso en caña soca y realizar la evaluación agronómica. Esta fase cuenta con 12 variedades LAICA serie 18 y 19, además de 3 variedades RB y una sigla CT. En 2023 se realizó la cuarta cosecha de fase V, usando un diseño de bloques completos al

azar y cuatro repeticiones por unidad experimental. Las parcelas fueron pesadas y muestreadas para obtener el rendimiento final en t azúcar/ha. En esta fase, las variedades LAICA 08-390, LAICA 11-661, LAICA 10-202 y LAICA 06-328 superaron los rendimientos del testigo RB 99-381 (11.6 t azúcar/ha) y, manteniendo un buen comportamiento agronómico, fueron reproducidas en parcelas semicomerciales para su validación.

### Valle Central (Grecia-San Ramón)

En 2023, se establecieron 135 variedades, de las cuales 110 pertenecen a la fase III, 10 a la fase IV y 15 a la fase V (última etapa de selección). Además, se trasladó a campo un vivero primario con 3.253 plántulas para la serie LAICA 2025.

Además de las 135 variedades reproducidas, hay 285 variedades en etapa de evaluación. En marzo de 2023, se evaluó un vivero primario, obteniendo un total de 32 nuevas variedades sigla LAICA de la serie 23. Esta evaluación

reflejó un porcentaje de brix promedio de 23.22%.

En febrero, se evaluó una fase III con 71 variedades LAICA serie 21, esperando obtener semilla en 2024 para la reproducción de los materiales seleccionados. En marzo, se evaluaron dos fases IV, sumando 41 variedades en selección, mayoritariamente LAICA, junto con 5 RB. Estos materiales serán evaluados nuevamente en 2024 en caña soca.

### Guanacaste

En 2023, se establecieron 260 variedades, de las cuales 236 pertenecen a la fase III y 24 a la fase IV. Se trasladaron viveros primarios a Cañas con 7.177 plántulas y a Santa Cruz con 6.409 plántulas, ambos para la serie LAICA 2025.

Además de las 260 variedades reproducidas, hay 221 en etapa de evaluación. En 2023, se

evaluaron 8.949 plántulas de vivero primario, obteniendo 39 nuevas variedades de caña de azúcar sigla LAICA serie 23, con un porcentaje de selección de 0.44%. Estas evaluaciones se realizaron en suelo arcilloso en la finca La Soga, propiedad del ingenio Taboga, en Bagaces, Guanacaste.

En enero, se realizó la evaluación agronómica de fase III en CATSA, que incluyó 15 variedades, 13 LAICA, una CP y una SP. Se espera contar con la reproducción de los materiales seleccionados para una fase IV.

En 2023, se realizó la última cosecha de fase V en Ingenio CATSA. Las variedades LAICA 12-340, LAICA 09-374, LAICA 08-390 y LAICA 08-361 superaron la productividad de la variedad testigo LAICA 00-301 (15.26 t azúcar/ha). Estas variedades están siendo evaluadas en parcelas semicomerciales en suelos Vertisol con riego.

También se llevó a cabo la segunda cosecha de fase V en la UTN, en suelo Inceptisol. Las variedades DB 83-144, CP 93-1011, CP 15-2223, BJ 9765, LAICA 08-361, LAICA 15-337 y LAICA 15-327 mostraron mayor productividad que el testigo NA 85-1601 (12.72 t azúcar/ha). La segunda cosecha en la finca La Soga mostró resultados cercanos entre las variedades LAICA 15-327 (16.85 t azúcar/ha) y LAICA 15-337 (16.19 t azúcar/ha), siendo LAICA 08-361 el testigo más competitivo (16.31 t azúcar/ha).

### Pacífico Central (Puntarenas)

En 2023, se establecieron un total de 17 variedades en franjas de 80m lineales de 4 surcos cada una. Estas incluyen materiales de las siglas CP, LAICA, MEX, NA y RB, los cuales han mostrado buenas características agronómicas y productivas en Guanacaste, lo que sugiere que algunas podrían adaptarse a las condiciones del Pacífico Central.

Además de las 17 variedades reproducidas, hay 136 en etapa de evaluación. En enero de 2023, se realizó la evaluación agronómica y muestreos de azúcar para 53 variedades, principalmente LAICA de la serie 21, establecidas en fase III, con el objetivo de contar con semilla en 2024 para la reproducción de los materiales seleccionados. En ese mismo mes, se evaluaron 10 variedades de fase IV, principalmente LAICA de las series 15 y 16, también con la expectativa de disponer de semilla para continuar la reproducción en 2024.

Para las 21 variedades establecidas en franjas en 2021, ya se cuenta con el promedio de dos cosechas. Las variedades LAICA 15-337, LAICA 07-801, LAICA 15-327 y CP 15-2223 superaron la productividad del testigo CP 88-1165 (7.35 t azúcar/ha). Se espera continuar con la reproducción de los materiales más sobresalientes y obtener información de al menos dos cosechas más.



## Turrialba (Juan Viñas-Turrialba)

En 2023, se establecieron 155 variedades, de las cuales 105 pertenecen a la fase III y 50 a la fase IV de selección. Adicionalmente, se trasladó un vivero primario con 2.864 plántulas a Atirro y otro con 2.006 plántulas a Juan Viñas para la serie LAICA 2025.

Además de las 155 variedades reproducidas, hay 221 en etapa de evaluación. Durante 2023, se seleccionaron 66 nuevas variedades sigla LAICA de la serie 23, con 35 materiales obtenidos en Juan Viñas (ciclo de 24 meses) y 31 en Turrialba (ciclo de 12 meses). El porcentaje de selección en la región fue del 1.44%, a partir de un total de 4.568 plántulas sembradas en los viveros primarios, superando el objetivo del programa de variedades (1%).

En marzo de 2023, se realizó la evaluación agronómica y el pesaje para la estimación de rendimientos en fase IV de 2021 en finca Canadá, con 14 variedades en estudio, principalmente LAICA de las series 18 y 19, además de una LTMEEX, cinco Barbados y una EC. De aquí se seleccionarán algunas variedades para la fase V en la región.

En octubre, se llevó a cabo la evaluación agronómica de fase III en Juan Viñas, con 24 variedades de la serie LAICA 22, cuatro LAICA 15 y dos testigos, evaluados con 18 meses. Se espera contar con semilla de las variedades más competitivas para reproducir en 2024.

En la región de Juan Viñas también se estableció una fase IV con 8 variedades, en su mayoría LAICA, y una SP. En 2023, se obtuvieron 5 variedades que superaron la productividad de H 77-4643 (33.15 t azúcar/ha): LAICA 15-209, LAICA 15-224, LAICA 15-230, SP

78-4764 y LAICA 15-215. Estas variedades están siendo valoradas en otra finca del ingenio.

En 2023, se completaron dos cosechas de las variedades establecidas en fase IV en 2018 en Juan Viñas, con 7 variedades nacionales (LAICA) y 8 variedades extranjeras originarias de Hawái (EE.UU.), Brasil y Barbados.

En promedio, la productividad fue superior al testigo LAICA 04-250 (27.92 t azúcar/ha), con LAICA 12-340 y H 00-6394. En la segunda cosecha, otras variedades también mostraron superioridad respecto al testigo H 77-4643 (19.44 t azúcar/ha), incluidas LAICA 08-390, B 76-259, RB 86-7515, LAICA 10-207, LAICA 07-203 y RB 98-710. Actualmente, las variedades LAICA 12-340 y H 00-6394 se encuentran en expansión por parte del Ingenio Juan Viñas.

En 2019, se estableció una fase de validación con las variedades LAICA serie 15 de mejor comportamiento hasta la fecha. En 2023, se obtuvo la segunda cosecha, destacándose el comportamiento agronómico y la productividad de las variedades LAICA 15-216 y LAICA 15-230 en comparación con el testigo LAICA 04-250 (31.1 t azúcar/ha). Aunque LAICA 15-215 mostró una productividad ligeramente inferior al testigo, las tres variedades ofrecen resultados muy promisorios para el Ingenio Juan Viñas.

## Zona Norte (Platanar-Los Chiles)

En 2023, se establecieron 148 variedades, de las cuales 126 pertenecen a fase III y 22 están en fase V de selección. Además, se trasladó un vivero primario con 3.178 plántulas a Los Chiles y otro con 2.700 plántulas a Quebrada Azul, ambos para la serie LAICA 2025.

Aparte de las 148 variedades reproducidas, hay



479 en diferentes fases de selección. Se evaluaron dos viveros primarios con 3.787 plántulas de semilla sexual, seleccionando un total de 52 nuevas variedades sigla LAICA de la serie 23. El cruce más importante fue el de LAICA 06-322 x LAICA 12-340, resultando en 21 materiales con excelentes características agronómicas y brix.

En 2023, en Los Chiles, se realizó la evaluación agronómica y la segunda estimación productiva de la fase IV establecida en 2021, con 24 variedades sigla LAICA y dos testigos


comerciales. Para 2024, se espera contar con semilla de las variedades seleccionadas para reproducir en la etapa final (fase V).

En los ensayos establecidos en Quebrada Azul, se evaluó la fase III con 35 variedades nacionales y extranjeras establecidas en 2021. Asimismo, se evaluó una fase IV, también establecida en 2021, que cuenta con 20 variedades y un testigo comercial, en su mayoría sigla LAICA y una CR. Queda pendiente el análisis de muestreos de azúcar para decidir la reproducción en 2024.

## BIBLIOGRAFÍA

Paul H. Moore, & Frederik C. Botha. (2013). *Sugarcane: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology*. John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118771280>.

Carvajal Quesada, J. P., Vargas Miranda, E., Duran Alfaro, J. R., & Chaves Solera, M. (2019). *Inducción Floral y su importancia en la investigación genética y la producción comercial de la caña de azúcar (Saccharum spp.) en Costa Rica*. Entre Cañeros, 18-32.



# PROGRAMA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA

## RESUMEN

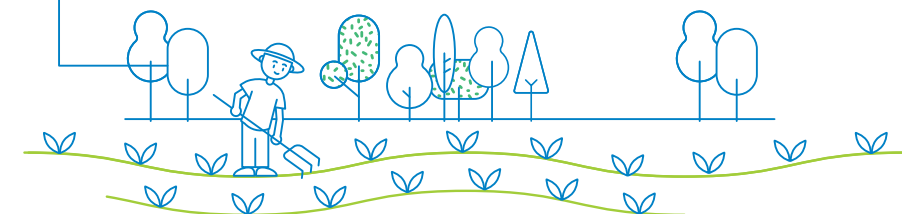
El equilibrio y la optimización productiva agroindustrial en el cultivo de caña de azúcar son fundamentales para la gestión institucional del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), como parte tecnológica del sector azucarero. El manejo agronómico es crucial para el éxito productivo, económico y competitivo de las plantaciones comerciales, ya que está directamente relacionado con la obtención y el aprovechamiento máximo del potencial agroindustrial del cultivo.

Las nuevas variedades de caña de azúcar liberadas para uso comercial deben ser optimizadas en aspectos como la reproducción vegetativa, germinación, nutrición, relación suelo-agua-planta, control de malezas, maduración de tallos, cosecha y uso de derivados en armonía con el medio ambiente. Esto implica estudiar y validar su adaptación y respuesta a diversos entornos productivos.

El programa de Productividad Agrícola de DIECA, responsable de esta área, presenta los principales resultados de los estudios realizados en 2023 en las principales zonas productoras de caña de azúcar.

Estos logros se deben al trabajo constante, profesional y de calidad de los funcionarios a cargo de los proyectos, así como al apoyo de los referentes regionales que han contribuido tanto en el campo como en el laboratorio.

El respaldo técnico, logístico y económico de ingenios, cámaras de productores de caña, empresas privadas y colaboradores ha sido fundamental para la ejecución de los estudios.



## BIOESTIMULANTES Y BIOFERTILIZACIÓN

Los bioestimulantes en la caña de azúcar han emergido como una herramienta prometedora para mejorar el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo. Estos productos, derivados de sustancias naturales, desencadenan respuestas fisiológicas en las plantas, fortaleciendo su capacidad de resistencia ante condiciones adversas.

### EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BIOESTIMULANTES EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), EN LA ZONA SUR

La investigación conlleva la valoración de distintos bioestimulantes en la Zona Sur, finca la Ceniza de Coopeagri, variedad de caña de azúcar LAICA 07-801, tamaño de parcelas 56.25m<sup>2</sup> con cuatro repeticiones y un arreglo de bloques completos al azar, caña planta, edad de cosecha de 10 meses.

#### Cuadro 3.

Tratamientos por evaluar en el estudio.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN TRATAMIENTO
1	CropCell
2	T (50% Fertilización)
3	MM + 50% Fertilización
4	MM + Biocarbón + 50% Fertilización
5	Sembrador (3L) + 100% Fertilización
6	Semb. Drench (4L) + 100% Fertilización
7	T (100% Fertilización)
8	Manvert (3 kg) + 50% Fertilización
9	Root Feed Dry + 100% Fertilización
10	ÁC. Húmicos Abopac (100 kg) + 100% Fertilización
11	Bioagenasol 500 kg + 100% Fertilización
12	Biocontrol Fij N + 50% Fertilización



Según los resultados obtenidos a nivel de producción agrícola (ton caña/ha-figura 1), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T4 (MM + Biocarbón + 50% de Fert), T9 (Root Feed Dry + 100% Fert) y T11 (Bioagenasol) donde se obtu-

vo la mejor producción, importante resaltar que el T4 (MM + Biocarbón + 50% de Fert) solo incorpora el 50% de la fertilización.

Los tratamientos con los valores más bajos fueron T1, T3 y T12.

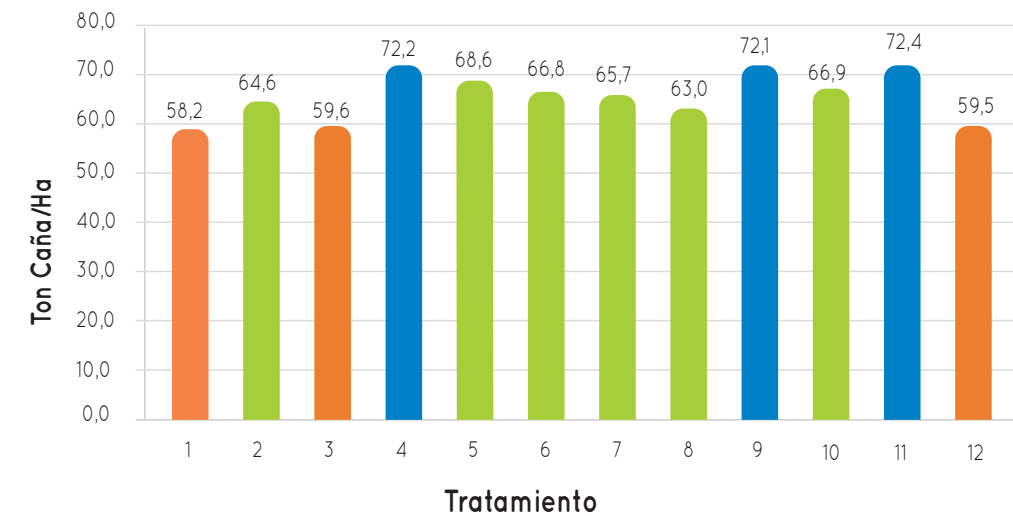


Figura 4.

Rendimiento agrícola de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.



**Figura 5.**

Microorganismos de montaña (MM) y Bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), Zona Sur.

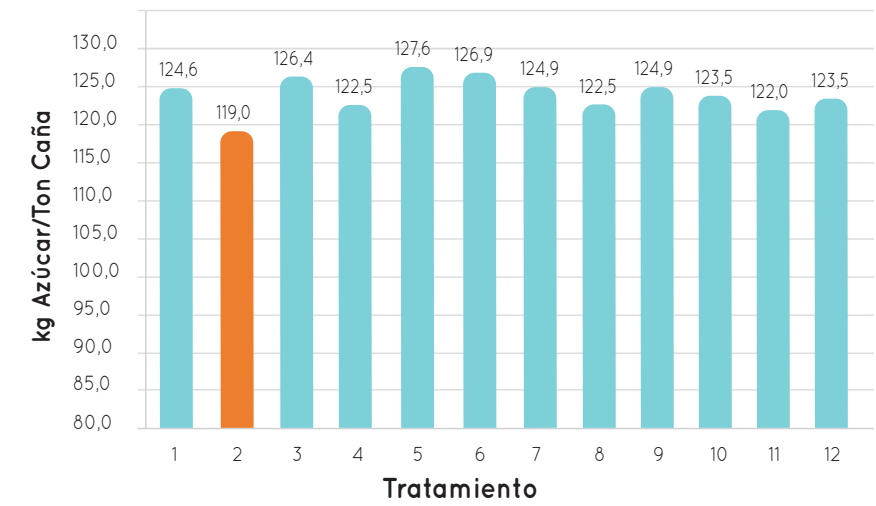


**Figura 6.**

Incorporación de biocarbón a la siembra, Zona Sur.

En la Figura 7 se muestran los resultados del rendimiento industrial (kg azúcar/ton). A nivel de medias con el valor más bajo el T2 (50% Fert), presentando diferencias significativas con

respecto al resto de tratamientos. Lo que evidencia que para estas condiciones sub fertilizar afecta la concentración de sacarosa en caña planta.

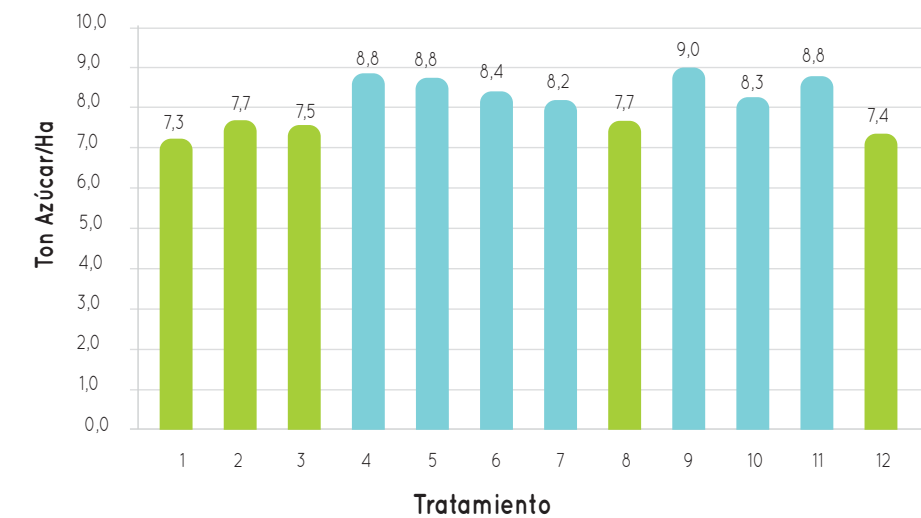


**Figura 7.**

Rendimiento industrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar por hectárea (Figura 5), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T4, T5, T6, T7, T9,

T10 y T11, mientras que los valores inferiores se presentaron en los tratamientos T1, T2, T3, T8 y T12.



**Figura 8**

Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ABONO ORGÁNICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), LOS CHILES, ZONA NORTE

El ensayo se realizó en una unidad productiva manejada por el ingenio Cutris, específicamente en finca Max Badilla ubicada en Los Chiles. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, un tamaño de la parcela de 10 surcos de 1.65 m de ancho x 10 metros de largo, para un área por repetición de 165m<sup>2</sup>. Los tratamientos utilizados se observan en el cuadro 4.

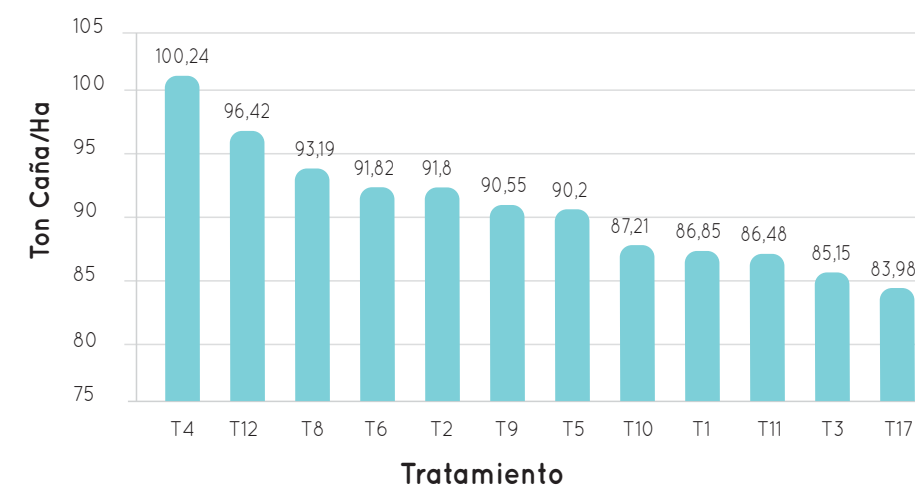
**Cuadro 4.**

Descripción de los tratamientos establecidos en el ensayo.

NÚMERO	TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Testigo Orgánico	A.O. (12 ton/ha)
2	Testigo Comercial	A.O. (12 ton/ha) + Environoc 501 + Fórm 18-46-0 (250 kg/ha)
3	Testigo Químico	Fórm 19-10-19 (300 kg/ha)
4	Químico + Rood Feed	Fórm 19-19-19 (300 kg/ha) + Root Feed
5	Environoc 501 1	A.O. (7 ton/ha) + Environoc 501 + Fórm 18-46-0 (150 kg/ha)
6	Environoc 501 2	A.O. (7 ton/ha) + Environoc 501 + Roca Fosf. (126 kg/ha) + Kmag (95 kg/ha)
7	Bio-Eco 1	A.O. (7 ton/ha) + Bio-Eco + Fórm 18-46-0 (150 kg/ha)
8	Bio-Eco 2	A.O. (7 ton/ha) + Bio-Eco + Roca Fosf. (126 kg/ha) + Kmag (95 kg/ha)
9	Agropro 1	A.O. (7 ton/ha) + Agro-Pro + Fórm 18-46-0 (150 kg/ha)
10	Agropro 2	A.O. (7 ton/ha) + Agro-Pro + Roca Fosf. (126 kg/ha) + Kmag (95 kg/ha)
11	Bio-Botánica 1	A.O. (7 ton/ha) + Bio-Botánica + Fórm 18-46-0 (150 kg/ha)
12	Bio-Botánica 2	A.O. (7 ton/ha) + Bio-Botánica + Roca Fosf. (126 kg/ha) + Kmag (95 kg/ha)

En la Figura 9 se muestran los rendimientos agrícolas obtenidos tras la cosecha y medición del peso del ensayo por unidad de área, los tratamientos no presentaron diferencias

estadísticas significativas entre tratamientos y a nivel de medias sobresalen T4 (Químico + Rood Feed), T12 (Bio-Botánica 2) y T8 (Bio-Eco 2).

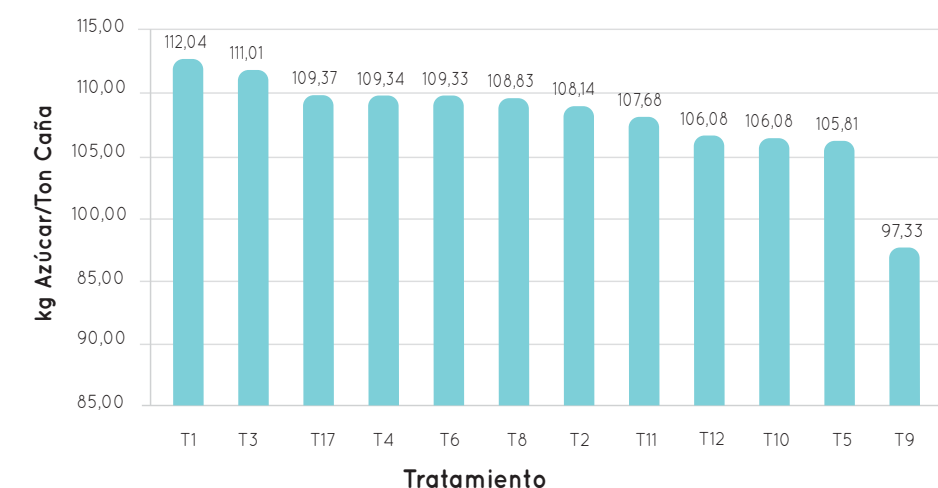


**Figura 9.**

Rendimiento agrícola de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de distintos abonos orgánicos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable industrial de kilogramos de azúcar por tonelada de caña (Figura 10), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el total de los tratamientos,

sin embargo, a nivel de medias sobresalen T1 (Testigo Orgánico), T3 (Testigo Químico) y T7 (Bio-Eco 1).



**Figura 10.**

Rendimiento industrial de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de distintos abonos orgánicos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

A nivel agroindustrial (Figura 11), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el total de los tratamientos, sin

embargo, a nivel de medias sobresalen T4 (Químico + Rood Feed), T12 (Bio-Botánica 2) y T8 (Bio-Eco 2).

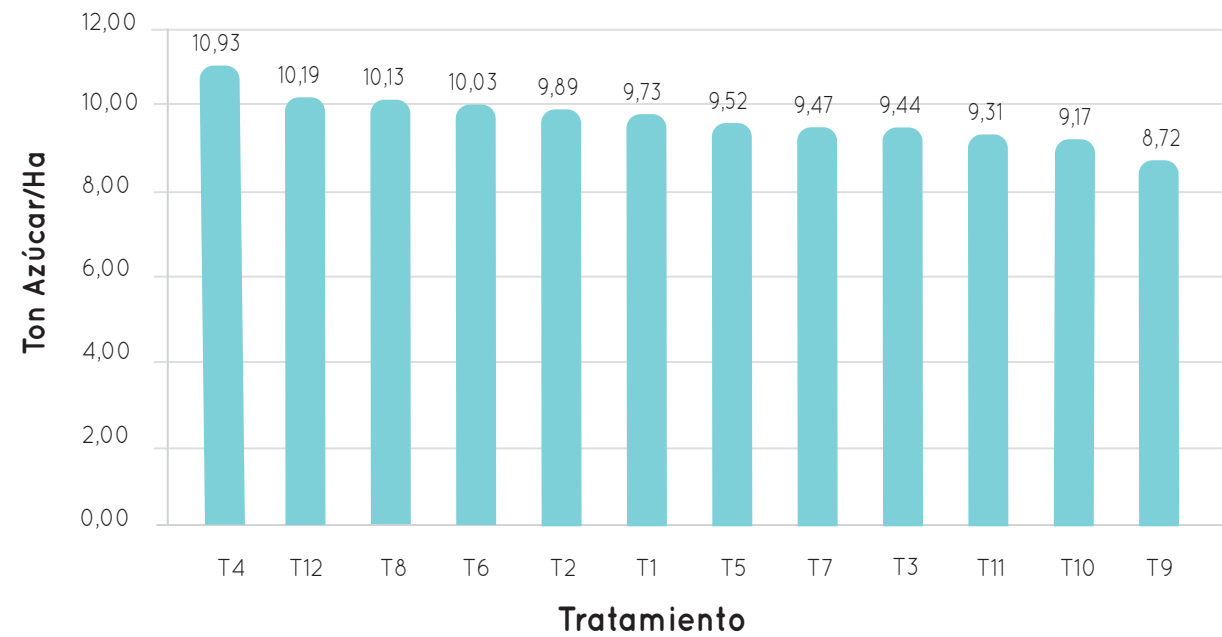


Figura 11.

. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de distintos abonos orgánicos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC.

## EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN MANEJO ORGÁNICO EN DISTINTAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), FINCA CATIE, TURRIALBA

En dicho ensayo se evaluaron las siguientes variedades, SP 78-4764, B 76-385, LAICA 08-390, LAICA 07-26, B 76-259, LAICA 12-340 Y LAICA 05-805, se realizó un control mecánico

de malezas con motoguadaña, además se utilizó cal dolomita (30 sacos/ha), con aplicaciones de LABINOR N10 (7 sacos/ha) y LABINOR K30 (6 sacos/ha).



En la Figura 12 se presenta el resultado de la producción de caña de azúcar (ton -caña/ha) y el rendimiento agroindustrial (ton azúcar/ha) de la caña de azúcar en las distintas variedades, sobresaliendo

contundentemente la SP 78-4764, mientras que la LAICA 05-805 presentó la productividad inferior con respecto al grupo de variedades evaluadas.

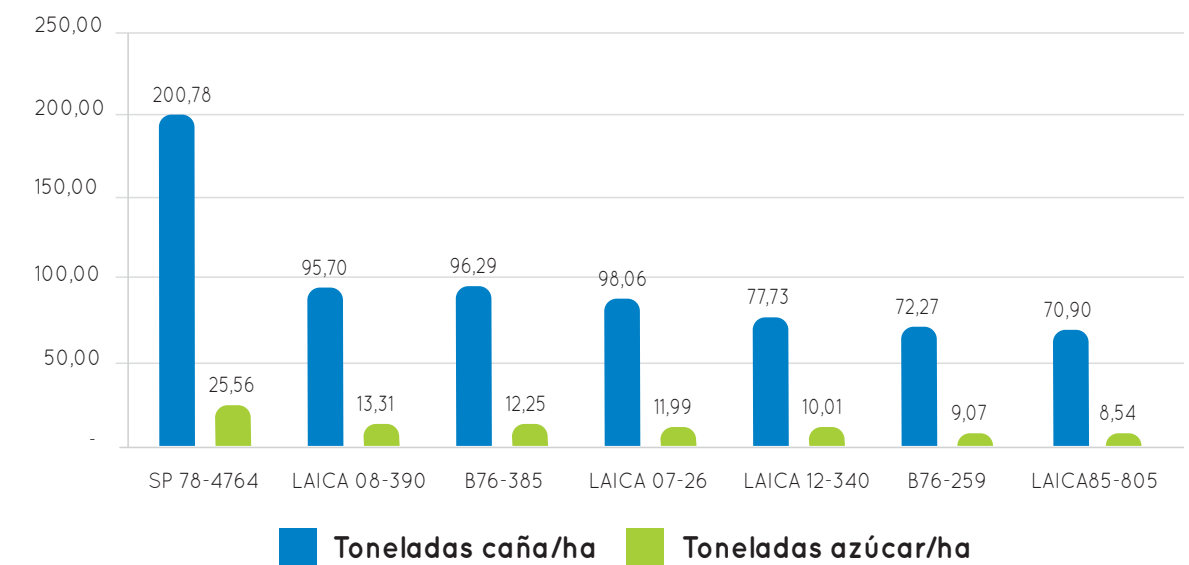


Figura 12.

Rendimiento agrícola y agroindustrial de las variedades de caña de azúcar obtenido tras un manejo orgánico, finca CATIE a un 95% de confianza.

## EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE HONGOS Y BACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL PARA EL DESARROLLO DE BIOESTIMULANTES EN LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) A NIVEL DE INVERNADERO, DIECA

Continuando con la labor de selección preliminar de microorganismos bioestimulantes del crecimiento vegetal de la caña de azúcar, que tiene como objetivo de desarrollar bioinsumos que permitan complementar la nutrición del cultivo y a la vez, reducir los niveles de aplicación de fertilizantes sintéticos, durante el año 2023 se estableció un ensayo a nivel de invernadero utilizando material vegetal proveniente de las yemas vegetativas de la variedad LAICA 12-340.



**Figura 13.**

Aplicación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV).

Se incluyeron 31 tratamientos (cuadro 5), cada uno con 15 repeticiones. La unidad experimental consistió en una planta desarrollada a partir de una yema vegetativa, sembrada en bolsas de almácigo de 2 Kg de capacidad de sustrato.

### Cuadro 5.

Descripción de los tratamientos establecidos en el ensayo.

NÚMERO	TRATAMIENTO	CARACTERÍSTICA
1	1	Solubilizadora de Fosfato
2	6	Solubilizadora de Fosfato
3	8	Solubilizadora de Fosfato
4	9	Solubilizadora de Fosfato
5	42	Solubilizadora de Fosfato
6	50	Fijadora de Nitrógeno
7	55	Fijadora de Nitrógeno
8	63	Solubilizadora de Fosfato
9	64	Solubilizadora de Fosfato
10	66	Solubilizadora de Fosfato
11	67	Solubilizadora de Fosfato
12	68	Solubilizadora de Fosfato
13	69	Solubilizadora de Fosfato
14	71	Fijadora de Nitrógeno
15	73	Fijadora de Nitrógeno
16	74	Fijadora de Nitrógeno
17	75	Fijadora de Nitrógeno
18	76	Fijadora de Nitrógeno
19	77	Fijadora de Nitrógeno
20	81	Fijadora de Nitrógeno
21	82	Fijadora de Nitrógeno
22	87	Fijadora de Nitrógeno
23	88	Fijadora de Nitrógeno
224	MTR20	Posible bioestimulante
25	MTR9	Posible bioestimulante
26	MTR4	Posible bioestimulante
27	0% Fert	
28	50% Fert	
29	100% Fert	
30	Raisan	
31	Raisan + 50% Fert	

Luego de 30 días de desarrollo, las plantas incluidas dentro de los tratamientos con los microorganismos fueron fertilizadas con el 50% de la dosis normal de fórmula completa; asimismo, se establecieron 3 testigos: 0%, 50% y 100% de la fertilización, a los 8 días de haber fertilizado, a cada grupo de 15 plantas, se les aplicó 5 mL de la suspensión correspondiente a una concentración promedio de 108 UFC/ml. El procedimiento se repitió 30 días después de la primera inoculación.

Los resultados obtenidos en el ensayo se pueden observar en las Figura 14, en el cual, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los T18, T25, T9, T26, T29, T24, T5, T20, T23, T28, T31, T8, T22, T30, T10, T4, T3, T2, T1, T17, T6, T7, T19, T16, T11 y T14, sin embargo, a nivel de medias sobresalen los tratamientos T18 (Fijadora de Nitrógeno), T25 (Posible bioestimulante) y T9 (Solubilizadora de Fosfato).



**Figura 14.**

Masa seca total de la caña de azúcar var. LAICA 12-340 obtenido tras la aplicación de distintos -microorganismos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

## EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE BIOCHAR-BLUE N EN SUELO INCEPTISOL, FINCA UTN, CAÑAS GUANACASTE

Los insumos biofertilizantes sobresalen por sus propiedades y beneficios que proveen al suelo, ya que estimulan y promueven el crecimiento vegetal, la captación y absorción de nutrientes. Además, el uso de biofertilizantes es una alternativa amigable con el medio y pueden contribuir a una producción sostenible del cultivo.

Se presentan los resultados promedio de dos cosechas, del experimento en suelo inceptisol franco arenoso, ubicado en la finca UTN, Cañas Guanacaste, el cuadro 6 muestra la respuesta productiva de 12 variedades de caña de azúcar, en interacción con dos insumos orgánicos, la bacteria *Methylobacterium symbioticum* (Blue N), y el biocarbon (Biochar). Los resultados muestran que hubo respuesta productiva extraordinaria, con la aplicación de la bacteria endófito *Methylobacterium symbioticum* hubo un incremento de un 13.1 % de más respecto al testigo, en la producción de ton azúcar/ha, cuadro 7.

El uso del biocarbon mejoró la productividad en la mayoría de las variedades de caña de azúcar, ocurrió un incremento del 6% en las ton azúcar/ha, respecto al testigo. Después de dos cosechas de evaluación, las 5 mejores variedades que mostraron la mayor productividad azucarera, resultaron ser: LAICA 15-327, LAICA 15-337, LAICA 08-361, BJ 97-65 y CP 15-2223, por otra parte la variedad testigo NA 85-1602 obtuvo valores poco interesantes.

Otro proyecto de interés en esa misma línea, es la evaluación de 15 variedades de caña de azúcar en suelo Vertisol, de textura arcillosa y

proveniente de la rotación con arroz, ubicado en el sector de: La sogá, Bagaces, Guanacaste, se aplicaron los mismos tratamientos, la bacteria *Methylobacterium symbioticum* (Blue N), y el biocarbon (Biochar), las variedades utilizadas fueron en su mayoría las mismas.

El análisis promedio de dos cosechas, muestra y ratifica el excelente comportamiento de las variedades de caña de azúcar, a la adición foliar de la bacteria *Methylobacterium symbioticum*, lo cual promovió incrementos importantes en la producción de caña y azúcar /ha, siendo el mayor incremento en la producción de ton caña/ha, de igual forma la productividad en ton azúcar/ha fue extraordinaria. Las 5 mejores variedades de caña que mostraron la mejor productividad de azúcar /ha en este tipo de suelo fueron LAICA 15-327, LAICA 08-361, BJ 97-65, LAICA 10-207 Y CP 15-2223, cuadro 8. El análisis consolidado de dos cosechas muestra incrementos satisfactorios en la productividad azucarera de la caña de azúcar, inducidos por la interacción entre variedades e insumos orgánicos, cuadro 9.

En conclusión, el rendimiento industrial (kg azúcar/t) no fue afectado en ambos suelos por los tratamientos evaluados (insumos orgánicos), el factor diferenciador fue el potencial genético de cada variedad, y el año climático en cada evaluación, en término general se observó que la mayoría de los clones genéticos mostraron una respuesta positiva a la adición de las enmiendas orgánicas, principalmente al uso de la bacteria *Methylobacterium symbioticum* (cuadro 8 y 9)

**Cuadro 6.**

Productividad de 12 variedades de caña de azúcar con la aplicación de, (Biochar- Blue N) promedio dos cosechas, suelo Inceptisol finca UTN, Cañas Guanacaste.

VARIETADES	TESTIGO			BIOCHAR			BLUE N		
	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha
LAICA 15 327	126,60	99,99	12,69	125,78	119,03	15,03	128,83	129,11	16,63
LAICA 15 327	128,32	117,64	15,09	126,78	111,40	14,12	128,83	127,11	16,38
LAICA 08 361	119,26	105,88	12,63	113,87	125,82	14,33	109,14	144,40	15,76
BJ 97 65	105,71	129,40	13,75	99,04	134,11	13,28	103,79	147,93	15,35
CP 15 2223	109,14	111,76	12,20	113,05	132,17	14,94	114,16	132,76	15,16
CP 93 1011	112,21	119,11	13,44	107,83	122,64	13,22	113,93	129,11	14,71
LAICA 15 329	116,94	79,99	9,35	116,17	114,23	13,27	113,49	116,17	13,18
BR 94 14	109,54	102,94	11,28	96,87	115,34	11,17	111,02	114,88	12,75
NA 85 1602 (T)	121,24	101,17	12,24	120,57	109,00	13,14	129,30	98,82	12,78
B 06 521	116,60	84,11	9,78	120,69	96,41	11,64	115,09	103,35	11,89
DB 83 144	115,49	129,41	14,95	116,34	117,93	13,72	111,49	106,17	11,84
LAICA 15 342	108,05	102,35	10,99	109,00	90,88	9,01	117,83	100,64	11,86
<b>PROMEDIO</b>	<b>115,76</b>	<b>106,98</b>	<b>12,37</b>	<b>113,83</b>	<b>115,78</b>	<b>13,15</b>	<b>116,41</b>	<b>120,87</b>	<b>14,02</b>

**Cuadro 7.**

Consolidado de productividad de 12 variedades de caña de azúcar según insumos orgánicos aplicados, promedio dos cosechas, suelo Inceptisol finca UTN, Cañas Guanacaste.

VARIABLE PRODUCTIVIDAD	TESTIGO	BIOCHAR	BLUE N
kg Azúcar/ton	115.76	113.83	116.41
Ton caña/ha	85.60	92.60	96.70
Ton azúcar/ha	9.90	10.50	11.20
% de incremento Ton azúcar/ha	0	6.0 %	13.1 %

**Cuadro 8.**

Productividad de 15 variedades de caña de azúcar con la aplicación de, (Biochar- Blue N) promedio dos cosechas, suelo Vertisol finca La Soga, Bagaces Guanacaste.

VARIETADES	TESTIGO			BIOCHAR			BLUE N		
	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha	Kg Az/Tmc	Ton caña/ha	Ton azúcar/ha
LAICA 15 327	136.76	114.70	15.72	128.34	127.64	16.34	132.05	139.99	18.48
LAICA 08 361	114.79	147.05	16.93	119.16	120.58	14.37	127.52	138.23	17.64
BJ 9765	110.56	111.76	12.39	121.22	108.82	13.20	129.16	131.76	17.00
LAICA 10 207	128.15	101.17	12.96	123.81	105.88	13.19	132.94	126.47	16.84
CP 15 2223	121.07	119.90	14.56	117.89	124.21	14.61	122.89	135.98	16.73
LAICA 06 311	13.06	105.88	13.97	121.23	120.58	14.43	127.67	129.40	16.33
LAICA 15 337	130.97	111.17	14.54	136.28	131.17	17.94	125.59	128.23	16.10
CP 93 1011	123.52	116.05	14.45	125.32	120.69	15.23	125.21	126.18	15.88
LAICA 15 329	133.54	97.05	12.98	122.79	106.46	13.08	122.89	122.93	15.05
LAICA 15 342	112.31	117.64	13.15	107.67	122.35	12.98	112.02	129.40	14.49
LAICA 10 809	129.27	98.23	12.70	132.66	114.70	15.24	124.15	113.52	14.08
B 06 521	123.53	100.00	12.49	115.64	94.11	10.84	119.37	114.11	13.62
BR 9414	112.77	107.64	12.19	106.46	97.05	10.34	114.00	118.82	13.54
DB 83 114	111.46	119.41	13.27	102.96	117.64	12.09	107.80	123.52	13.32
LAICA 05 805	121.48	99.41	12.14	100.48	107.64	10.72	118.20	110.58	13.15
<b>Promedio</b>	<b>122.81</b>	<b>111.14</b>	<b>13.63</b>	<b>118.80</b>	<b>114.63</b>	<b>13.64</b>	<b>122.76</b>	<b>125.94</b>	<b>15.48</b>

**Cuadro 9.**

Consolidado de productividad de 15 variedades de caña de azúcar según insumos orgánicos aplicados, promedio dos cosechas, suelo Vertisol, finca La Soga, Bagaces Guanacaste.

VARIABLE PRODUCTIVIDAD	TESTIGO	BIOCHAR	BLUE N
kg Azúcar/ton	122.81	118.80	122.76
Ton caña/ha	88.91	91.70	100.75
Ton azúcar/ha	10.91	10.90	12.37
% de incremento Ton azúcar/ha	0	0	13.38 %

## RESPUESTA PRODUCTIVA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ENMIENDAS EN LA REGIÓN NORTE

El ensayo se realizó en Boca Arenal, Cutris. San Carlos, específicamente en finca César Romero. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 9 tratamientos y 4 repeticiones, un tamaño de parcela de 5 surcos de 10 metros de largo por 1.6 m entre surco (80 m<sup>2</sup>). Los tratamientos utilizados se observan en el cuadro 10.

### Cuadro 10.

Descripción de los tratamientos establecidos en el ensayo.

NÚMERO	TRATAMIENTOS	DOSIS (KG/HA)
1	Testigo Absoluto	0
2	Carbonato calcio	1000
3	Dolomita plus	500
4	Dolomitica	500
5	Nutrical	500
6	Magnesil	500
7	Magnesita	500
8	Doloflow	400
9	Sfera 2 (Ca-Mg)	225

En la Figura 15, se muestran los rendimientos agrícolas obtenidos tras la cosecha y medición del peso del ensayo por unidad de área, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre el total de los tratamientos, sin embargo, a nivel de medias sobresalen T9 (Sfera 2 Ca-Mg), T5 (Nutrical) y T3 (Dolomita Plus).

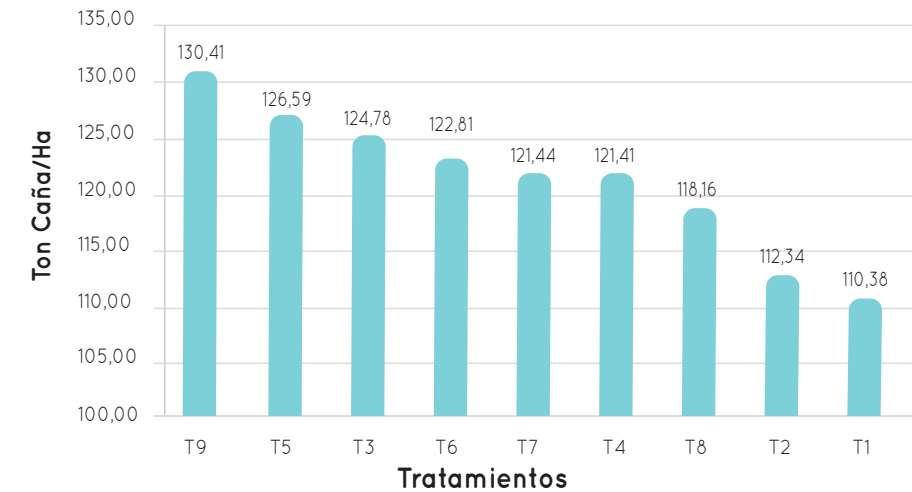


Figura 15.

Rendimiento agrícola de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de diferentes enmiendas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable industrial de kilogramos de azúcar por tonelada de caña (Figura 16), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, a nivel de medias sobresalen T2 (Carbonato de Calcio), T1 (Testigo Abs) y T5 (Nutrical).

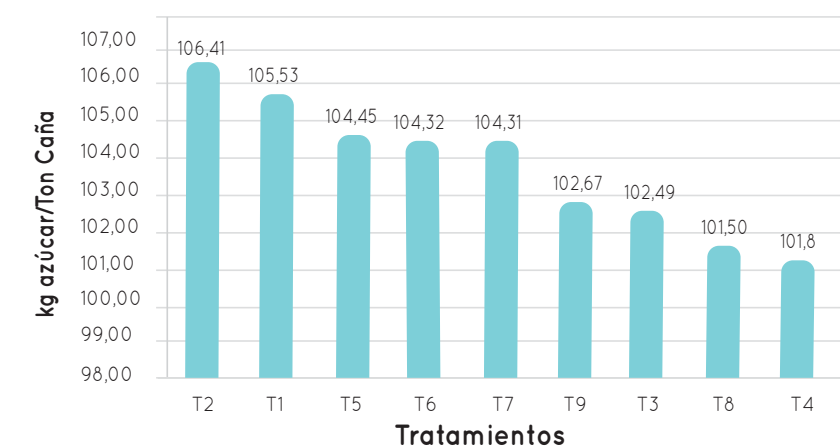
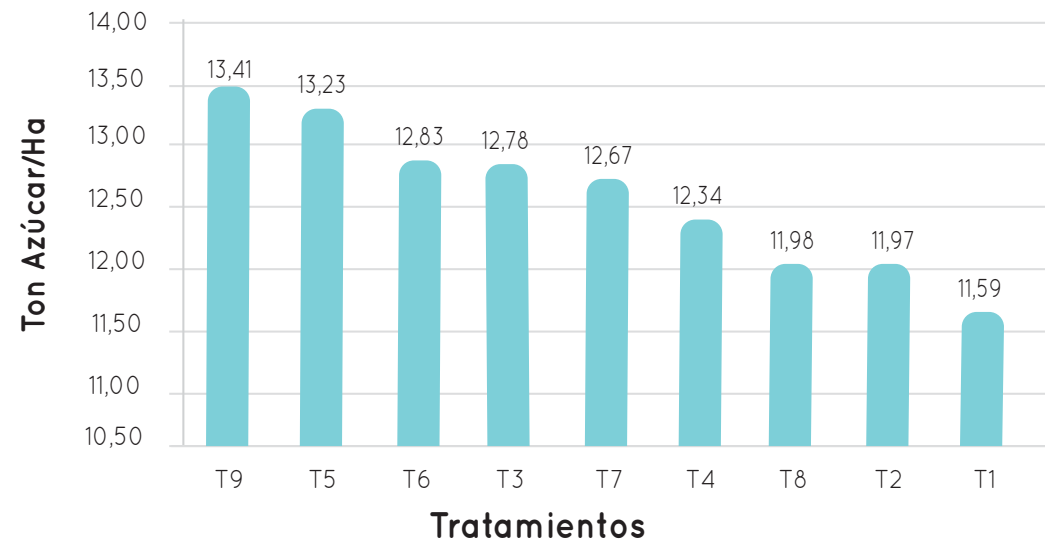


Figura 16.

Rendimiento industrial de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de diferentes enmiendas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

A nivel agroindustrial (Figura 17), no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, sin embargo, a

nivel de medias sobresalen T9 (Sfera 2 Ca-Mg), T5 (Nutrical) y T6 (Magnesil).



**Figura 17.**

Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar obtenido tras la aplicación de diferentes enmiendas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.



## EVALUACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS DE SIEMBRA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), EN LA ZONA SUR

Se evaluaron distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar (LAICA 04-44, LAICA 07-801 Y RB 98-710) en finca La Ceniza, Zona Sur.

### Cuadro 11.

Tratamientos por evaluar en el estudio.

TRATAMIENTOS	VARIEDAD	MÉTODO DE SIEMBRA
T1	LAICA 04-44	Tres Chorros x LAICA 04-44
T2	LAICA 04-44	Tres Chorros x LAICA 04-44
T3	LAICA 04-44	H x LAICA 04-44
T4	LAICA 04-44	Transversal x LAICA 04-44
T5	LAICA 07-801	Tres Chorros x LAICA 07-801
T6	LAICA 07-801	Dos Chorros x LAICA 07-801
T7	LAICA 07-801	H x LAICA 07-801
T8	LAICA 07-801	Transversal x LAICA 07-801
T9	RB 98-710	Tres Chorros x RB 98-710
T10	RB 98-710	Dos Chorros x RB 98-710
T11	RB 98-710	H x RB 98-710
T12	RB 98-710	Transversal x RB 98-710

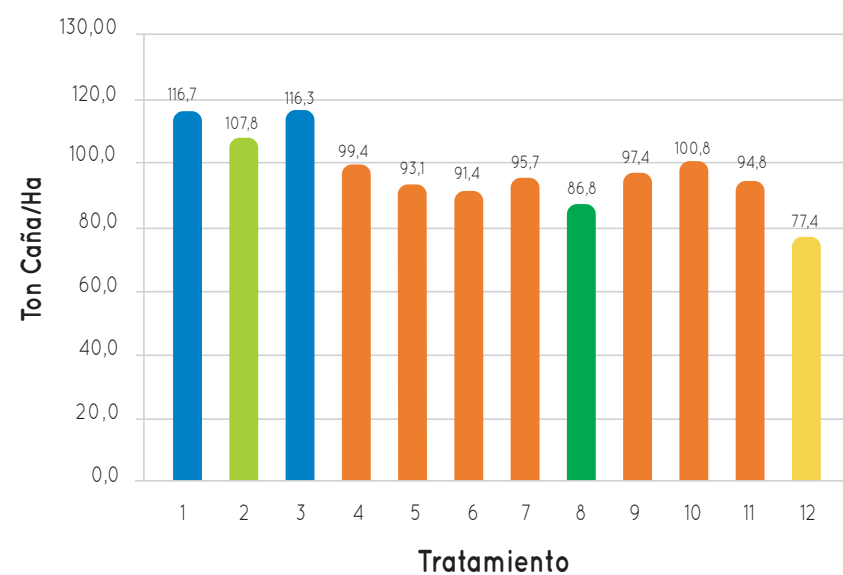


**Figura 18.**

Método de siembra transversal utilizado en ensayo de investigación zona sur.

Según los resultados obtenidos a nivel de producción agrícola (Figura 19), los valores más alto los obtuvieron los T1 (LAICA 04-44 Tres Chorros) y T3 (LAICA 04-44 H), no se

encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, mientras que el valor más bajo se presentó en el T12 (RB 98-710 Transversal)



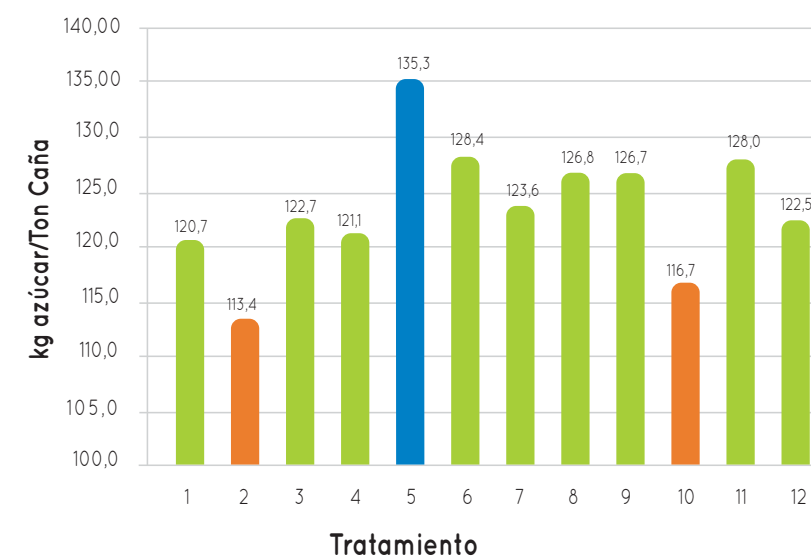
**Figura 19.**

Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.



En la Figura 20 se muestran los resultados del rendimiento industrial, donde se muestra la concentración de azúcar, el tratamiento T5 (LAICA 07-801 Tres Chorros) obtuvo el valor

más elevado (135,3 kg Azúcar/Ton Caña), mientras que los valores más bajos se presentaron en los T2 y T10.



**Figura 20.**

Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 21), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T1 (LAICA 04-44 Tres Chorros) y T3 (LAICA 04-44 H), sin

embargo, presentan los valores más altos con respecto a los demás, el tratamiento que presentó el valor más bajo fue T12 (RB 98-710 Transversal).

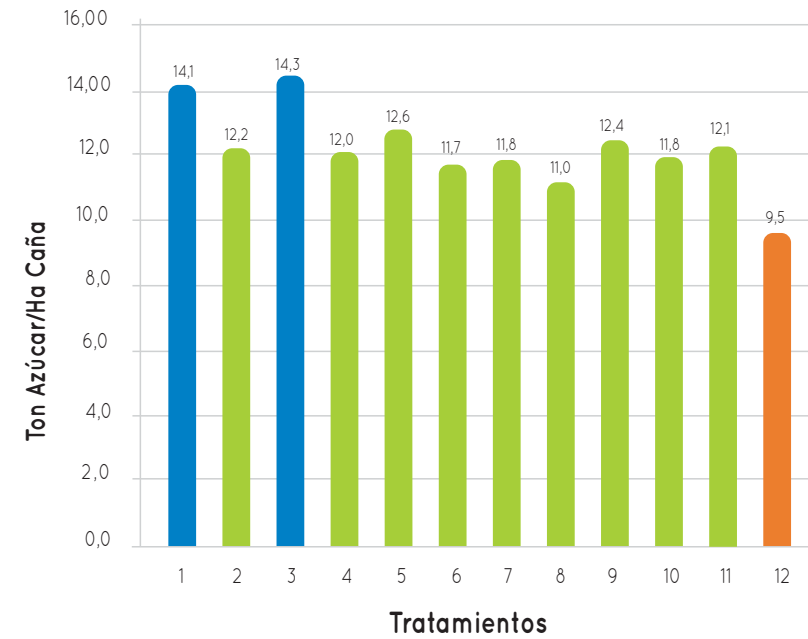


Figura 21.

Rendimiento agroindustrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

## EVALUACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS DE SIEMBRA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), EN LA ZONA NORTE

Se examinaron diversos procedimientos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar (LAICA 08-390, LAICA 10-207, LAICA 12-340 Y B77-95) en la zona norte, ubicada en finca Max Badilla, Los Chiles.

Se utilizó siembra transversal a distintas distancias 30cm, 40cm y 50cm y dos chorros.

## Cuadro 12.

Tratamientos por evaluar en el estudio.

TRATAMIENTOS	SIEMBRA
T1	B 77-95 (chorro)
T2	B 77-95 (30 cm)
T3	B 77-95 (40 cm)
T4	B 77-95 (50 cm)
T5	LAICA 08-390 (chorro)
T6	LAICA 08-390 (30 cm)
T7	LAICA 08-390 (40 cm)
T8	LAICA 08-390 (50 cm)
T9	LAICA 12-340 (chorro)
T10	LAICA 12-340 (30 cm)
T11	LAICA 12-340 (40 cm)
T12	LAICA 12-340 (50 cm)
T13	LAICA 12-340 (chorro)
T14	LAICA 10-207 (30 cm)
T15	LAICA 10-207 (40 cm)
T16	LAICA 10-207 (50 cm)

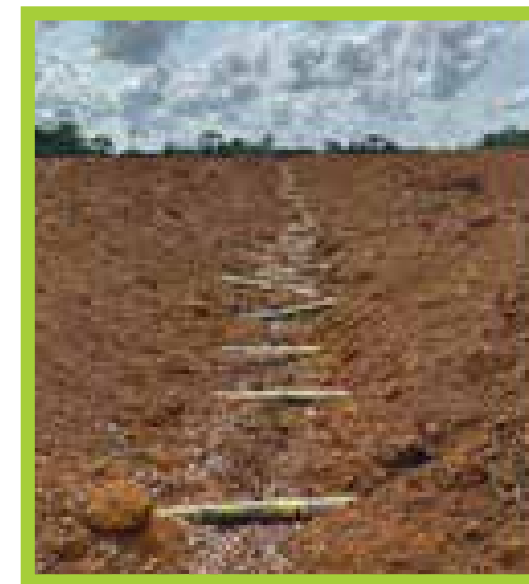
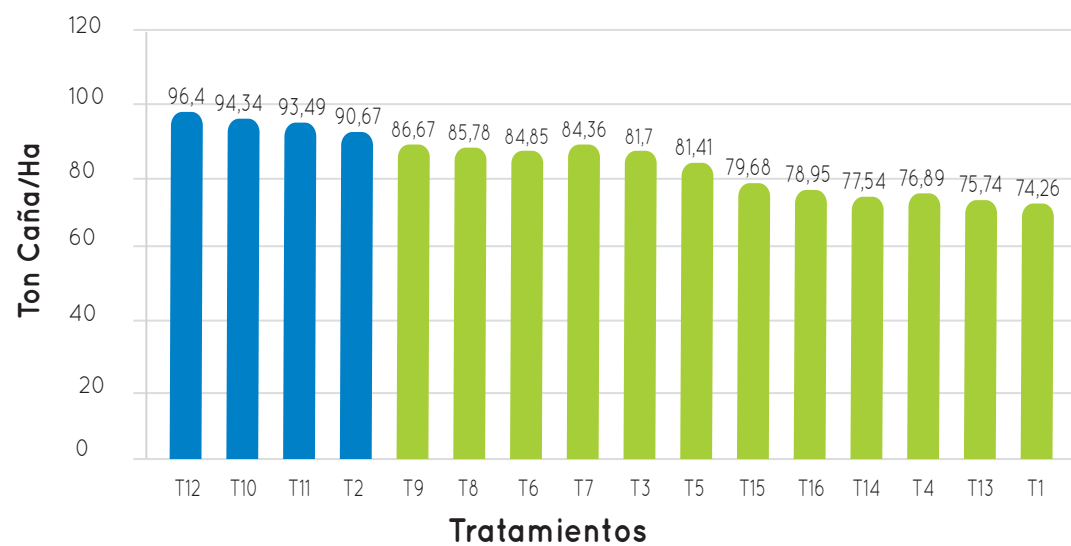


Figura 22.

Método de siembra transversal utilizado en ensayo de investigación Zona Norte.

Según los resultados obtenidos a nivel de producción agrícola (Figura 23), los valores más alto los obtuvieron los T12 (LAICA 12-340 50cm),

T10 (LAICA 12-340 30cm), T11 (LAICA 12-340 40cm) y T2 (B77-95 30cm), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

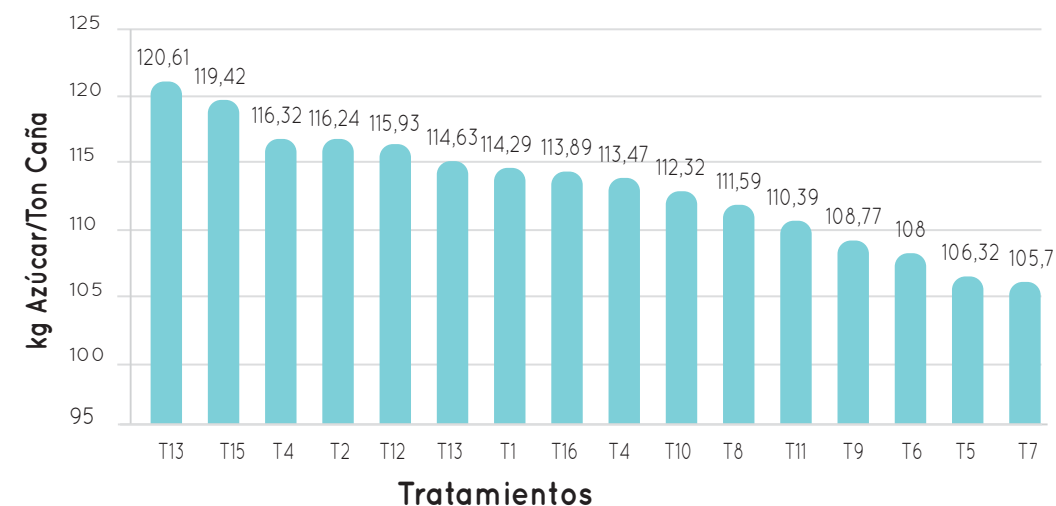


**Figura 23.**

Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona norte. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la Figura 24 se muestran los resultados del rendimiento industrial, donde se muestra la concentración de azúcar, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los

tratamientos, sin embargo, a nivel de medias sobresalen T13 (LAICA 12-340 Chorro), T15 (LAICA 10-207 50cm) y T14 (LAICA 10-207 30cm).



**Figura 24.**

Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona norte. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.



En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 25), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos T12 (LAICA 12-340 50cm), T10 (LAICA 12-340 30cm), T2 (B77-95 30cm), T11 (LAICA 12-340 40cm), sin

embargo, presentan los valores más altos con respecto a los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en T15, T8, T9, T3, T6, T13, T14, T16, T7, T5 y T1, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

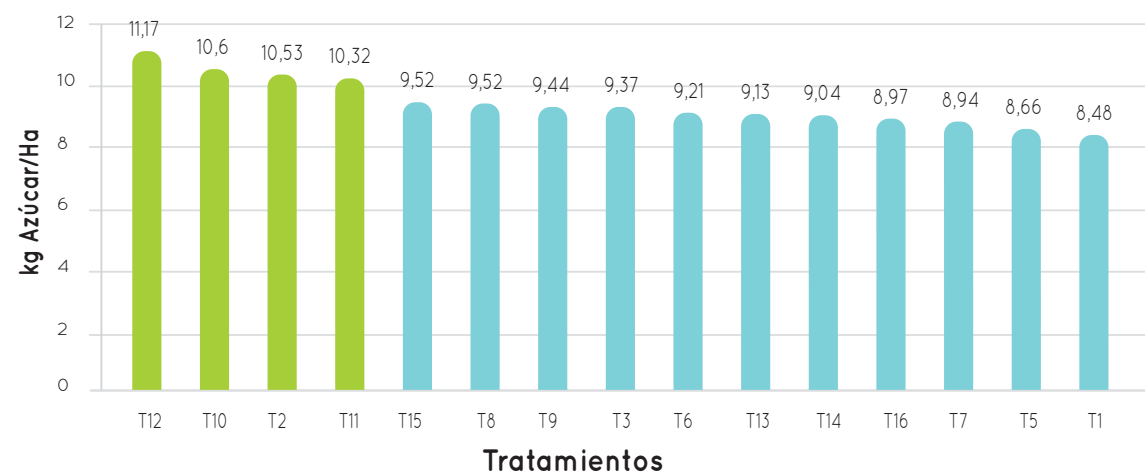


Figura 25.

Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona norte. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < \alpha$ ; donde  $\alpha = 0,05$ ) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

## MEDICIÓN DE LA COMPACTACIÓN EN EL PERFIL DE DOS SUELOS CAÑEROS (INCEPTISOL Y ANDISOL) DE TURRIALBA Y JIMÉNEZ

Se evaluó la resistencia a la penetración en los primeros 60 cm del perfil de dos suelos en la zona de Turrialba y Jiménez utilizando un penetrómetro marca penetroLOG Falker PLG1020, para cada modalidad de cosecha y orden de suelo de esta región se efectuaron 8 repeticiones y se generaron los gráficos con su

respectiva línea con el límite máximo de resistencia a la penetración de 1500 Kpa.

En las Figuras 26, 27 y 28 se muestran los resultados obtenidos en un suelo de orden Andisol, sin embargo, no se encontró compactación significativa.

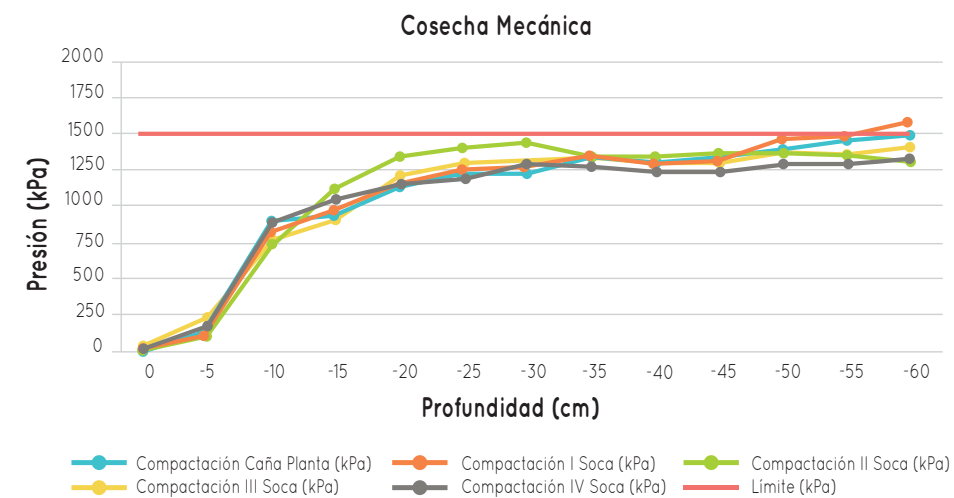


Figura 26.

Resistencia a la penetración en el perfil de un suelo Andisol en Juan Viñas, cosecha mecánica.

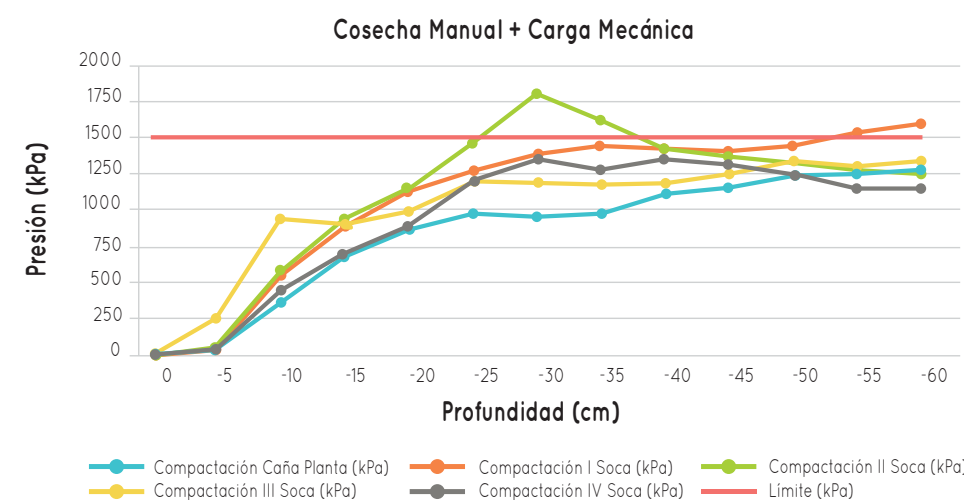
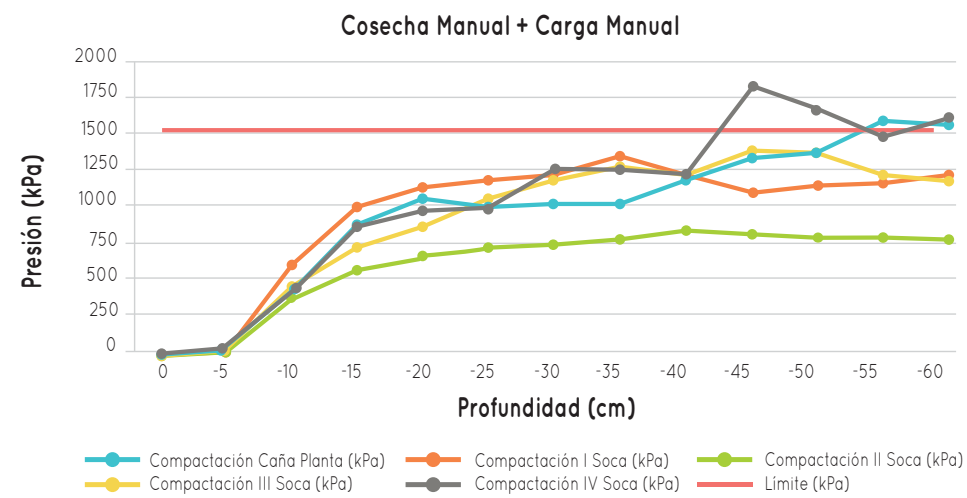


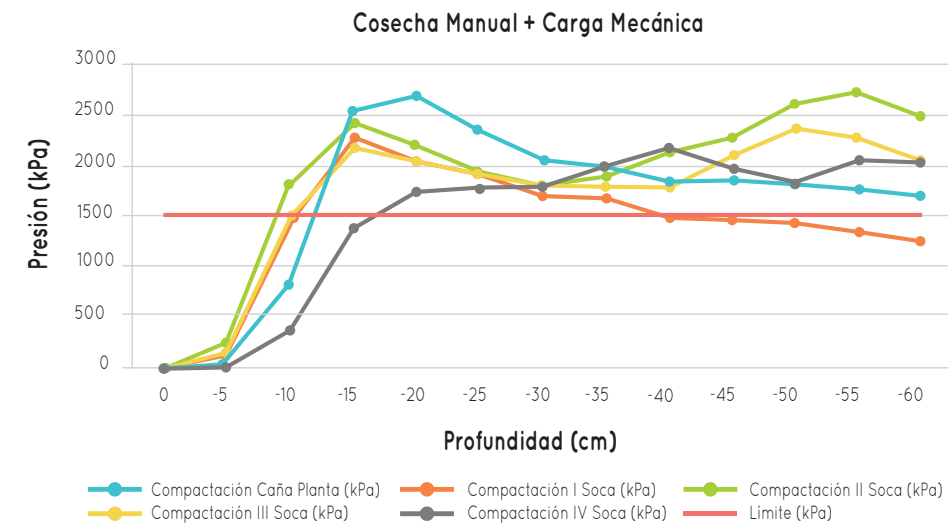
Figura 27.

Resistencia a la penetración en el perfil de un suelo Andisol en Juan Viñas, cosecha manual + carga mecánica.



**Figura 28.**

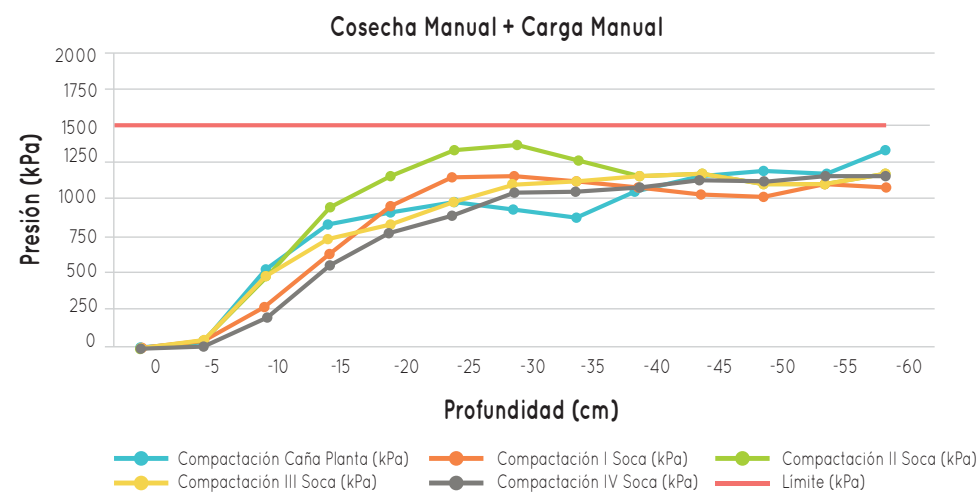
Resistencia a la penetración en el perfil de un suelo Andisol en Juan Viñas, cosecha manual + carga manual.



**Figura 30.**

Resistencia a la penetración en el perfil de un suelo Inceptisol, cosecha manual + carga mecánica.

En las Figuras 29 y 30 se muestran los resultados obtenidos en un suelo de orden Inceptisol, se encontró compactación significativa en cosecha manual + carga mecánica.



**Figura 29.**

Resistencia a la penetración en el perfil de un suelo Inceptisol, cosecha manual + carga manual.

## VALIDACIÓN DE LA COBERTURA VIVA *Crotalaria juncea* EN TRES DENSIDADES DISTINTAS, PARA EVALUAR EL EFECTO EN EL CONTROL DE MALEZAS EN CAÑA DE AZÚCAR (CAÑA PLANTA)

Para el establecimiento del ensayo en campo se utilizó como referencia un mapa de campo desarrollado con un diseño experimental de bloques completos al azar. Se utilizó una parcela de tres surcos por 5 metros de longitud.

Entre cada parcela se dejó un borde de 1.5m de largo. Los tratamientos de densidad de siembra de *C. juncea* fueron los siguientes: 40, 50 y 60 pl/m lineal. La siembra se realizó a doble hilera en el entresurco. Se sembraron con un distanciamiento entre hileras de 50cm.



**Figura 31.**  
Cobertura viva *Crotalaria juncea* en cultivo de caña de azúcar.

En las figuras 32, 33 y 34 se observa el porcentaje de cobertura promedio de las malezas con respecto al de la cobertura *C. juncea* a lo largo del tiempo, según los tratamientos respectivos. En las tres figuras, la línea correspondiente a la cobertura viva se

encuentra siempre superior a la línea correspondiente a las malezas. Esto evidencia que los tres tratamientos de densidad de siembra de *C. juncea* funcionan para disminuir el porcentaje de las malezas presentes.

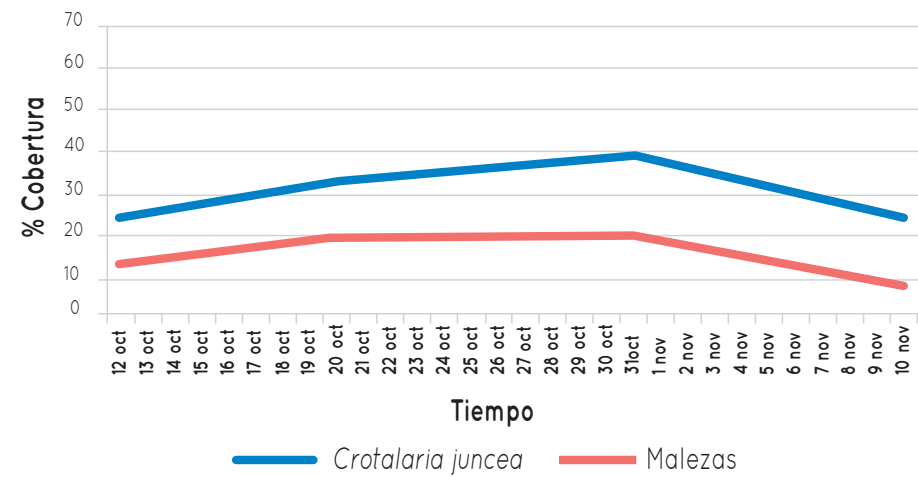


Figura 32.

Porcentaje de cobertura promedio de *C. juncea* y de las malezas presentes en el ensayo en la finca La Argentina para la densidad de siembra de 40 pl/m lineal.

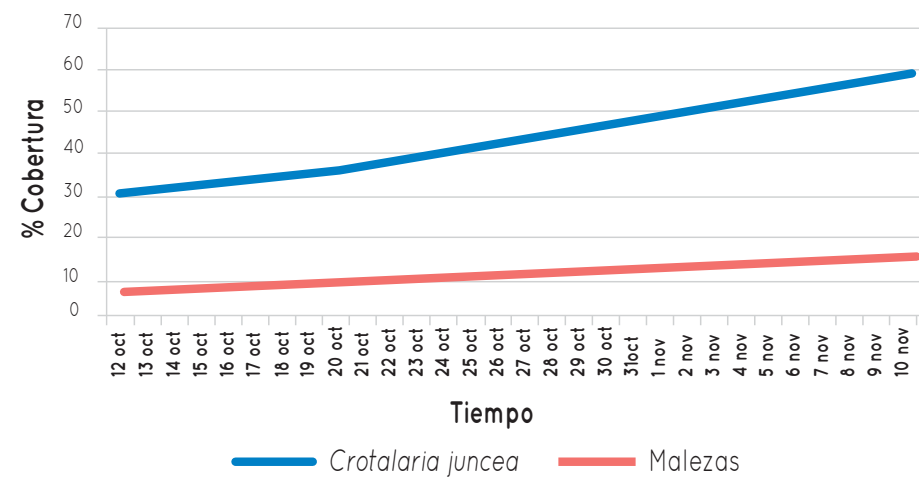


Figura 33.

Porcentaje de cobertura promedio de *C. juncea* y de las malezas presentes en el ensayo en la finca La Argentina para la densidad de siembra de 50 pl/m lineal.

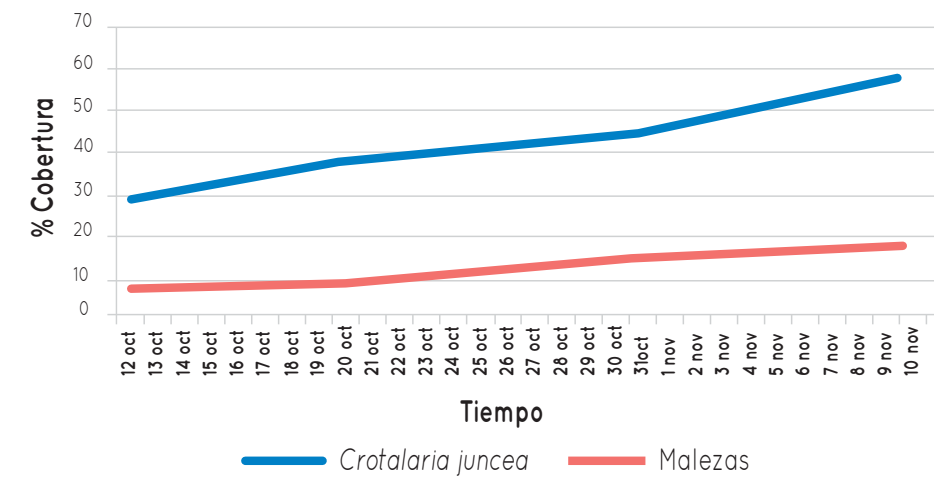


Figura 34.

Porcentaje de cobertura promedio de *C. juncea* y de las malezas presentes en el ensayo en la finca La Argentina para la densidad de siembra de 60 pl/m lineal.

En la Figura 32 se muestra el porcentaje de cobertura de *C. juncea* a lo largo del tiempo según los diferentes tratamientos aplicados. En el caso del tratamiento de 40 pl/m lineal, se observa un aumento progresivo en la cober-

tura desde el inicio de las evaluaciones, similar al comportamiento de los otros dos tratamientos. El tratamiento de 50 pl/m lineal fue el que alcanzó el mayor porcentaje de cobertura, con un valor cercano al 60%.

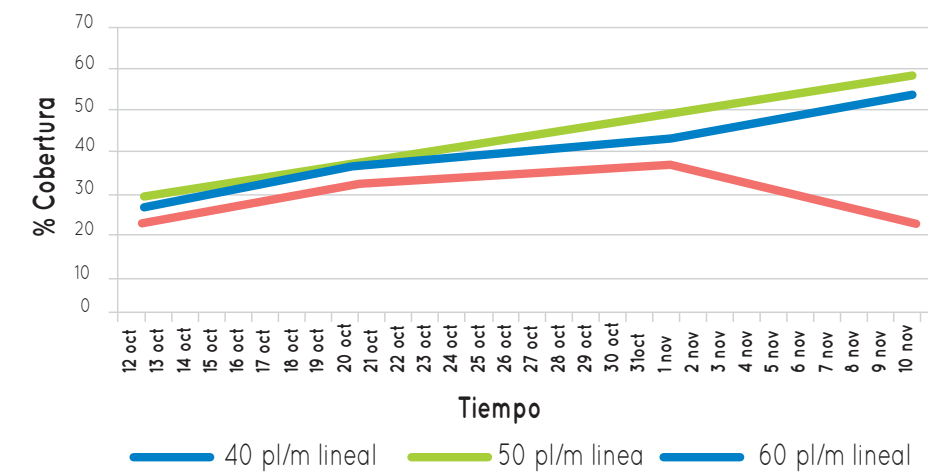
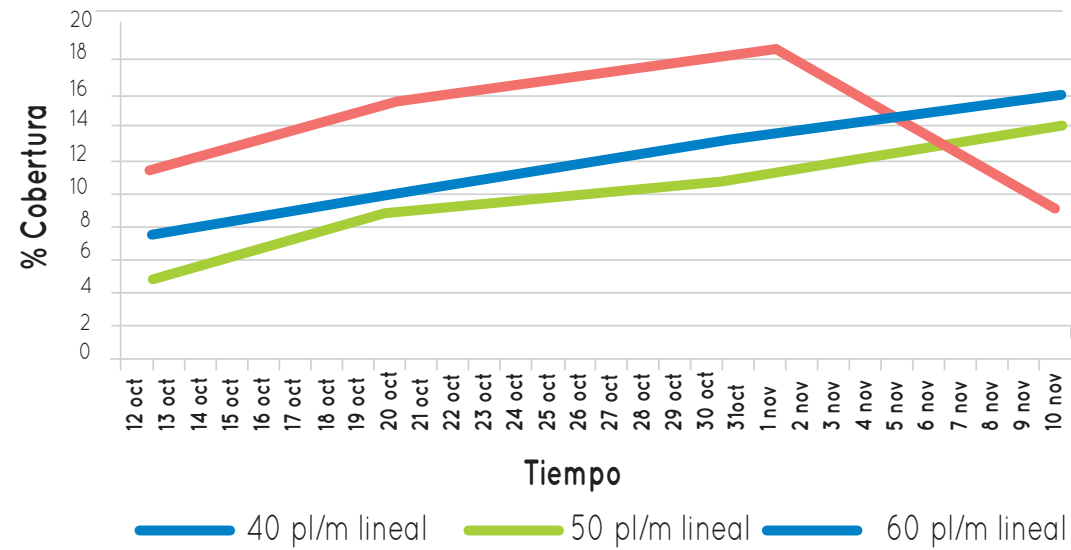


Figura 35.

Porcentaje de cobertura promedio de *C. juncea* a lo largo del tiempo según los diferentes tratamientos.

En la figura 36 se observa el porcentaje de cobertura de las malezas a lo largo del tiempo según los diferentes tratamientos aplicados. El tratamiento que obtuvo los menores valores para dicha variable fue el de 50 pl/m lineal.

Respecto al tratamiento de 40 pl/m lineal se vislumbra que fue el que obtuvo los mayores valores para el porcentaje de cobertura de las malezas.



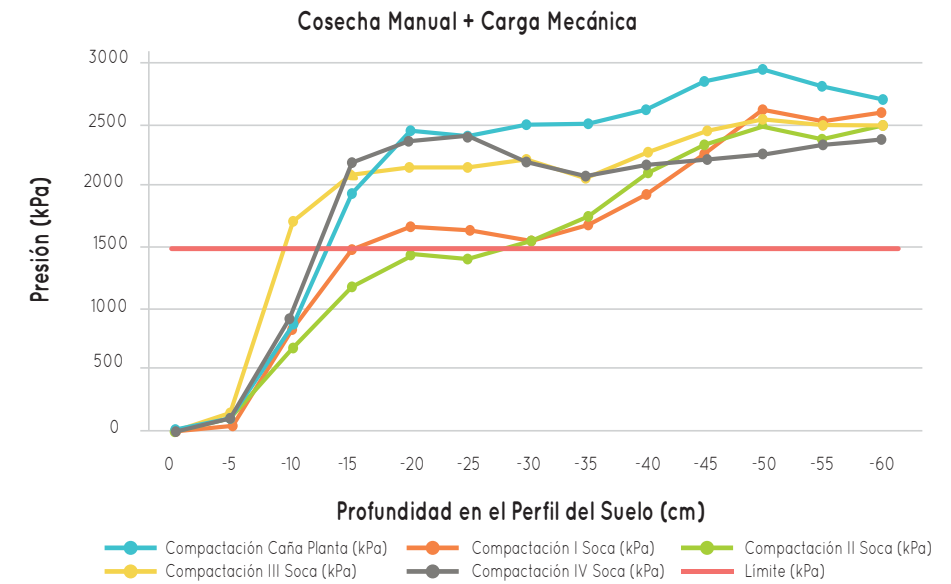
**Figura 36.**

Porcentaje de cobertura promedio de las malezas a lo largo del tiempo según los diferentes tratamientos.

## MEDICIÓN DE LA COMPACTACIÓN EN EL PERFIL DE SUELOS CAÑEROS EN LA ZONA SUR

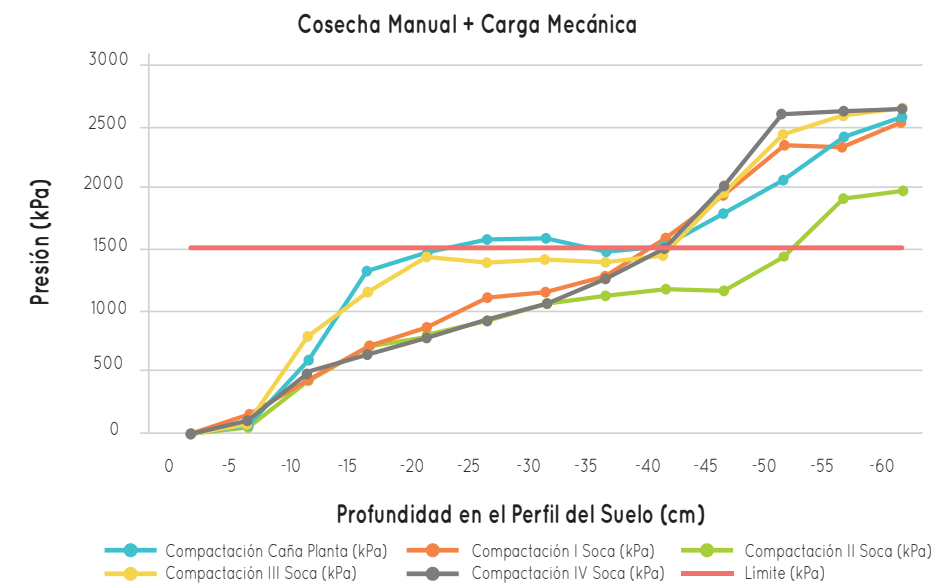
Se evaluó la compactación del suelo utilizando un penetrómetro a diferentes profundidades y a una humedad del suelo no mayor al 30%. Se evaluaron lotes homogéneos en dos tratamientos: Cosecha manual y carga manual en lotes de 1 hasta 5 cortes y Cosecha manual y carga mecánica en lotes de 1 hasta 5

cortes. Se determinó que en ambos se genera compactación en los suelos conforme se avanza en la cantidad de cortes siendo más marcada la diferencia entre la carga manual y mecánica inducido por la mayor frecuencia de pases de equipo mecánico pesado.



**Figura 37.**

Medición de compactación en cosecha manual y carga mecánica.



**Figura 38.**

Medición de compactación en cosecha y carga manual.

## ESTUDIO DE FUENTES ENCALANTES EN UN SUELO ULTISOL DE LA ZONA SUR

Se estableció en el año 2022 un ensayo de campo donde se evaluaron diferentes fuentes encalantes en un suelo ultisol cuyas caracte-

rísticas previas se encontró que presentaba problemas de acidez. La cosecha fue a los 10 meses de edad.

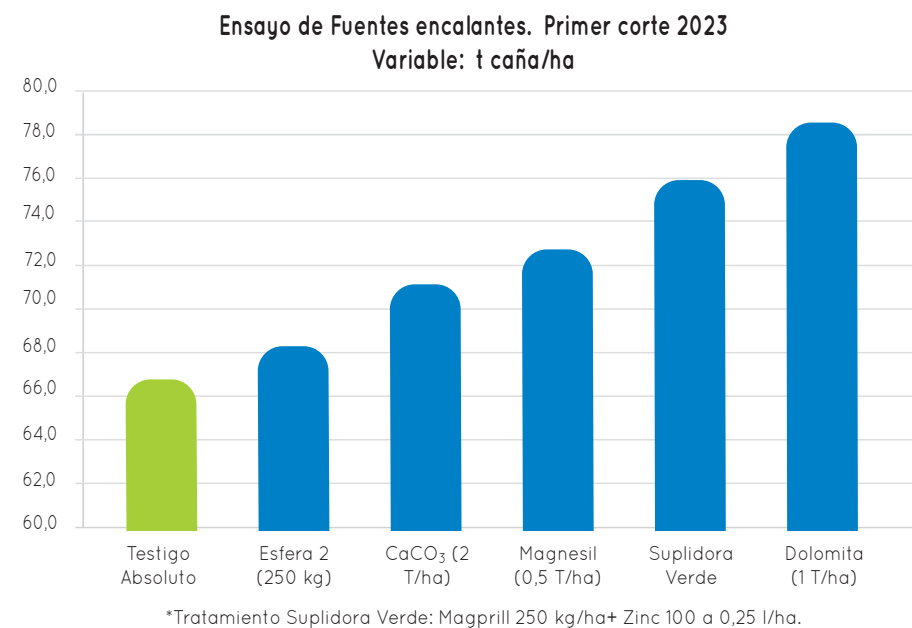


Figura 39.

Producción de campo (t caña/ha) con fuentes encalantes.

En los resultados obtenidos para la primera cosecha se determinan incrementos respecto al testigo de los siguientes tratamientos: CaCO<sub>3</sub> (6.6%); Magnesil (8.8%); Tratamiento

Suplidora Verde (13.4%) y Dolomita (17.8%). Es importante darle seguimiento a la investigación en cosechas siguientes.



## APLICACIÓN DE NXTEND FOLIAR COMO REFUERZO NUTRICIONAL EN PLANTACIONES DETECTADAS CON BAJOS ÍNDICES DE CRECIMIENTO VÍA MONITOREO CON IMÁGENES SATELITALES EN REGIÓN VALLE CENTRAL

Se diseñó esta investigación en conjunto con CoopeVictoria y la empresa Disagro identificando un lote sembrado con la variedad RB 86-7515 que presentaba bajo índice de crecimiento ubicado en finca La Argentina y se establecieron parcelas con un

diseño de bloques al azar con tres repeticiones realizando una aplicación con Drone a los 120 días después del rebrote en caña soca de 3 cosechas, se evaluaron dosis crecientes del Nxtend foliar (0, 5, 10 y 15 l/ha) con un volumen de descarga de 20 l/ha.

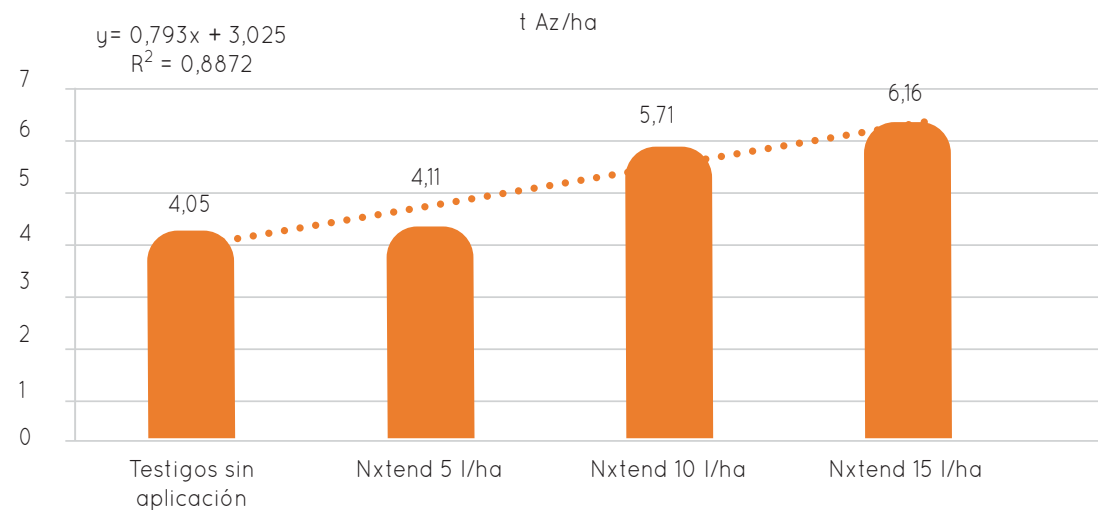
Cuadro 13.

Resultados agroindustriales ensayo aplicación Nxtend foliar.

Tratamiento	Kg Az/t	TCH	t AZ/ha	% Incremento Az/ha
Testigo sin aplicación	104,04	38,93	4,05	0
Nxtend 5 k/ha	116,76	35,11	4,11	1,5
Nxtend 10 l/ha	112,32	50,81	5,71	41,0
Nxtend 15 l/ha	114,07	54,07	6,16	52,1

Como se observa en el Cuadro 13, la mejor respuesta se obtuvo con la dosis de 15 l/ha lográndose un incremento del 52.1% en la producción de azúcar por hectárea generada

principalmente por el incremento significativo en el tonelaje de caña por hectárea (40%) pero también en kg Az/ha (9.64%).



**Figura 40.**

Incremento en producción Az/ha según dosis aplicada.

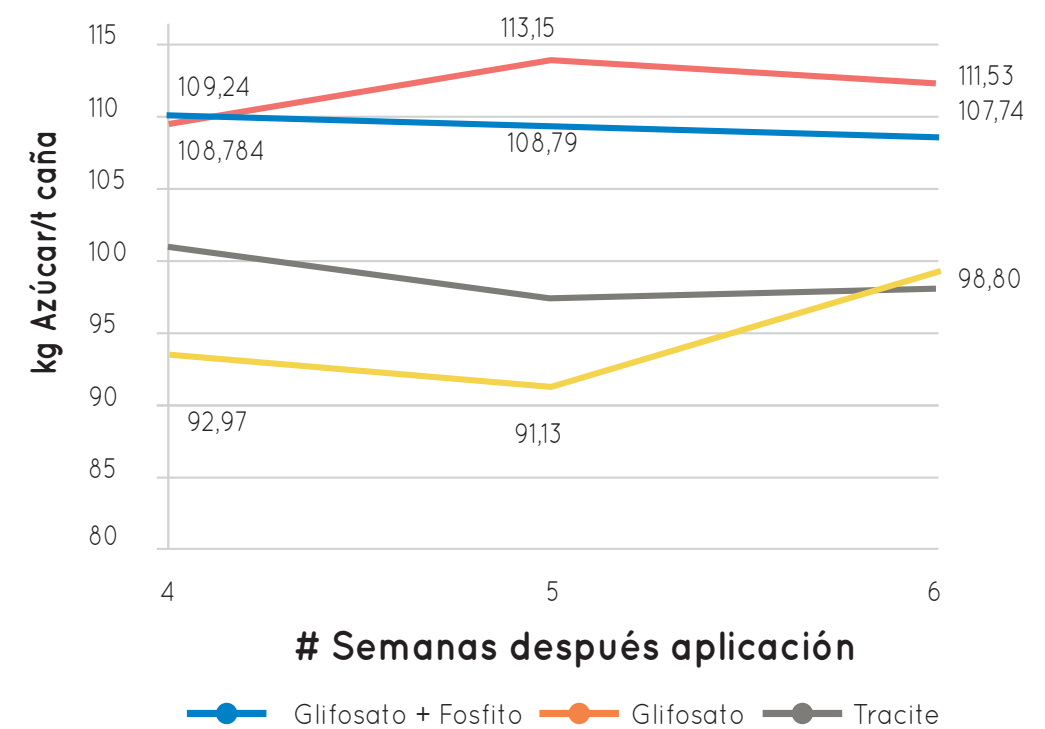
Como se observa en la Figura 40, la respuesta del cultivo fue notoria al aplicar 10 o más litros por hectárea de producto.



## MADURANTES NO HERBICIDAS EN REGIÓN VALLE CENTRAL

DIECA ha venido generando experiencias en la región desde la zafra 2019/20 evaluando aplicaciones de madurantes con Drones enfocado en lograr mejores rendimientos productivos principalmente para inicio de cosecha (primer tercio). Las primeras evaluaciones se realizaron en fincas del Inge-

nio Porvenir, dando como resultado un incremento de más de 12 kg Az/t caña producida al momento de cosecha al aplicar glifosato e inclusive con muy buena respuesta a tan sólo 4 semanas después de la aplicación, como se muestra en la figura 41.

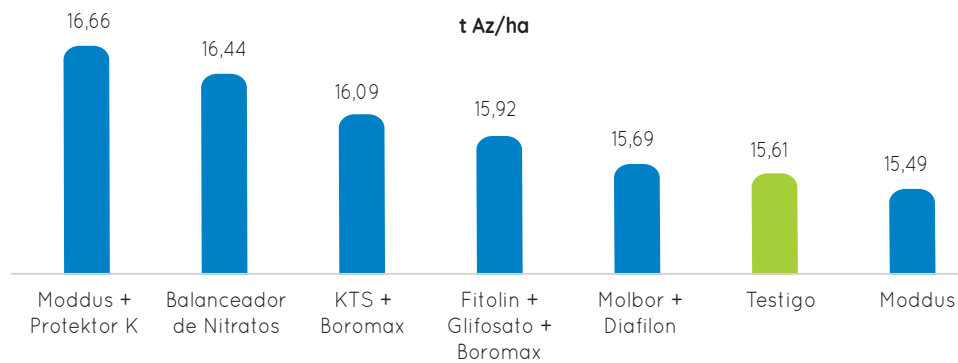


**Figura 41.**

Respuesta productiva de la Variedad RB 86-7515 a la aplicación con madurante según intervalo entre aplicación y cosecha.

Se han presentado problemas en rebrotes cuando se exceden las dosis de glifosato, así como deterioro de la materia prima. Por estas razones, se han realizado investigaciones sucesivas, con base en experiencias propias desarrolladas por DIECA en la Zona Sur y tratamientos utilizados a nivel comercial en la Región de Guanacaste y Zona Norte, y se ha

seleccionado una serie de alternativas viables para sustituir al glifosato. De estos tratamientos se han obtenido resultados interesantes con el Auge Balanceador de Nitratos (Boro + Molibdeno), KTS (Tiosulfato de Potasio) y Moddus (Etil trinexapac) al ser mezclado con fosfitos de potasio y boro según se ilustra en la figura 42.



**Figura 42.**

Toneladas de azúcar por hectárea obtenidas con la variedad RB 86-7515según tratamiento aplicado.

## PRODUCCIÓN Y USO DE SUSTRATO CAÑERO ELABORADO EN LA PLANTA DE SUSTRATOS

La producción total de sustrato al cierre del año 2023 fue de 58 toneladas de sustrato, producido en la planta de sustratos de DIECA,

dicho producto se desarrolla a base de suelo inceptisol, arena volcánica fina y abono orgánico de Coopevictoria.



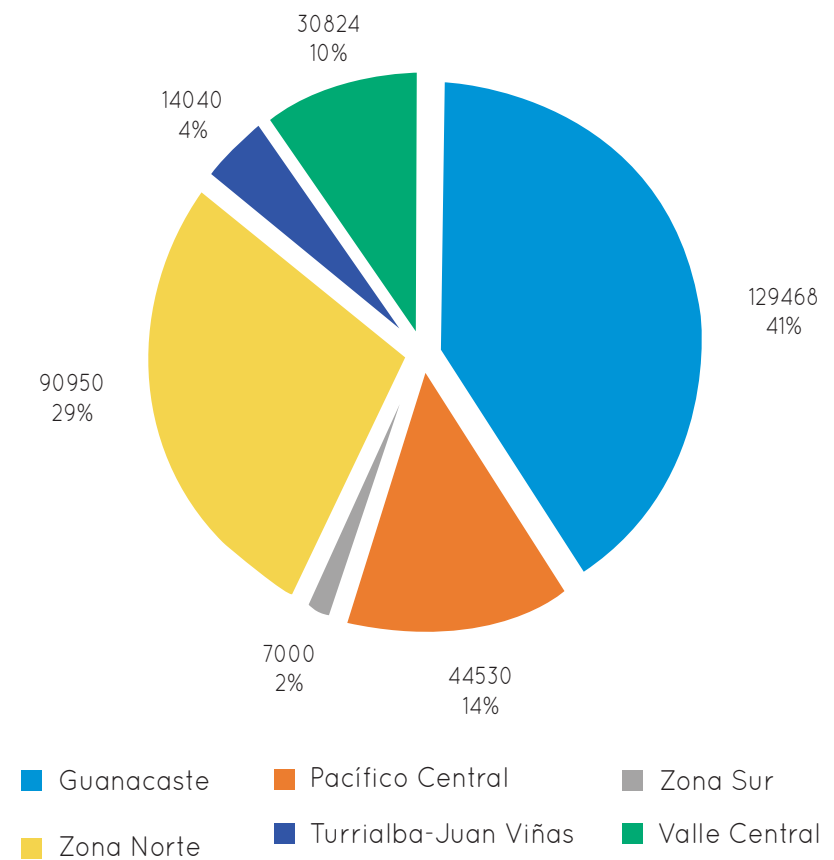
**Figura 43.**

Sustrato cañero elaborado en la Planta de Sustratos DIECA.

## PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PLÁNTULAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) PROVENIENTES DE CULTIVO *in Vitro* y YEMAS EXTRAÍDAS TRATADAS TÉRMICAMENTE

Durante el período de 2023, la distribución de plántulas de caña de azúcar provenientes tanto del cultivo *in vitro* como de yemas extraídas y tratadas térmicamente se mantuvo equilibrada. Esto significa que las

plántulas, independientemente de su origen, fueron establecidas de manera uniforme en el campo, lo cual es esencial para el desarrollo exitoso del cultivo.



**Figura 44.**

Distribución de plántulas de caña de azúcar provenientes de cultivo *in Vitro* y yemas extraídas tratadas térmicamente, 2023.

En el cuadro 14, se puede observar la producción y entregas de plántulas provenientes de cultivo *in Vitro* y yemas extraídas tratadas térmicamente comprendida entre los periodos 2017 y 2023.

La sección titulada “Material no asignado”, corresponde a plántulas que se encontraban en el invernadero al momento del cierre de año.

**Cuadro 14.**

Producción y repartición histórica de plántulas de caña de azúcar provenientes de cultivo *in Vitro* y yemas extraídas tratadas térmicamente.

REGIÓN	PROCEDENCIA	2019	2020	2021	2022	2023
Guanacaste	<i>in vitro</i>	14.768	6.368	12.580	10.479	49.217
	Yemas	-	-	10.202	88.551	80.251
Pacífico Central	<i>in vitro</i>	-	-	1.513	-	30.880
	Yemas	-	-	5.476	38.913	13.650
Zona Sur	<i>in vitro</i>	6.545	31734	-	24.700	3.000
	Yemas	-	-	20.710	-	4.000
Zona Norte	<i>in vitro</i>	39.200	29.469	2.400	19.200	70.275
	Yemas	-	-	43.692	11.628	20.675
Juan Viñas - Turrialba	<i>in vitro</i>	1.474	53.400	2.680	21.200	13.250
	Yemas	-	-	3.724	2.369	790
Valle Central	<i>in vitro</i>	16.619	3.529	11.490	22.485	10.300
	Yemas	-	-	17.574	6.752	20.524
Material no asignado	<i>in vitro</i>	50.646	101.705	90.306	86.098	69.125
	Yemas	-	-	-	79.171	52.378
Subtotal	<i>in vitro</i>	129.252	226.205	120.969	184.162	246.047
	Yemas			101.648	227.384	192.268
<b>TOTAL</b>		<b>129.252</b>	<b>226.205</b>	<b>222.617</b>	<b>411.546</b>	<b>438.315</b>

# Tomá LO NUEVO



# PROGRAMA FITOSANIDAD

## RESUMEN

El Programa Nacional de Fitosanidad tiene como objetivo principal salvaguardar la producción agrícola cañera del país, con un enfoque específico en el Manejo Integrado de Plagas dentro del cultivo de caña de azúcar. Este programa se ha convertido en una herramienta esencial para mantener la sostenibilidad y productividad del sector cañero, asegurando que las prácticas agrícolas sean tanto efectivas como responsables.

Dentro del marco del programa, se diseña, investiga e integra diversas estrategias de control, incluyendo técnicas culturales, etológicas, biológicas y químicas. Estas estrategias son coordinadas de manera precisa para mantener las poblaciones de plagas bajo control y minimizar el impacto ambiental. La combinación de estos métodos permite un manejo más eficiente y sustentable de las plagas, reduciendo la dependencia en soluciones químicas y promoviendo un equilibrio ecológico en los campos de caña.

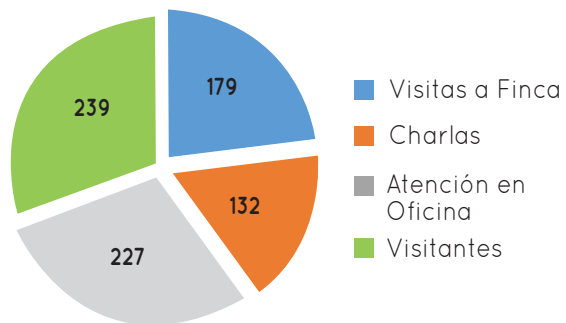
El enfoque integral del Programa Nacional de Fitosanidad no solo busca garantizar la protección contra las plagas del cultivo de caña de azúcar, sino también promover prácticas agrícolas sostenibles. Al mitigar los riesgos asociados con el uso excesivo de pesticidas, el programa contribuye a la salud del ecosistema y la seguridad alimentaria. Esto se logra mediante la implementación de técnicas que protegen los cultivos sin comprometer el medio ambiente.

A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos durante el periodo 2023, haciendo énfasis en las principales plagas que afectaron las plantaciones de caña de azúcar. Estos resultados reflejan el esfuerzo y la dedicación del equipo del Programa Nacional de Fitosanidad para enfrentar los desafíos fitosanitarios y asegurar la prosperidad del sector cañero en el país.



# GENERALIDADES

Durante el transcurso del año 2023, el Programa Nacional de Fitosanidad realizó una gama diversa de actividades destinadas a fortalecer la fitoprotección de los cultivos agrícolas en todo el país.



**Figura 45.**

Resumen de actividades llevadas a cabo por parte del Programa de Fitosanidad.

Entre estas actividades, se incluyeron visitas periódicas a las fincas de productores e ingenios, donde los especialistas de MIP brindaron asesoramiento directo sobre prácticas de manejo integrado de plagas.



**Figura 46.**

Capacitación realizada por el Programa de Fitosanidad, Región Valle Central.

Además, se llevaron a cabo charlas informativas y capacitaciones tanto en las instalaciones de la Estación Experimental

DIECA como en las propias fincas, con el objetivo de difundir las mejores prácticas agrícolas y fomentar la adopción de medidas preventivas.

Asimismo, el Programa Nacional de Fitosanidad se dedicó a promover la educación y la concienciación sobre temas relacionados con el MIP, recibiendo visitantes de diversos ámbitos, incluidos estudiantes, productores, técnicos de ingenios y representantes de empresas nacionales e internacionales.



**Figura 47.**

Capacitación realizada por el Programa de Fitosanidad, Región Valle Central.

Estas interacciones proporcionaron oportunidades para compartir conocimientos, intercambiar experiencias y establecer redes de colaboración en la lucha contra las plagas que afectan a la caña de azúcar.

Además, en colaboración con los Técnicos Regionales de DIECA, se organizaron charlas especializadas y días de campo para abordar de manera específica los desafíos fitosanitarios que enfrentaban las distintas regiones cañeras del país, facilitando así la transferencia de tecnología y el fortalecimiento de las capacidades locales en materia de protección de cultivos.

# BARRENADOR COMÚN DEL TALLO

(*Diatraea* spp.)

El género *Diatraea* representa una de las plagas más importantes en la producción de caña de azúcar a nivel mundial. En Costa Rica, esta problemática también se manifiesta con fuerza, destacando la especie predominante *Diatraea tabernella*, y en algunas zonas, *Diatraea saccharalis*. Además, actualmente se está investigando una posible nueva especie perteneciente a este género.



**Figura 48.**

Larva de *Diatraea tabernella*, Región Valle Central.

Las escasas precipitaciones registradas durante el primer semestre del año crearon condiciones ideales para el desarrollo y proliferación de la plaga, resultando en un notable incremento de su población. Esta situación afectó especialmente las regiones Norte y Sur del país, donde las condiciones climáticas facilitaron el rápido desarrollo de *Diatraea*, alcanzando hasta un 11% de intensidad de infestación (i.i.) en algunas plantaciones. Esta alta tasa de infestación representa una amenaza significativa para la producción de caña de azúcar en esas áreas, ya que puede llevar a reducciones considerables en el rendimiento del cultivo y

afectar la economía de los productores locales.

Para controlar la plaga, se ha implementado desde hace 39 años la liberación del parasitoide *C. flavipes*, logrando mantener un rango de control a nivel nacional con un parasitismo efectivo entre el 40% y el 60%. Este método se aplica con una sola liberación cuando la población de la plaga supera los 1.500 individuos por hectárea de cultivo.



**Figura 49.**

Larva de *Diatraea tabernella*, Región Norte.

La Región de Turrialba, en el área de influencia del Ingenio Juan Viñas, ha destacado por mantener los porcentajes de parasitismo más altos, lo que subraya la efectividad de esta estrategia de manejo biológico. La consistencia y éxito de *Cotesia flavipes* en estas áreas demuestran la importancia de los programas de control biológico a largo plazo y su impacto positivo en la reducción de las poblaciones de plagas.

Además de *C. flavipes*, los monitoreos realizados han identificado otros parasitoides nativos que afectan a las larvas de *Diatraea*. Entre ellos, destacan las moscas de la familia Tachinidae, específicamente *Billaea claripal-*

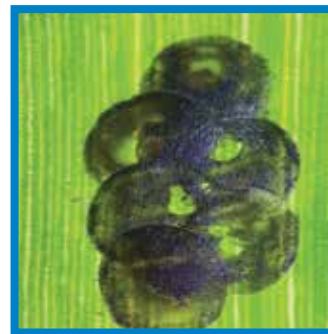
pis, que ha mostrado un parasitismo del 6 al 10%, alcanzando hasta el 30% en algunos sectores de la Región Norte.



**Figura 50.**

Pupa de *Tachinidae* presente en tallo de caña, Región Norte.

Asimismo, se han encontrado dos parasitoides de la familia *Braconidae*, *Alabagrus* sp. y *Agathis* sp., representando un parasitismo del 2%. En la Región Sur, se han detectado posturas de *Diatraea* parasitadas, posiblemente por *Trichogramma* sp. o *Telenomus* sp., lo que indica una diversidad de agentes de control biológico presentes en el ecosistema.



**Figura 51.**

Posturas de *D. tabernella* que muestran la emergencia de un parasitoide de huevos, Región Sur.

La presencia de estos diversos parasitoides sugiere que ha y un potencial considerable

para desarrollar estrategias de manejo integrado que utilicen múltiples agentes biológicos para controlar la plaga de manera más eficaz.

## SALIVAZO

(*Aenolamia* spp.; *Prosapia* spp.; *Zulia* sp.)

Los salivazos son plagas comunes en las plantaciones de caña de azúcar en varias regiones cañeras de Costa Rica. Sin un manejo adecuado, estos insectos pueden causar daños significativos a las plantas. En su estado ninfal, los salivazos se alimentan de las raíces adventicias, y en su estado adulto, de la savia de las hojas, provocando necrosis en la superficie foliar.



**Figura 52.**

Adultos de *Aeneolamia* sp., Región Puntarenas.

Este daño interfiere con la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis y desarrollarse normalmente, resultando en una disminución del rendimiento del cultivo de hasta un 25%.

La distribución irregular de las precipitaciones en el país ha provocado una dinámica variable en la incidencia de la plaga. En las regiones del Pacífico Central y Guanacaste, los meses de

junio a octubre fueron especialmente vulnerables a la infestación debido a las condiciones climáticas propicias para la proliferación de los salivazos.

En contraste, en la Región Norte, los principales brotes de la plaga surgieron en el último trimestre del año, revelando un patrón diferente en la temporalidad del fenómeno.

Esta variabilidad estacional resalta la complejidad del manejo integrado de la plaga en las distintas regiones del país.



**Figura 53.**

Daño ocasionado en caña de azúcar debido a las elevadas poblaciones de salivazo, Región Puntarenas.

Como parte del manejo de los salivazos, tras los monitoreos de ninfas y adultos y una vez superados los umbrales de acción, se emplearon herramientas biológicas y químicas para mitigar las poblaciones y daños al cultivo. Entre las herramientas biológicas, se utilizó el hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, Cepa D0317, en concentraciones de  $5 \times 10^{12}$  a  $1 \times 10^{13}$  conidios viables por hectárea. Para el control químico, se aplicó Tiametoxam 25 WG a una dosis de 150 gramos por hectárea.



**Figura 54.**

Adulto de *Aeneolamia* sp. parasitado por *M. anisopliae*, Cepa D0317, Región Norte.

El control de la plaga mediante estas herramientas no fue completamente eficaz debido al número de generaciones del insecto y las condiciones agroclimáticas favorables.



**Figura 55.**

Ninfas de salivazo presentes en caña de azúcar, Región Guanacaste.

Por lo tanto, su manejo debe realizarse de manera integrada, comenzando con prácticas culturales de preparación del terreno y controles tempranos basados en monitoreos.



**Figura 56.**

Trampas amarillas para monitoreo y control de salivazo, Región Puntarenas.

Además, se está investigando el control de ninfas mediante aplicaciones combinadas del hongo *Beauveria bassiana* y nuevas cepas de *M. anisopliae*, buscando mejorar la eficacia de las estrategias de control y reducir el impacto de esta plaga en el cultivo de caña de azúcar.

## HORMIGA LOCA

*(Nylanderia fulva)*

La hormiga loca (*Nylanderia fulva*), una especie invasora originaria de Sudamérica, fue detectada por primera vez en el año 2016 en los cañales de la localidad de La Argentina de Grecia. Desde entonces, esta plaga se ha diseminado rápidamente a todos los cantones cañeros del Valle Central, extendiéndose también a los cantones de Orotina, Esparza y Cañas.



**Figura 57.**

Nido de hormiga loca, Región Valle Central.

Durante el período 2023, la presencia de la plaga se expandió aún más, alcanzando plantaciones de caña en los cantones de San Carlos y Pérez Zeledón, sumándose así a las zonas previamente afectadas.



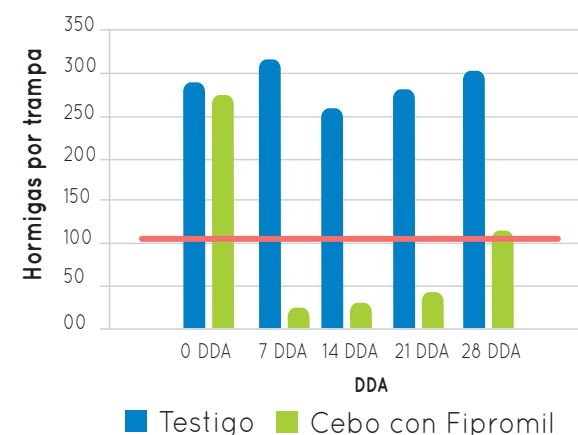
**Figura 58.**

Hormiga loca atendiendo a *Saccharicoccus sacchari*, Región Sur.

En total, se contabilizan más de 6,200 hectáreas de caña de azúcar infestadas con *N. fulva*, y este número continúa en aumento.

Para contener la expansión de la plaga, se han implementado diversas estrategias basadas en la difusión de medidas preventivas tanto al sector agrícola como a la población en general. Estas acciones incluyen la realización de charlas informativas, días de campo y la distribución de hojas divulgativas, con el objetivo de educar y concienciar sobre las mejores prácticas para prevenir y controlar la infestación.

En términos de control directo, el uso de cebos tóxicos con diversas moléculas ha sido la principal herramienta empleada. Entre estos, destaca el cebo compuesto por 2.25 kg de bagacillo, 0.75 kg de harina de pescado, 12 litros de agua y 0.5 mL de fipronil 20 SC por hectárea, que ha demostrado ser muy efectivo para mantener bajas las poblaciones de *N. fulva*.



**Figura 59.**

Control de hormiga loca tras la aplicación de cebo tóxico con fipronil, Región Valle Central.

Para asegurar lo anterior, se llevaron a cabo una serie de capacitaciones a nivel nacional, donde se incluyó la descripción y demostración de la técnica apropiada para la elaboración del cebo, incluyendo la proporción adecuada de fipronil y los componentes que funcionan como atrayentes para garantizar la efectividad del cebo.

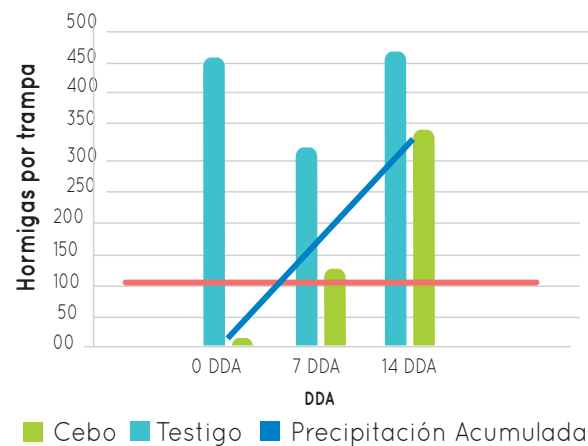
## Cuadro 15.

Capacitaciones realizadas por el Programa sobre hormiga loca y elaboración de cebo con fipronil.

REGIÓN	FECHA	NÚMERO DE PARTICIPANTES
Turrialba	11 octubre	39
Norte	31 octubre	37
Sur	1 noviembre	31
Guanacaste Oeste (Bolsón)	8 noviembre	15
Guanacaste Oeste (Río Cañas)	9 noviembre	20
Valle Central (Grecia)	10 noviembre	63
Puntarenas	15 noviembre	24
Valle Central (San Ramón)	17 noviembre	30
Guanacaste Este	20 diciembre	30
<b>TOTAL</b>		<b>289</b>

Asimismo, en dichas capacitaciones se proporcionaron directrices detalladas sobre la ubicación estratégica del cebo en los puntos clave de actividad de las hormigas, asegurando así la máxima efectividad en la erradicación o control de las poblaciones de hormiga loca en los entornos de cultivo de caña de azúcar.

Sin embargo, la efectividad de estos cebos, así como de otros métodos de control, está altamente influenciada por las condiciones meteorológicas, en particular por la cantidad y distribución de las lluvias.



**Figura 60.**

Población de hormiga loca tras la aplicación de cebo tóxico y precipitación, Región Guanacaste.

Las precipitaciones pueden provocar el lavado y pérdida del cebo, reduciendo significativamente su eficacia. Por esta razón, se destaca la importancia de aplicar los cebos tóxicos durante la temporada seca. Este período se presenta como una ventana de oportunidad estratégica, ya que las condiciones ambientales durante la época seca favorecen la reducción natural de la población de *N. fulva*, lo que a su vez potencia la efectividad del cebo tóxico.

En conclusión, el manejo de la hormiga loca

en las plantaciones de caña de azúcar requiere una combinación de medidas preventivas y controles directos. La educación y concienciación del sector agrícola y de la población en general son fundamentales para prevenir la expansión de la plaga.



**Figura 61.**

Imagen detallada de *N. fulva*. Fuente: <https://www.sciencefriday.com/>

Además, la implementación de cebos tóxicos durante la temporada seca se ha demostrado como una estrategia efectiva para reducir las poblaciones de *N. fulva*, aprovechando las condiciones ambientales favorables de este período para maximizar la eficacia de los tratamientos. Continúa siendo crucial la vigilancia y adaptación de las estrategias de manejo para enfrentar esta plaga invasora de manera efectiva.



## ÁFIDOS

(*Melanaphis sacchari*; *Sipha flava*)

Los áfidos tienen un impacto significativo en el cultivo de caña de azúcar. Estos insectos se alimentan de la savia de las plantas, debilitando su vigor y reduciendo su capacidad para producir biomasa.



**Figura 62.**

Afectación de la caña de azúcar var. RB 86-7515 causada por las altas poblaciones de áfidos, Región Valle Central.

Además de causar daño directo, los áfidos son vectores de virus de gran importancia para el cultivo, como el virus del mosaico de la caña de azúcar (ScMV) y el virus de la venación amarilla de la caña de azúcar (SCYLV), los cuales afectan negativamente el rendimiento y la calidad de la producción.

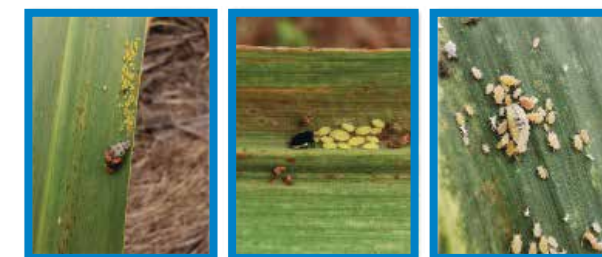
La rápida reproducción de los áfidos y su capacidad para colonizar grandes áreas de cultivo los convierten en una plaga en auge, exacerbada por condiciones agroclimáticas favorables y su asociación con otros insectos, especialmente hormigas como la hormiga loca (*Nylanderia fulva*) en las regiones del Valle Central, Pacífico Central y Guanacaste.



**Figura 63.**

*N. fulva* asociada a las altas poblaciones del áfido gris *M. sacchari*, Región Valle Central.

A pesar de que los monitoreos han registrado la presencia de enemigos naturales de los áfidos, como el parasitoide *Aphidius* sp. y depredadores como las larvas de moscas de la familia *Syrphidae*, los coleópteros *Cycloneda sanguinea* y *Coleomegilla maculata*, y otros miembros de la familia *Coccinellidae*, así como neurópteros como *Chrysopa* sp., las poblaciones de estos enemigos naturales no son suficientes para mantener bajo control las poblaciones de áfidos. Este desequilibrio es especialmente notable debido a la intervención de *N. fulva*, que puede desplazar o eliminar a estos enemigos naturales, favoreciendo la proliferación de los áfidos.



**Figura 64.**

Distintos depredadores de áfidos, Región Valle Central y Sur.

Otro controlador natural de los áfidos es el hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii*, que aparece de manera natural en los campos. Sin embargo, las epizootias causadas por este hongo suelen ocurrir cuando las poblaciones de áfidos presentan una incidencia del 100% y una alta severidad, lo que hace que su aparición no sea siempre oportuna para prevenir daños significativos.



**Figura 65.**

Áfidos parasitados por *Lecanicillium lecanii*, Región Sur.

Para abordar este problema, se aislaron y reprodujeron varias cepas de *L. lecanii* en el laboratorio.

Posteriormente, se realizaron aplicaciones experimentales en plantas infestadas por áfidos, utilizando una dosis de  $1 \times 10^7$  conidios viables por mililitro a nivel de invernadero, logrando un control del 85%. A nivel de campo, se aplicaron  $2,5 \times 10^{12}$  conidios viables por hectárea, alcanzando un control del 55%. Estos resultados demuestran que *L. lecanii*

es una herramienta factible para el control biológico de los áfidos.

Además del uso de *L. lecanii*, se emplean insecticidas químicos como Imidacloprid y Tiametoxam para el control de áfidos en los campos de caña de azúcar.

Sin embargo, la integración de *L. lecanii* ofrece una alternativa más sostenible y ecológica al manejo de esta plaga, permitiendo reducir la dependencia de productos químicos y favoreciendo un enfoque de manejo integrado de plagas.



**Figura 66.**

Áfidos parasitados por *L. lecanii*, Estación Experimental DIECA.

La implementación de este hongo entomopatógeno puede contribuir significativamente a mejorar la salud del cultivo y a mantener las poblaciones de áfidos bajo control, protegiendo así el rendimiento y la calidad de la caña de azúcar.

## CHINCHE DE ENCAJE

(*Leptodictya tabida*)

El chinche de encaje, tanto en su etapa de ninfa como en la de adulto, tiende a agruparse en colonias que se establecen en el envés de las hojas de la caña de azúcar. Estos insectos se alimentan de la savia de la planta, ocasionando daños directos a los tejidos vegetales. Esta actividad perjudicial debilita el crecimiento de la caña y afecta su desarrollo normal, lo que puede tener repercusiones significativas en la producción agrícola.



**Figura 67.**

Daño foliar en caña de azúcar ocasionado por las altas poblaciones del chinche de encaje, Región Puntarenas.

Aunque la presencia de *Leptodictya tabida*, el chinche de encaje, no había sido considerada de alta importancia en nuestro país, su impacto se intensificó debido a condiciones climáticas secas, como las registradas en el primer semestre del año en las regiones de Guanacaste y Pacífico Central.

Estas condiciones favorecieron la proliferación de la plaga, lo que llevó a la necesidad de realizar aplicaciones de insecticidas químicos, como Tiametoxam, en algunas áreas para intentar controlar su expansión y mitigar los daños a las plantaciones de caña de azúcar.

La aplicación de insecticidas químicos, si bien puede ser efectiva para controlar la población de chinches de encaje, plantea una serie de preocupaciones ambientales y de desequilibrio en el sistema productivo. Además, su uso prolongado puede generar resistencia en las poblaciones de insectos, lo que dificulta su control a largo plazo. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias de manejo integrado de plagas que incluyan métodos de control biológico y cultural, junto con monitoreo constante, para gestionar de manera sostenible la presencia de *L. tabida* en el cultivo y minimizar los impactos negativos.



**Figura 68.**

Colonias de chinche de encaje presentes en el envés de la hoja de la caña de azúcar, Región Guanacaste.

En respuesta a esta necesidad, se realizaron una serie de aplicaciones del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Cepa D 0117. A pesar de que estas aplicaciones

mostraron cierto grado de parasitismo (20%), no fueron lo suficientemente efectivas para mitigar de manera idónea la plaga. La eficacia limitada de este hongo se debió a las condiciones climáticas de la época, caracterizadas por elevadas temperaturas, baja humedad relativa y un índice UV alto, factores que reducen considerablemente la viabilidad del hongo en el campo.



**Figura 69.**

Chinche de encaje parasitado por *B. bassiana*, Región Puntarenas.

Dada la limitada efectividad del hongo en estas condiciones, se está trabajando en el uso de nuevas cepas de *B. bassiana* (D 0109, D 0314). Estas cepas han sido seleccionadas por sus distintas características y potencial de adaptabilidad a las condiciones adversas.

Además, se están investigando combinaciones de estas cepas para potenciar su eficacia. Sumado a esto, se está explorando el uso de coadyuvantes que ayuden a prolongar la viabilidad de los conidios de *B. bassiana* en las condiciones de campo, incrementando así su efectividad en el control del chinche de encaje.

La combinación de estas nuevas cepas y coadyuvantes representa una estrategia prometedora para el manejo sostenible del chinche de encaje en el cultivo de caña de azúcar.

Al integrar estas soluciones biológicas con prácticas de manejo cultural y monitoreo constante, se busca desarrollar un enfoque de manejo integrado que no solo controle eficazmente la plaga, sino que también minimice los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud de los ecosistemas agrícolas. Este enfoque integral es esencial para asegurar la sostenibilidad y productividad a largo plazo de las plantaciones de caña de azúcar en las regiones afectadas.

## JOBOTOS

(*Phyllophaga* spp.)

Los coleópteros del género *Phyllophaga* son un grupo de escarabajos que pueden causar daños significativos al cultivo de caña de azúcar. Durante su etapa larval, estos insectos se alimentan del sistema radicular de la caña, lo que provoca una disminución en el rendimiento del cultivo.



**Figura 70.**

Daño a nivel radicular ocasionado por Jobotos, Región Puntarenas

La importancia de estos coleópteros radica en su capacidad para debilitar las plantas al dañar el sistema de raíces, afectando su capacidad para absorber nutrientes y agua del suelo. Este daño radicular puede llevar a una reducción del vigor de las plantas, disminuyendo así la producción y calidad de la caña de azúcar.



**Figura 71.**

Pérdida de cepas de caña de azúcar ocasionado por altas poblaciones de jobotos, Región Sur.

Las estrategias de manejo que hasta la fecha han sido más adecuadas para contrarrestar la plaga incluyen prácticas como la rotación de cultivos, el barbecho, la renovación de plantaciones con historial de afectación, el control de malezas, y la labranza de suelos en época seca. Además, se ha implementado la captura masiva de adultos mediante trampas con feromonas, que se ha mostrado efectiva para reducir las poblaciones de escarabajos adultos y limitar su capacidad de reproducción. Estas medidas son fundamentales para minimizar el impacto de la plaga en las plantaciones y mantener la salud y productividad del cultivo de caña de azúcar.

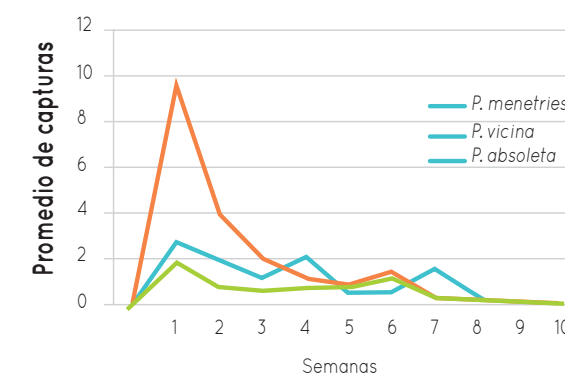


**Figura 72.**

Larvas de jobotos, Región Norte.

Durante el presente período, los monitoreos realizados en relación con varias especies de *Phyllophaga* han revelado una notable alteración en la emergencia de la plaga. Esta situación estuvo mayormente influenciada por la distribución atípica de las lluvias. Las fluctuaciones en los patrones pluviales desempeñaron un papel crucial en el desarrollo de las poblaciones de estos escarabajos.

Se registró una marcada disminución en su emergencia debido a una alta variabilidad en los niveles de humedad del suelo. Las condiciones adversas resultantes de esta variabilidad afectaron negativamente el ciclo de vida de las larvas de *Phyllophaga*, lo que llevó a una reducción significativa en su supervivencia y, en consecuencia, a una menor presión de la plaga sobre los cultivos agrícolas.



**Figura 73.**

Captura de adultos de tres especies de *Phyllophaga*, mediante el uso de feromonas, Región Turrialba.

Este cambio en el comportamiento y las poblaciones de *Phyllophaga* subraya la importancia de ajustar las estrategias de manejo en respuesta a las condiciones



ambientales variables. A medida que se observan estas alteraciones, es esencial continuar monitoreando las poblaciones de plagas y adaptar las prácticas de manejo para abordar de manera efectiva las dinámicas cambiantes.



**Figura 74.**

Adultos de tres especies de *P. menetriesi*, *P. vicina* y *P. obsoleta*, Región Turrialba.

La integración de estas observaciones en las estrategias de manejo permitirá a los productores de caña de azúcar enfrentarse de manera más eficaz a los desafíos que presentan estas plagas en un contexto de condiciones climáticas variables.



¡SOMOS ORGULLO  
Y PRODUCTO NACIONAL!



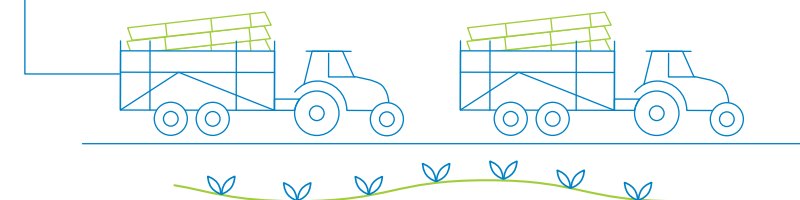
# FITOPATOLOGÍA

## RESUMEN

La información sobre la reacción de las diferentes variedades de caña de azúcar a las enfermedades y la presencia de los principales organismos fitopatógenos en Costa Rica es crucial para la toma de decisiones en la selección de cultivares. El objetivo de este trabajo es generar y divulgar los resultados de las evaluaciones fitopatológicas de las principales variedades en Costa Rica. Entre las enfermedades más importantes en el país se encuentran el carbón (*Sporisorium scitamineum*) y el cogollo retorcido (*Fusarium moniliforme*). Durante 2023, se registró un brote de *Curvularia lunata* en la variedad NA 85-1602 en la zona Oeste de Guanacaste, el cual está siendo monitoreado debido al cambio en el comportamiento de esta enfermedad en las condiciones locales.

La mejora continua en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) implica un enfoque integral del manejo del cultivo. El paquete tecnológico para la caña de azúcar incluye prácticas y decisiones vitales que deben ser precisas, sin margen para errores, improvisaciones o demoras, ya que el cultivo puede verse seriamente afectado. La calidad de la semilla, la adecuada preparación del terreno y la selección de la variedad correcta para las condiciones edafoclimáticas son aspectos críticos que no deben tomarse a la ligera, debido a las consecuencias de una mala decisión o práctica.

En cuanto a la selección de variedades, es esencial considerar su reacción a las enfermedades presentes en el entorno de producción. Dado que el combate de enfermedades en caña de azúcar suele ser costoso y de difícil ejecución, se prioriza la selección de variedades resistentes a los principales problemas fitopatológicos. Por ello, contar con información sobre cómo reaccionan las diferentes variedades a las enfermedades y la presencia de organismos fitopatógenos en los distintos entornos productivos de Costa Rica es una herramienta valiosa para la selección de cultivares. Este seguimiento del comportamiento de los materiales con potencial productivo ante enfermedades es fundamental, y los resultados de estas evaluaciones se presentan en el presente documento para el beneficio de los sectores azucarero, agrícola en general y académico.



# EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES EN FASES DE SELECCIÓN DE VARIEDADES

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) no está exenta del ataque de diversos organismos que generan patologías con potenciales pérdidas económicas. A lo largo de la historia en Costa Rica, el reemplazo de variedades y la sustitución por materiales genéticos resistentes o más tolerantes han sido las principales estrategias para enfrentar los problemas fitopatológicos. En el sector azucarero se han registrado epifitias significativas, como las ocasionadas por la mancha ojival en los años 60 (*Bipolaris sacchari*, conocido en esa época como *Helminthosporium sacchari*), el carbón (*Sporisorium scitamineum*) y la roya común (*Puccinia melanocephala*) a finales de los años 70, y más recientemente, en la primera década del siglo XXI, la roya naranja (*Puccinia kuehnii*).

El manejo de enfermedades en la caña de azúcar en el pasado demuestra que el desarrollo de variedades con resistencia genética o tolerancia al ataque, y bien adaptadas a las condiciones productivas, es la herramienta principal. Esto subraya la importancia de incorporar la resistencia a enfermedades como una característica clave en los programas de selección varietal.

La evolución recíproca de los patógenos y sus variantes en respuesta a los cultivares mejorados resulta en nuevas variantes de la interacción patógeno-hospedero, lo que fomenta una vigilancia constante del comportamiento de las enfermedades en el cultivo. La detección temprana de problemas

potenciales es esencial para mantener la estabilidad fitosanitaria y para definir la reacción de las variedades a las principales enfermedades que podrían comprometer el desempeño y la sostenibilidad económica del cultivo.

El objetivo del Programa de Fitosanidad es monitorear el comportamiento de las plagas y enfermedades, recolectar información y enriquecer la base de conocimientos sobre el comportamiento de las variedades en los diferentes entornos de producción del país. En consecuencia, este informe presenta los resultados de las evaluaciones fitopatológicas realizadas, proporcionando una referencia útil sobre el comportamiento de las variedades en los entornos productivos de Costa Rica.

## Metodología

Las evaluaciones fitopatológicas se llevaron a cabo en cultivares que se encontraban en etapa de investigación en las dos últimas fases de selección genética, ubicadas en las regiones productoras de caña de Costa Rica, así como en la etapa de parcelas de validación semicomercial. El Cuadro 16 muestra el listado de las variedades evaluadas en las diferentes pruebas de selección en las regiones productoras indicadas. Algunos clones fueron evaluados en diferentes ambientes simultáneamente, por lo que aparecen en más de una unidad experimental, facilitando así la obtención de una inferencia integral diferenciada por condiciones ambientales.

Las determinaciones y evaluaciones se realizaron estimando la severidad e incidencia de las enfermedades en parcelas o unidades experimentales individuales. En el caso de enfermedades del follaje, la severidad se estimó calculando el porcentaje de área foliar afectada en la hoja +3. Para daños foliares provocados por *Fusarium moniliforme* (pokkah boeng), *Xanthomonas albilineans* (escaldadura foliar), el virus del mosaico (ScMV) y el virus de la hoja amarilla (SCYLV), la severidad se clasificó de acuerdo con la magnitud o grado del daño presente, siguiendo la escala propuesta por Chavarría (2006). Con la excepción de la enfermedad conocida como raya roja, ocasionada por la

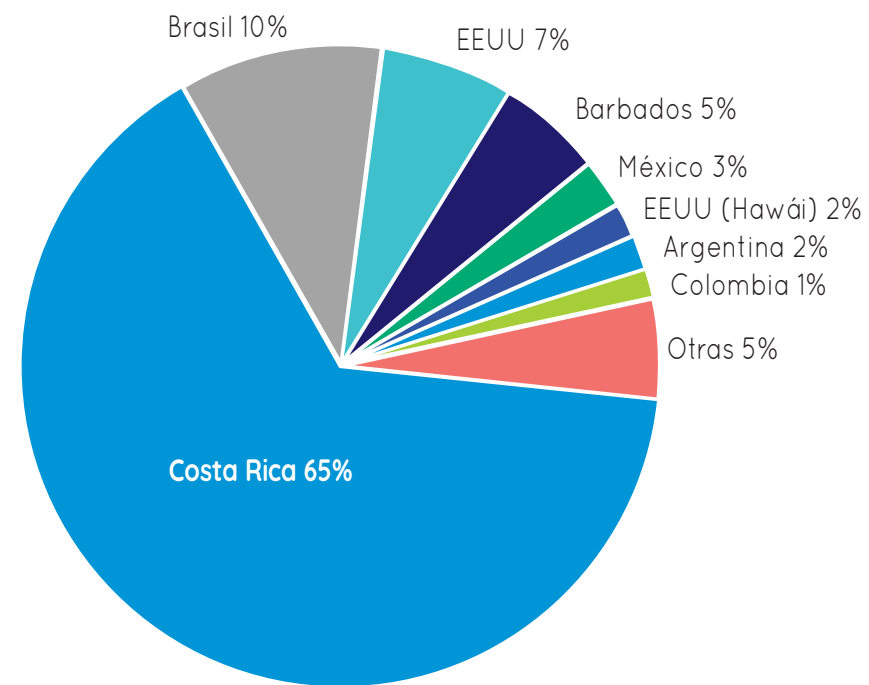
bacteria *Acidovorax avenae* subsp. *Avenae*, para la cual se empleó la escala descrita en el Cuadro 17 y que se ilustra en las Figuras 76 a 79. La incidencia de enfermedades del tallo se dictaminó e interpretó en términos de la cantidad de tallos afectados en relación con el total de tallos contados en cuatro puntos de muestreo de 1.0 metro lineal de surco cada uno, dentro de las respectivas parcelas.

Para estandarizar el proceso de evaluación en la Fase 6, las valoraciones se realizaron en las unidades experimentales o parcelas de evaluación de un solo bloque, independientemente del número de repeticiones del experimento.

## Cuadro 16.

Listado de variedades y cantidad de unidades experimentales de evaluación analizadas para la presencia de enfermedades en las fases 5, 6 y parcelas de validación semicomercial del proceso de selección de variedades de caña de azúcar. Costa Rica, 2023.

VARIEDAD	ORIGEN	VARIEDAD	ORIGEN 3
CP 12-1985	EEUU	LAICA 19-305	Costa Rica
CP 13 4585	EEUU	LAICA 19-327	Costa Rica
CP 13-4585	EEUU	LAICA 19-339	Costa Rica
CP 15-2223	EEUU	LAICA 19-373	Costa Rica
CP 15-2501	EEUU	LT MEX 06-108	México
CR 87 339 (P)	República Dominicana	MEX 05 18	México
CR 87-339	República Dominicana	MEX 05-18	México
ECU 02	Ecuador	RB 00 2583	Brasil
LAICA 07 801	Costa Rica	RB 00-2583	Brasil
LAICA 07-801	Costa Rica	RB 04 1443	Brasil
LAICA 15-334	Costa Rica	RB 04 1596	Brasil
LAICA 16-366	Costa Rica	RB 04 1604	Brasil
LAICA 18-362	Costa Rica	RB 04-1443	Brasil
LAICA 18-364	Costa Rica	RB 04-1596	Brasil
LAICA 19 373	Costa Rica	RB 04-1604	Brasil
LAICA 19-302	Costa Rica	RB 05-1102	Brasil
<b>TOTAL</b>			<b>32</b>



**Figura 75.**

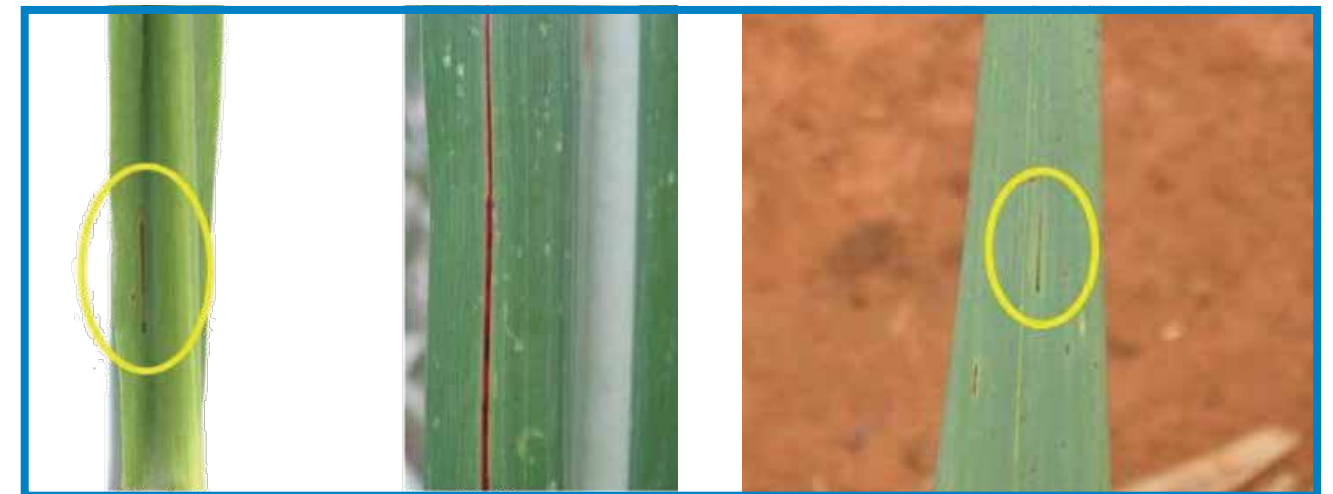
Distribución de los clones evaluados según país de origen.

### Cuadro 17.

Descripción de la escala de evaluación para raya roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

GRADO	DESCRIPCIÓN
1	No se observan síntomas.
2	Presencia de 1 lesión individual por hoja y por planta, en forma de línea, de coloración rojo oscuro brillante con tendencia al marrón o café.
3	Presencia de 2 a 8 lesiones por tallo ya sea distribuida en 1 o en varias hojas.
4	Múltiples lesiones en la lámina y la vaina de las hojas sin llegar al tallo.
5	Pudrición de tallos que llega hasta el punto de crecimiento, causando la muerte del ápice del tallo.

Fuente: el autor.



**Figura 76.**

Manifestación de la enfermedad de la raya roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en grado 2 de severidad.



**Figura 77.**

Manifestación de la enfermedad de la raya roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en grado 3 de severidad.



**Figura 78.**

Manifestación de la enfermedad de la raya roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en grado 4 de severidad.



**Figura 79.**

Manifestación de la enfermedad de la raya roja (*Acidovorax avenae subsp. avenae*) de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en grado 5 de severidad.

### Resultados y discusión

Durante este período, se realizaron evaluaciones en 32 variedades. El Cuadro 16 muestra el listado de las variedades estudiadas, junto con la cantidad de unidades evaluadas. En la Figura 75 se observa que los clones de origen costarricense predominan, con una presencia del 65%.

### Carbón (*Sporisorium scitamineum*)

El cuadro 18 muestra los resultados obtenidos en la determinación de la incidencia de carbón (*S. scitamineum*) en el periodo que va del 2016 al 2023, con base en los datos del 19 se hace la clasificación de la reacción de las variedades a la enfermedad según la clasificación de la escala de Guyana (Chavarría, 2006).

La lista de materiales susceptibles aumenta con la inclusión de las variedades LAICA 15-329 y LAICA 15-342 con reacciones de alta susceptibilidad en los sectores de Cañas y Bagaces. En orden de intensidad de los ataques a nivel comerciales mantiene invariable que los dos periodos anteriores:

LAICA 12-344 > CC 01-1940 > RB 99-381 > LAICA 12-337 > LAICA 12-340 > LAICA 09-375 > B 89-138 > LAICA 12-341 > DB 86-209 > LAICA 09-374 > LAICA 09-368 > B 76-259 = LAICA 07-203 > LAICA 09-370.



**Figura 80.**

Síntomas del carbón (*Sporisorium scitamineum*) de la caña de azúcar en la variedad LAICA 07-309, Cañas, Guanacaste, Costa Rica.

**Cuadro 18.**

Valores de incidencia del carbón (*Sporisorium scitamineum*) estimados como porcentaje tallos afectados por metro lineal de surco en parcelas de variedades de caña de azúcar en fases finales del proceso de evaluación y selección en tres periodos consecutivos. Costa Rica, 2023.

VARIEDAD	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	PROMEDIO
B 76-259				2,3			2,0		2,2
B 89-138	11,4	11,7	11,5	3,3	12,0		10,3		10,1
CC 01-1940						50,0	35,0		42,5
DB 86-209	8,6								8,6
LAICA 07-203				0,7	6,7		3,7		3,7
LAICA 09-368						10,0	2,0		6,0
LAICA 09-370		2,4							2,4
LAICA 09-374									6,7
LAICA 09-375			17,5				8,0		12,8
LAICA 12-337		23,6					5,0		14,3
LAICA 12-340	15,6	26,2		7,0	9,3		14,4		14,5
LAICA 12-341					10,0		9,0		9,5
LAICA 12-344						50,0	40,0		45,0
LAICA 15-329								43,7	43,7
LAICA 15-342								40,0	40,0
RB 99-381			48,3	33,3	32,0		37,9		37,9
<b>Promedio</b>	<b>11,9</b>	<b>16,0</b>	<b>25,8</b>	<b>9,3</b>	<b>12,8</b>	<b>36,7</b>	<b>15,2</b>		<b>18,2</b>

## Cuadro 19.

Resultados de la determinación de la reacción de las variedades de caña de azúcar al carbón (*Sporisorium scitamineum*) según la escala de Guyana. Costa Rica, 2023.

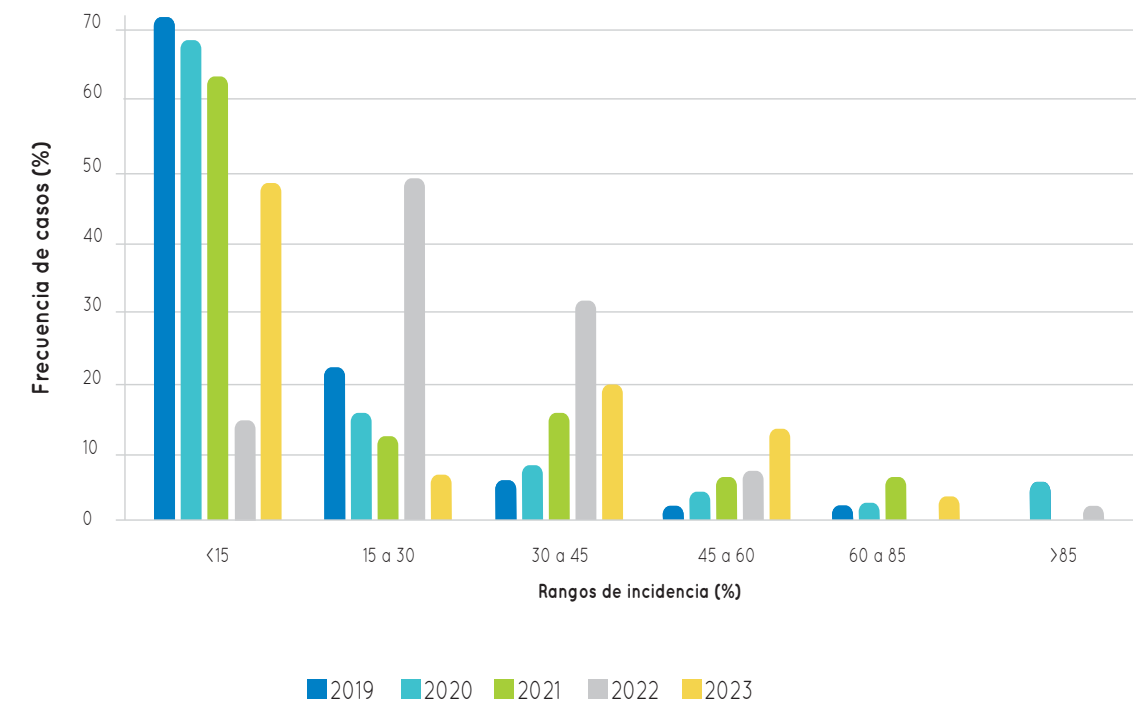
VARIEDAD	INCIDENCIA (%)	REACCIÓN*
LAICA 15-329	43,7	Altamente susceptible
LAICA 15-342	40,0	Altamente susceptible
RB 99-381	37,9	Altamente susceptible
LAICA 12-337	23,6	Susceptible
LAICA 09-375	17,5	Susceptible
LAICA 12-340	14,4	Moderadamente resistente
B 89-138	10,3	Moderadamente resistente
LAICA 12-341	10,0	Moderadamente resistente
DB 86-209	8,6	Moderadamente resistente
LAICA 09-374	6,7	Moderadamente resistente
LAICA 07-203	3,7	Resistente
CP 72-1210	3,3	Resistente
LAICA 09-370	2,4	Resistente
B 76-259	2,3	Resistente

### Pokkah boeng (*Fusarium moniliforme*)

Es la enfermedad de mayor persistencia en las plantaciones de Costa Rica. Este género de hongos tiene la característica de sobrevivir en el suelo en la materia orgánica en descomposición, mostrando un comportamiento que se conoce como saprófito; y eventualmente se convierte en patógeno cuando las condiciones así lo permitan para poder invadir la planta. A este tipo de hongos

se les denomina saprófitos facultativos y son muy difíciles de combatir por esta característica.

El pokkah boeng (*F. moniliforme*) mostró una reducción importante con relación al periodo anterior, aunque las oscilaciones estacionales se mantienen, influenciadas principalmente por las condiciones climáticas del periodo. El 67% de las evaluaciones registraron ausencia de la enfermedad, y el 15% de las evaluaciones con incidencias menores al 15%.



**Figura 81.**

Distribución de frecuencias de los casos de aparición del *Fusarium moniliforme* en las evaluaciones fitopatológicas en fases 5, 6 y parcelas de validación semicomercial del proceso de selección de variedades de caña de azúcar. Costa Rica, 2023.

### Enfermedades foliares

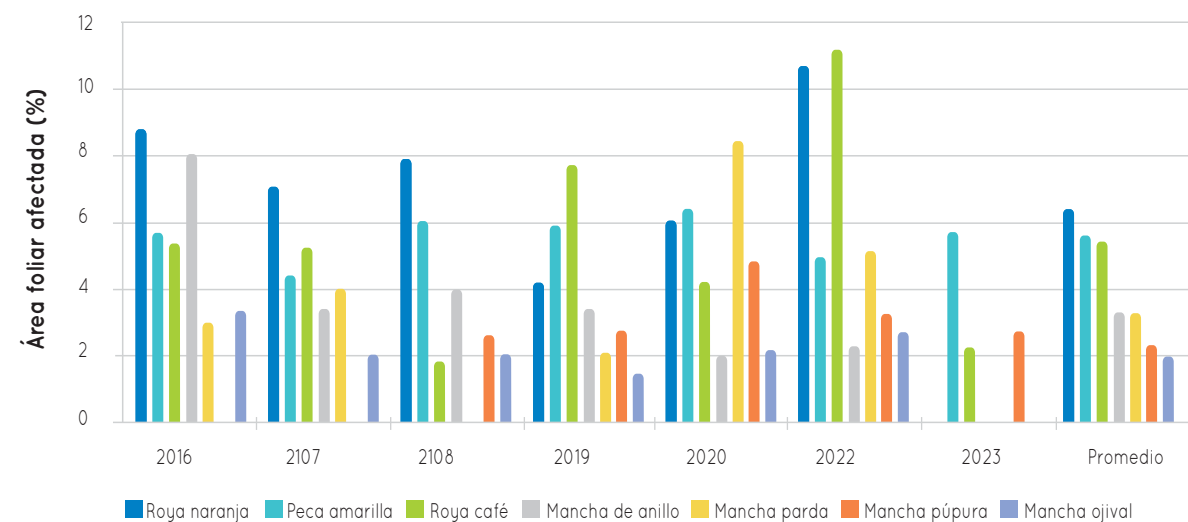
Durante el 2023 la roya café tuvo un comportamiento menos agresivo (2.3% del AFA) que el 2022 (14.7%), mientras que no se observaron ataques estimables de roya naranja (Figura 82).

Peca amarilla tuvo un incremento del 0.8% comparado al 2022, acercándose a su record histórico de 6.4% del 2020 (Figura 82).

Brote de *Curvularia lunata* en Finca Formo-

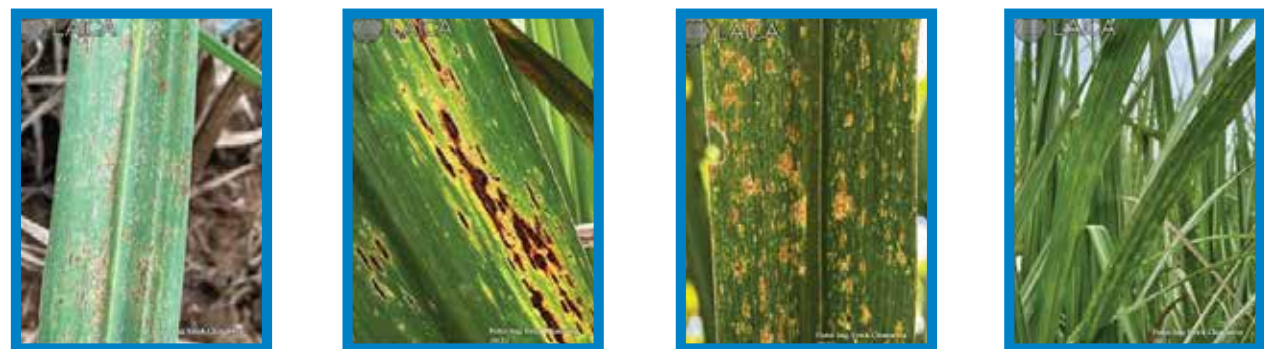
sa, Filadelfia, Carrillo, Guanacaste. Se observaron tres lotes de la variedad NA 85-1602, dos de caña planta y uno de caña soca, y se lograron observar los síntomas de quema en las hojas.

En general la plantación de renovación lucía bastante afectada por la enfermedad y la condición en el momento que se había presentado muy lluviosa en las semanas anteriores. Una sección del lote se apreciaba muy deteriorado.



**Figura 82.**

Comportamiento de las enfermedades con mayor presencia y que causan daño en la caña de azúcar. Costa Rica, 2023.



Roya naranja (*Puccinia kuehnii*)      Roya café (*Puccinia melanocephala*)  
Peca amarilla (*Mycovellosilla koepkei*)      Mancha parda (*Cercospora longipes*)

**Figura 83.**

Síntomas de las enfermedades foliares de la caña de azúcar que se presentan con mayor frecuencia en Costa Rica, 2023.

Las observaciones al microscopio confirmaron la presencia del hongo del género *Curvularia* (Figura 85) y la prueba de ADN confirmó la especie *Curvularia lunata*.

*C. lunata* pertenece a un grupo muy amplio de hongos al cual pertenecen también otros patógenos de la caña que ocasionan enfermedades como mancha de anillo, man-

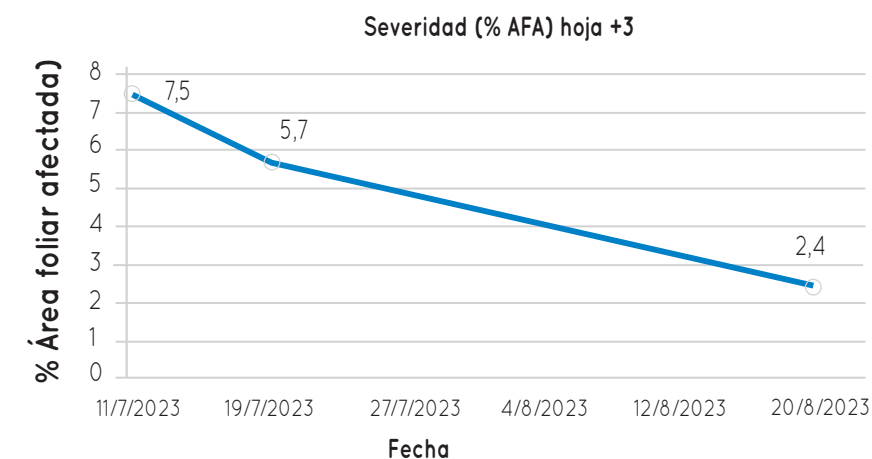
cha ojival, mancha café, peca amarilla, y otros. Se corroboró la presencia en el pasto Johnson (*Sorghum halapense*) por lo que lo identifica a este pasto como hospedero alterno de la enfermedad, se sospecha que la *Rottboellia cochinchinensis* (arrocillo, caminadora, zacate indio) y el *Panicum máximum* (pasto guinea) también son hospederos alternos.

La presencia de *C. lunata* con la caña de azúcar tiene antecedentes en Costa Rica, el comportamiento del hongo difiere porque en casos anteriores *C. lunata* ha necesitado de “ayudas” para generar daño en el tejido,

como, por ejemplo, quemas por herbicidas, quemas por fertilizantes, daños mecánicos en el tejido de las hojas, y quemas de la hoja generados por factores abióticos.

*C. lunata* es un patógeno común en latitudes donde se produce caña en condiciones subtropicales, no es común en condiciones tropicales como las de Costa Rica.

La opción más recomendable por el momento para el manejo de la enfermedad es atender el cultivo oportunamente con las fertilizaciones básicas y un buen estado de hidratación para evitar someterlo a situaciones de estrés.



**Figura 84.**

Comportamiento de la severidad de la *Curvularia lunata* en Filadelfia, Carrillo, Guanacaste en el 2023.

Se observó que la fertilización nitrogenada tuvo un buen efecto en términos generales en la condición del cultivo con respecto a la enfermedad. Se debe evitar a toda costa los daños o quemas por herbicidas, por lo que es indispensable la selección y uso de herbicidas poco agresivos con la caña.

La enfermedad se ha observado en toda la región de Guanacaste en algunas variedades con el siguiente orden de severidad: NA 85-1602 > LAICA 10-809 > SP 81-3250 > MEX 79-431 > CP 72-2086.



**Figura 85**

.Conidios de *Curvularia lunata* observados al microscopio de luz a 1.000 aumentos.



**Figura 86.**

Síntomas de la quema por *Curvularia lunata* en la variedad NA 86-1602 en Filadelfia, Carrillo, Guanacaste en el 2023.



## Conclusiones

Las condiciones climáticas durante 2023 fueron bastante favorables para la caña de azúcar, especialmente en lo que respecta a las enfermedades foliares, que en general mostraron los menores valores de severidad de los últimos años.

El carbón sigue siendo una preocupación, especialmente en la zona Este de Guanacaste. Este problema está asociado a las variedades de caña y requiere una evaluación y vigilancia estrictas de los materiales genéticos durante el proceso de selección.

En cuanto a *Curvularia lunata*, la opción más recomendable por el momento para manejar la enfermedad es mantener el cultivo oportunamente fertilizado y bien hidratado

para evitar situaciones de estrés. Se observó que la fertilización nitrogenada tuvo un efecto positivo en la condición general del cultivo respecto a la enfermedad.

El control químico de la enfermedad no se recomienda debido al alto costo. *Curvularia lunata* pertenece a un grupo de hongos que se pueden controlar con fungicidas de la familia de los benzimidazoles; sin embargo, en Costa Rica no hay fungicidas de esta familia registrados para su uso en el cultivo de caña de azúcar. Cualquier estrategia de combate que implique la aplicación de productos foliares, ya sean fungicidas, fertilizantes o bioestimulantes, podría tener efectos inesperados que deberán evaluarse y validarse oportunamente.

## BIBLIOGRAFÍA

Chavarría, E. 2006. *Escalas descriptivas para la evaluación de enfermedades de la caña de azúcar*. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica. 53 p.

Ordosgoitti, A.; González, V.; Aponte, A. 1979. *El Carbón de la Caña de Azúcar*. Carta Agrícola CENIAP. Venezuela N° 1:1.

# LABORATORIO CULTIVO DE TEJIDO VEGETAL

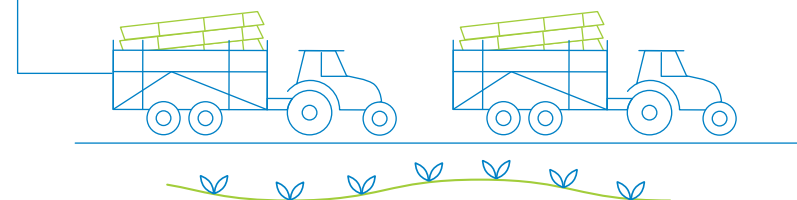


## RESUMEN

El cultivo de tejidos *in vitro* abarca una serie de procedimientos biotecnológicos que permiten la producción de plantas en condiciones asépticas, utilizando medios nutritivos artificiales apropiados y un entorno controlado. Este enfoque tiene aplicaciones tanto en investigación como en producción comercial. Entre sus usos más destacados se encuentran la micropropagación, la obtención de plantas libres de enfermedades sistémicas, la conservación e intercambio de germoplasma, el mejoramiento genético, el rescate de embriones, la producción de metabolitos secundarios y la germinación de semillas, entre otros (Tombion, 2023).

El material vegetal utilizado para iniciar el cultivo *in vitro* se denomina explante. En el caso del Laboratorio de Tejido Vegetal de DIECA, el explante corresponde a ápices meristemáticos de semilleros de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) del campo. A partir del explante se obtiene una descendencia uniforme de plantas genéticamente idénticas (clones). Las porciones vegetativas pueden ser de tejidos organizados o indiferenciados; ambos se han utilizado en el laboratorio: los organizados para los ingresos de rutina y los indiferenciados para el proyecto de mutagénesis.

En el presente informe se abordan los temas más relevantes del laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal para el año 2023. Se mencionan avances en proyectos, la producción de vitroplantas y oportunidades de mejora para los procesos del laboratorio.



# PROYECTOS EN DESARROLLO

El Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal se enfoca en la producción de plántulas vigorosas y genéticamente estables para proporcionar al sector cañero material vegetal confiable para semilleros. Además, el laboratorio cuenta con proyectos orientados a optimizar procesos, aumentar la producción e innovar para ofrecer productos de mayor calidad.

Entre los proyectos y avances se incluyen:

## Optimización del proceso de producción mediante Sistemas de Inmersión Temporal (SIT)

El objetivo de este proyecto es aumentar la producción de vitroplantas mientras se reducen costos y la manipulación de los explantes mediante el uso de sistemas de inmersión temporal (SIT). Estos sistemas están diseñados para abastecer a los ingenios con material vegetal de alta calidad.

Los SIT consisten en instalar biorreactores en pares: en uno se colocan macollas de caña de azúcar de la variedad de interés, y en el otro, se encuentra un medio de cultivo líquido MS con reguladores de crecimiento según se requiera. El medio líquido baña a las plántulas durante periodos definidos mediante flujos de aire a presión en un proceso mecanizado.

Este sistema presenta varias ventajas: permite que las plantas *in vitro* activen su maquinaria fotosintética y estomas, lo que podría resultar en plantas mejor adaptadas a condiciones ex vitro (Castillo, Moreno y García, 2020).

Además, reduce la manipulación del explante, minimizando el estrés por cortes con bisturí y

la liberación de fenoles que dañan los tejidos. Otra ventaja significativa es la reducción de costos y tiempo de producción, debido al diseño del sistema que permite utilizar envases con capacidad para hasta 800 plantas. El uso de medio de cultivo líquido favorece la difusión de nutrientes y agua, así como una preparación más sencilla (Castillo, Moreno y García, 2020). Se proyecta una producción anual de hasta 500,000 plantas con la incorporación de este sistema.

Este avance permite redistribuir tiempo en otras labores y proyectos del laboratorio. La iniciativa se basa en la capacitación recibida en CALESA, Panamá, en febrero de 2023.

Para garantizar el funcionamiento óptimo de los SIT, es necesario adquirir insumos como envases para las plantas, compresores, sistemas de mangueras resistentes a presión, filtros microbiológicos, entre otros. Con los recursos disponibles, se han realizado pruebas de funcionamiento del sistema para evaluar el desarrollo de las plantas bajo estas condiciones.

Las pruebas se iniciaron con la variedad Q96, colocando de 15 a 25 macollas por envase y utilizando un medio MS con 1% de BAP como regulador de crecimiento (Figura 87). El ciclo de inmersión consistió en un bucle de 10 minutos de inmersión cada 3 horas durante el tiempo necesario para que las plantas llenaran los envases. Se concluyó que los envases deben ser completamente plásticos, ya que las piezas metálicas tienden a oxidarse y afectan el desarrollo de las plantas. Para continuar con las pruebas, se espera cultivar otras variedades, optimizar los tiempos de inmersión y los protocolos de asepsia.



Figura 87.

Sistemas de inmersión temporal preparados.

## Crioconservación

Este proyecto tiene como objetivo principal la conservación a largo plazo de las principales variedades de caña de azúcar mediante técnicas de crioconservación para un banco de germoplasma.

Para abastecer el banco, se pretende determinar las variedades de caña de azúcar más importantes según parámetros como tonelaje, resistencia a plagas, y adaptación a suelos, entre otros. Estas variedades se conservarán a largo plazo en nitrógeno líquido, lo que permitirá acceder a ellas cuando sea necesario. Este enfoque es útil para contar con una reserva de material genético en caso de eventos que amenacen la existencia de una variedad.

La crioconservación implica la detención de las funciones metabólicas de las plantas mientras están almacenadas en nitrógeno líquido, garantizando también la estabilidad genética a lo largo del tiempo, según estudios realizados en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (Ortiz *et al.*, 2000).

Para iniciar el proyecto, se recibió capacitación en el Instituto Tecnológico de

Costa Rica sobre la técnica de crioconservación en general. Basado en esta capacitación, se impartió una charla a los asistentes del laboratorio. Además, se realizó una práctica de encapsulación de explantes para comenzar a optimizar la técnica y dominar los aspectos técnicos necesarios (Figura 88).

Para avanzar en el proyecto, se han adquirido los reactivos necesarios conforme al presupuesto. Durante el transcurso de 2024, se avanzará en la optimización del protocolo específico para caña de azúcar. Es crucial determinar el explante y los tiempos adecuados en cada paso del proceso de crioconservación para garantizar la supervivencia de las muestras y la correcta regeneración en plántulas.



Figura 88.

Cápsulas de alginato de sodio para crioconservar.

## Desarrollo de plántulas a partir de meristemos apicales

El objetivo es optimizar el protocolo de extracción de meristemos apicales de plántulas provenientes del cultivo de yemas, mediante pruebas en diferentes medios de

cultivo, tamaño adecuado del meristemo y tiempo de regeneración, para el abastecimiento del banco de germoplasma y otros procesos del laboratorio.

Los meristemos apicales de plántulas son estructuras pequeñas, milimétricas, y carecen de haces vasculares discernibles (Figura 89). Estos meristemos apicales son críticos para el crecimiento y desarrollo de la planta, ya que están compuestos por células totipotentes, es decir, células capaces de diferenciarse en cualquier tipo de célula vegetal y, por lo tanto, tienen el potencial de regenerar toda la planta. Este fenómeno es fundamental en la propagación vegetativa de la caña de azúcar, ya que los meristemos apicales pueden ser utilizados para generar nuevas plantas a partir de plántulas jóvenes. Los meristemos apicales son responsables del crecimiento en longitud de la planta, así como de la formación de nuevos órganos, como hojas, tallos y raíces.



**Figura 89.**

Meristemo apical de plántula caña de azúcar.

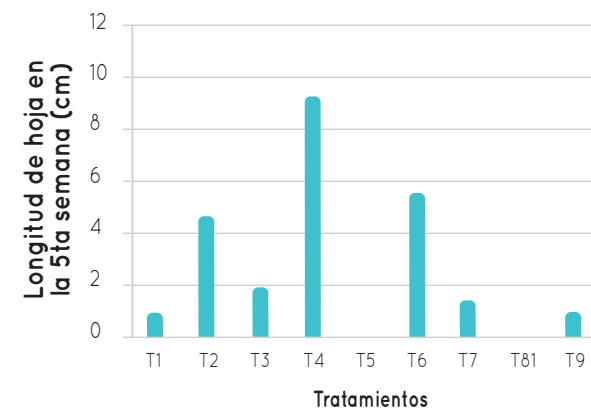
El proceso de propagación vegetativa mediante meristemos apicales ofrece varias ventajas, como la capacidad de mantener las características deseables de la planta madre y la rápida multiplicación de plantas idénticas.

Este método también es útil en la conservación de variedades importantes de caña de azúcar, ya que permite mantener y propagar genotipos específicos de manera eficiente (Gisbert, 2019).

Asimismo, los meristemos apicales de plántulas son una opción adecuada para introducir variedades al laboratorio que no toleran los agentes regulares de desinfección bacteriana y micológica, como el cloro y el alcohol. También representan el punto de partida del banco de germoplasma, ya que estas estructuras son las más recomendadas para crioconservación. Además, se planea utilizarlas en el saneamiento de plantas, ya que las probabilidades de obtener plantas infectadas mediante este proceso son muy bajas, debido a la ausencia de haces vasculares por donde transiten los virus y a la alta actividad mitótica que compite con la síntesis de proteínas víricas (Gisbert, 2019).

Con la adquisición de estereoscopios, se ha avanzado en la práctica de extracción de meristemos. Se han utilizado vitroplantas y plántulas provenientes de yemas para este proceso, obteniéndose mejores resultados con estas últimas, ya que el meristemo es de mayor tamaño y resulta más fácil y rápido de extraer y regenerar. Además, como resultado de la pasantía de la estudiante Tatiana Madrigal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se identificaron los mejores medios de regeneración de meristemos.

De acuerdo con la Figura 90, los tres tratamientos con mejor desarrollo son los preparados con medio MS más: i) Tratamiento 4 (T4): 1 mL/L BAP + 2 mL/L AG3, ii) Tratamiento 6 (T6): 1 mL/L Kinetina + 1 mL/L AG3 y iii) Tratamiento 2 (T2): 1 mL/L BAP + 1 mL/L AG3.



**Figura 90.**

Desarrollo de meristemos en diferentes medios de cultivo.

Estas estructuras ya se han utilizado para la micropropagación de la variedad RB 86-7515 libre de virus. Sin embargo, el único inconveniente es que este proceso resulta ser más lento en comparación con el uso de meristemos apicales de tallos adultos.

Para avanzar en esta investigación, es crucial que todos los asistentes dominen la técnica a la perfección, lo cual requiere tiempo y práctica.

## Saneamiento de plántulas de caña de azúcar afectadas por virus

El proceso se enfoca en investigar técnicas de saneamiento de vitroplantas de caña de azúcar para eliminar el virus de la hoja amarilla (YLV, por sus siglas en inglés) y el virus del mosaico (ScMV, por sus siglas en inglés).

El saneamiento de plantas ha sido investigado como una oportunidad para el laboratorio, tanto para tratar algunas variedades con alta incidencia de virus como para explorar oportunidades de innovación e incursionar en servicios potenciales para el sector.

Se han probado dos técnicas de saneamiento:

i) **Primera técnica:** En este proceso pre-ingreso al laboratorio, se extraen yemas de tallos de campo, se siembran en sustrato y se someten a temperaturas de 40°C en una cámara climática durante al menos 15 días. Luego, se colocan en el invernadero hasta que se desarrollen

adecuadamente. Finalmente, se extraen los meristemos, que se colocan en medio de cultivo MS líquido hasta que se observe el desarrollo de tallos, para luego transferirlos a medio MS semisólido y continuar con el proceso regular de micropropagación.

ii) **Segunda técnica:** Esta técnica se aplica a partir de los ingresos regulares. En la primera etapa, en medio semisólido (T1), se toma una muestra de los brotes de cada ápice. Si al realizar el análisis de virus la mayoría de las muestras resulta positiva para alguno de los virus (YLV o ScMV), se inicia el método post-ingreso. Este método consiste en colocar las plantas infectadas en medio MS semisólido al que se añade un viricida (Ribavirín).

Según los resultados obtenidos, el virus más incidente es el virus de la hoja amarilla (YLV) en la mayoría de las muestras.

Se ha avanzado en la detección del virus; el departamento de Biología Molecular se ha encargado de mejorar el análisis para que sea cada vez más preciso. Por otro lado, en el laboratorio de cultivo de tejidos se han tomado medidas durante la etapa de toma de muestra (T1), cuando la planta ya está adaptada al laboratorio y es vigorosa. Se ha implementado un cuidado extremo en la manipulación de muestras para evitar contaminación cruzada, incluyendo el flameo de bisturís y la desinfección de la zona de trabajo cada vez que se cambia de muestra.

En cuanto a los resultados de las técnicas de saneamiento, se ha encontrado que:

- i) Aunque el análisis viral de las plantas obtenidas de meristemos apicales muestra resultados negativos y una disminución en la carga viral, esta técnica no es infalible. Puede haber tejido contaminado arrastrado o que el explante, al ser muy pequeño, no regenere la planta adecuadamente. Por ejemplo, en la variedad RB 86-7515 se obtuvo un 60% de plantas libres de virus, las cuales se utilizaron para multiplicar en el invernadero y posteriormente producir en el laboratorio de forma masiva.
- ii) La aplicación de viricida al medio de cultivo ha logrado erradicar el virus en algunas variedades, como CP 72-2086 y SP 81-3250 (75% saneados con 1 aplicación). Sin embargo, en variedades como LAICA 09-374 y LAICA 08-361 (10% saneados con 3 aplicaciones) no se ha observado el mismo efecto.

En una segunda revisión, algunas plantas que habían sido negativas volvieron a resultar positivas. Para este proyecto, es necesario optimizar la concentración de viricida y la cantidad de aplicaciones.

### Mutagénesis radioinducida en callos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

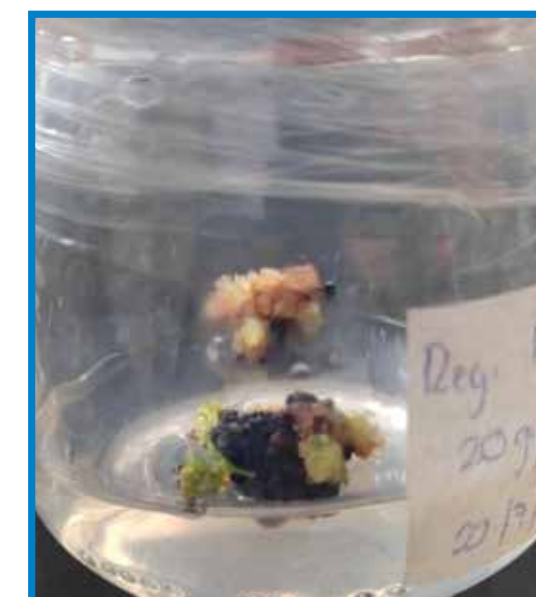
Este proyecto tiene como objetivo establecer líneas mutantes de *Saccharum* sp. producidas por mutagénesis radioinducida con potencial para mitigar los efectos de las altas concentraciones de  $Al^{3+}$  resultantes de la acidificación de los suelos.

La acidificación de los suelos incrementa la concentración de aluminio trivalente ( $Al^{3+}$ ), lo que limita el cultivo de caña de azúcar. La mutagénesis radioinducida es una alternativa para obtener variedades adaptadas a diferentes condiciones de estrés de manera más rápida que el fitomejoramiento tradicional.

Este proyecto se realiza en colaboración con el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) desde 2022 y está a cargo del Ing. Frank Barrientos Alfaro y el M.Sc. Jason Pérez, quienes se encargan de producir los callos embriogénicos y exponerlos a radiación gamma. También participa el laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal, donde se multiplican, enraízan y aclimatan todas las líneas mutantes producidas. Finalmente, el Programa de Variedades evaluará las líneas mutantes en condiciones de campo.

Para el desarrollo de este proyecto, se expusieron callos embriogénicos de la variedad RB 86-7515 (Figura 91) a diferentes

dosis de radiación gamma: 10 Gy, 20 Gy, 30 Gy, 40 Gy y 50 Gy. Posteriormente, se evaluaron la sobrevivencia y la regeneración de plántulas a partir de estos callos. También se evaluó la sobrevivencia y el desarrollo radicular de las vitroplantas ante la exposición a diferentes concentraciones de  $Al^{3+}$ . Se logró determinar la dosis de regeneración media (DR50) y la dosis letal media (DL50) de radiación gamma para los callos embriogénicos. Hasta el momento, se han identificado 8 líneas mutantes con tolerancia putativa a  $200\text{ mg L}^{-1}$  de  $Al^{3+}$  en el medio de cultivo in vitro (Barrientos, 2022). Todas las líneas mutantes se trasladaron al laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal, donde están en fase de multiplicación y enraizamiento. Se aclimatarán en los meses de enero y febrero para ser trasladadas a campo aproximadamente en abril o mayo de 2024.



**Figura 91.** Regeneración de callo irradiado con rayos gamma.

# PRODUCCIÓN ZAFRA 2022-2023

La producción del Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal está orientada a propagar la mayor cantidad de material vegetal posible, de alta vigorosidad y estabilidad genética, para entregar a ingenios y productores según su interés.

## Variedades de caña de azúcar ingresadas al laboratorio

Las variedades de caña de azúcar que se entregaron a invernaderos de DIECA en el periodo de 2023 se enlistan a continuación:

LAICA 12-340, LAICA 10-207, LAICA 08-390, LAICA 07-26, LAICA 09-374, LAICA 00-301, LAICA 04-809, CP 72-2086, B 77-95, NA 85-1602, SP 81-3250, RB 86-7515, B 76-259, CP 00-2150, Q96.

## Material entregado a invernadero

El total de plantas entregadas a invernadero en el periodo 2023 fue 195.255 plantas (Figura 92) repartidas en diferentes variedades de interés.

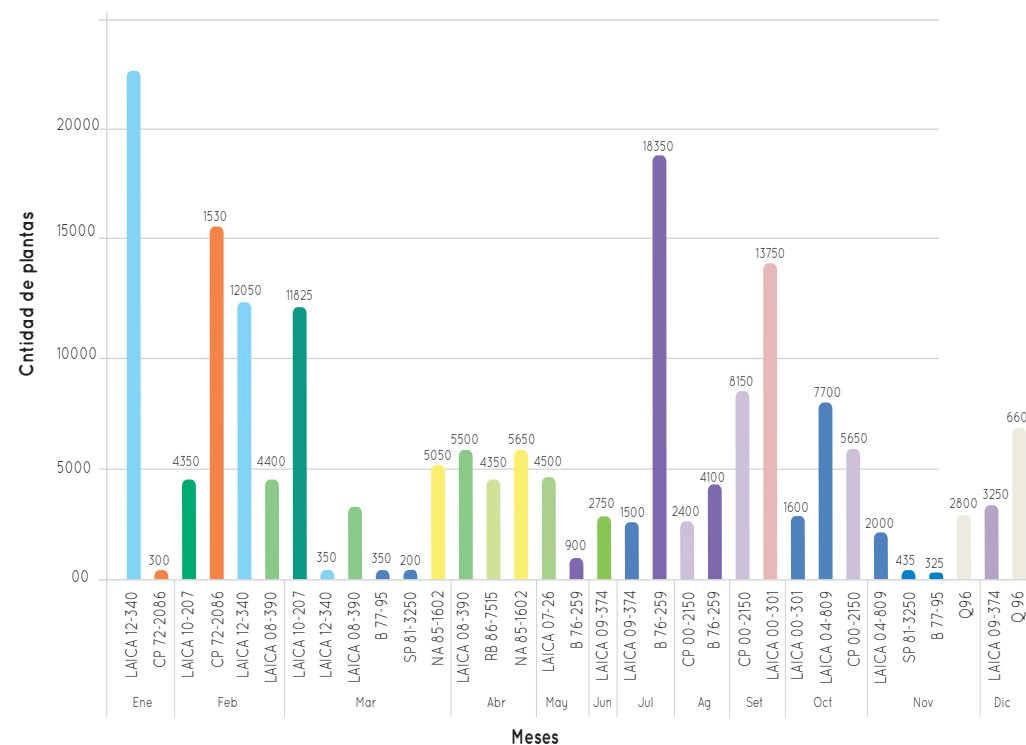


Figura 92.

Material entregado en el periodo del 2023. La cantidad de LAICA 12-340 fue de más de 20000 plantas.



## Oportunidades de mejora

Investigar las implicaciones de la carga viral detectada en las vitroplantas, realizando ensayos de campo para evaluar la significancia del virus en términos de desarrollo, tonelaje y cualquier otro aspecto relevante.

El objetivo es determinar los procesos necesarios en los laboratorios para abordar la incidencia de virus en este cultivo.

Adicionalmente, se podría realizar un control cruzado de análisis viral para evaluar el protocolo actual de detección.

Trabajar en conjunto con el Programa de Productividad Agrícola, los técnicos de cada zona e incluso los ingenios, para lograr una mejor trazabilidad de las vitroplantas y facilitar la detección de anomalías.

Investigar cultivos de interés distintos a la caña de azúcar para ofrecer opciones a potenciales compradores.

## CONCLUSIONES

El Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal está inmerso en varios proyectos destinados a mejorar los procesos de producción de plántulas de caña de azúcar.

Estos proyectos incluyen la implementación de sistemas de inmersión temporal (SIT) para aumentar la producción de vitroplantas, la

crioconservación de variedades importantes, el desarrollo de plántulas a partir de meristemos apicales y la mutagénesis radioinducida para obtener nuevas variedades de caña de azúcar.

Durante la zafra 2022-2023, el laboratorio entregó un total de 195,255 plantas, destacando la diversidad y la contribución del laboratorio a la industria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrientos, F. (2022). *Optimización de las condiciones para la producción de líneas mutantes de caña de azúcar (Saccharum sp. cv. RB 86-7515) tolerantes a altas concentraciones de A13+*. [Tesis de bachiller inédita]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Castillo Ontaneda, A. L., Moreno Herrera, A., García Batista, R. M. (2020). *Eficiencia del sistema de inmersión temporal frente al método de propagación convencional in vitro*. Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas, 3(2), 173-182.

Cavazos-Vallejo, T. (2022). *Detección específica de cepas de Beauveria bassiana "in planta", presente como endófito en cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris)* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Gisbert Domenech, M. C. (2019). *Cultivo de meristemos apicales caulinares para la obtención de plantas libres de virus*.

Ortiz, R.; de la Fé, C.; González, María T.; Rodríguez, A. (2000). *Estabilidad varietal de la caña de azúcar procedente de meristemos crioconservados Cultivos Tropicales*, vol. 21, pp. 17-19.

Tombion, L. (2023). *El cultivo de tejidos vegetales y su empleo en plantas y cultivares ornamentales* INTA. Instituto de Floricultura, INTA.

Dale una  
*probadita*



100% NATURAL

100% TICO

EMPAQUE RESELLABLE

LIBRE DE GLUTEN

Descubrí más en:



Azúcar Doña María



donamaria\_cr



# LABORATORIO MICROBIOLOGÍA CAÑERA

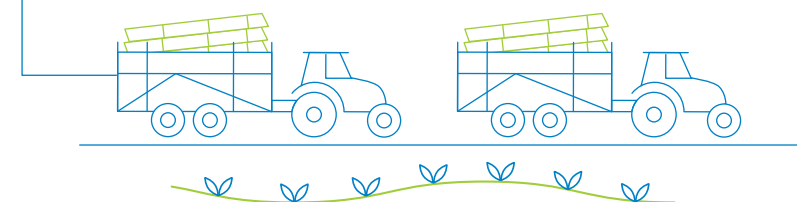
## RESUMEN

El Laboratorio de Microbiología Cañera desempeña un papel fundamental en el progreso y cumplimiento de los objetivos del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), colaborando estrechamente con los diversos Programas y Laboratorios que conforman esta entidad. Las actividades llevadas a cabo en este laboratorio se centran en regular la calidad de los procesos de producción de distintos Agentes Biológicos desarrollados por DIECA, así como en la innovación de proyectos biotecnológicos. Todo esto se orienta hacia la creación de soluciones que aporten beneficios al sector cañero azucarero.

El componente de control de calidad se dedica a evaluar los procesos de producción de vitroplantas y agentes de control biológico de plagas, tales como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Cotesia flavipes*. El objetivo primordial es alcanzar niveles óptimos de calidad en estos procesos, detectar áreas de mejora y, en consecuencia, fomentar un rendimiento satisfactorio una vez que se apliquen en el campo. En resumen, su función es garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad para asegurar el éxito de los procesos.

Por otro lado, el laboratorio realiza una intensa labor de investigación y desarrollo de nuevos insumos como los biofertilizantes a base de microorganismos que promueven el crecimiento del cultivo, la producción de hongos de interés agronómico (*Trichoderma* spp. y *Lecanicillium lecanii*), la formulación de insumos biológicos mediante el aprovechamiento de residuos agroindustriales y la optimización del proceso de producción de hongos entomopatógenos incorporando métodos alternativos. En esencia, el objetivo principal de esta área de investigación radica en encontrar alternativas al uso de agroquímicos tradicionales, buscando reducir su impacto ambiental y económico mediante la generación de bioproductos.

Asimismo, este laboratorio colabora estrechamente con ingenios azucareros, técnicos regionales y productores de caña de azúcar, ofreciendo asistencia en temas relacionados con las funciones del laboratorio. Esta colaboración tiene como objetivo reforzar sus habilidades en la producción y aplicación de diversos bioinsumos que pueden ser elaborados a nivel de finca. Todas estas acciones consolidan al Laboratorio de Microbiología Cañera como una herramienta fundamental para el avance y desarrollo sostenible del sector cañero azucarero.



# CONTROL DE CALIDAD

## Avispas parasitoides *Cotesia flavipes*

Durante la producción masiva del parasitoide *Cotesia flavipes* es de suma importancia velar por los parámetros biológicos del organismo, así como las condiciones del laboratorio para garantizar el éxito en la parasitación de la plaga en el campo (Astola & Narrea, 2019). Dado lo anterior, uno de los objetivos de este laboratorio es evaluar los parámetros de natalidad de las avispas *Cotesia flavipes* producidas en el Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* (LCF) de DIECA

Para lograrlo, se seleccionaron al azar puparios del parasitoide de cada lote producido en el LCF. Estos puparios se incubaron a una temperatura y humedad relativa específica para permitir la emergencia de las avispas. Al finalizar la incubación, se procedió con el recuento y clasificación de las avispas presentes en cada contenedor, distinguiendo entre hembras, machos y aquellos individuos que no emergieron del pupario (fallidos) (Figura 94).

A partir de los datos recopilados por lote, se llevaron a cabo cálculos para determinar la proporción de hembras respecto a machos, el número total de avispas que emergieron con éxito y las que no lo lograron por cada larva de *Diatraea saccharalis*, así como el porcentaje de natalidad.

Como resultado de este proceso, en 2023 se lograron evaluar un total de 218 lotes de *C. flavipes* producidos por el LCF de DIECA, los cuales presentaron una calidad constante y

con valores que favorecen la parasitación de la plaga. Estos análisis han permitido un seguimiento detallado del estado de la producción del parasitoide durante el año en estudio y en años anteriores, lo que ha facilitado la detección de problemas y la implementación de soluciones efectivas, convirtiendo el proceso más robusto en cada periodo productivo.



**Figura 93.**

Proceso de control de calidad (recuento y clasificación) de los lotes productivos de *Cotesia flavipes*, Laboratorio de Control Biológico, DIECA.



**Figura 94.**

Emergencia de *Cotesia flavipes*. Macho adulto (a), hembra adulta (b) y fallido (c).

## Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, se utilizan extensamente para controlar plagas artrópodas debido a su capacidad para causar enfermedad y muerte en los insectos (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011; Khoobdel *et al.*, 2019). Dada su relevancia, se producen en grandes cantidades en laboratorios con el objetivo de obtener productos o formulaciones de alta calidad en términos de patogenicidad, concentración de conidios, capacidad germinativa y pureza microbiológica (Monzón, 2002).

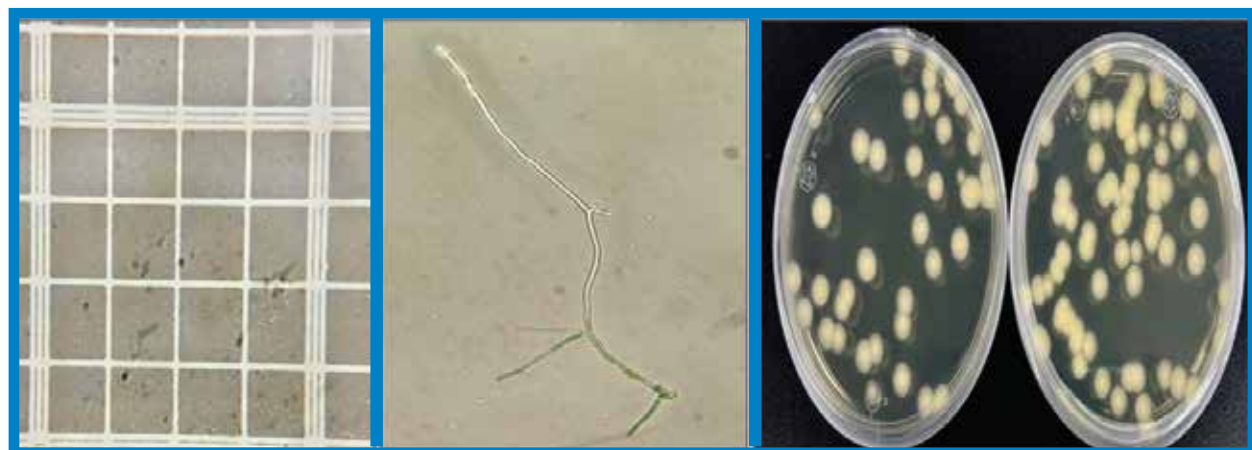
Para lograr esto, es esencial implementar procesos de control de calidad rigurosos que aseguren el cumplimiento de los estándares mínimos, garantizando así la eficacia del hongo en el campo. Por lo tanto, el objetivo del laboratorio es evaluar la calidad de los lotes de hongos producidos por el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos (LHE) para su distribución y aplicación en el

campo.

Para lograr lo anterior, se emplearon técnicas microbiológicas para analizar la concentración de conidios por gramo de producto (Figura 95a), determinar el porcentaje de viabilidad de los conidios (Figura 95b) y evaluar la pureza microbiológica (Figura 95c) en todos los lotes de *M. anisopliae* y *B. bassiana* producidos por el LHE durante el año 2023.

Además, se establecieron criterios de calidad para clasificar los lotes según los resultados obtenidos (Cuadro 20).

Durante el año 2023, se evaluaron 91 lotes de *M. anisopliae* y 57 lotes de *B. bassiana* en su presentación a granel, correspondientes a METADIECA y BEAUVEDIECA, respectivamente. La mayoría de lotes se clasificaron en el rango excelente, según lo establecido, lo que refleja un sistema productivo eficiente, y con esto un agente biológico de alta calidad.



**Figura 95.**

Pruebas microbiológicas para el control de calidad de lotes generados por el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos, DIECA. (a) Concentración de conidios, (b) viabilidad de conidios y (c) pureza microbiológica.

**Cuadro 20.**

Clasificación de la calidad de los lotes producidos por el Laboratorio de Hongos Entomopatógenos.

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN	VIABILIDAD MÍNIMA (%)	PUREZA MÍNIMA (%)	CALIDAD
Hongo en arroz	>1x10 <sup>9</sup> conidios/g	=90	97	Regular
		Entre 91-94	98	Bueno
		≥ 95	99	Excelente

## Cultivo de tejidos

Las vitroplantas tienen un papel importante y creciente en la agricultura por ser fuente de recursos genéticos, capaces de ser producidas en masa con un coeficiente de multiplicación muy alto en espacios reducidos, proveer un mejoramiento y selección más acelerado, así como ser plantas de una calidad superior en general (Suman, 2017). En el proceso de producción de vitroplantas, la utilización de un material aséptico es fundamental para satisfacer las expectativas del consumidor final.

En este contexto, el control de calidad microbiológico emerge como una herramienta esencial en todas las etapas del proceso, desde la introducción hasta la propagación y el enraizamiento. Por lo cual, el objetivo del laboratorio es identificar la presencia de agentes contaminantes en la producción de vitroplantas mediante análisis microbiológicos en cada etapa del proceso *in vitro* para optimizar la eficiencia del mismo. Para ello, se realizaron revisiones alternadas cada semana en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos (LCT)

para detectar y contar los frascos con plántulas *in vitro* contaminadas por microorganismos (Figura 96). Los frascos contaminados se eliminaron para mejorar la asepsia en las etapas posteriores del proceso. A partir de los datos recopilados, se calculó el porcentaje total de contaminación y el porcentaje de éxito en la propagación de las variedades analizadas.

En 2023, la evaluación de aproximadamente 24.667 frascos con plántulas *in vitro* de 19 variedades demostró resultados sobresalientes. Se alcanzó una tasa de éxito de hasta 94.7%, evidenciando la eficacia y precisión de las técnicas de cultivo aplicadas. Este logro subraya la capacidad del laboratorio para optimizar condiciones y protocolos que maximizan la propagación exitosa de las plántulas. Además, con solo un 5.3% de contaminación, se destaca un riguroso control de calidad y manejo aséptico, permitiendo identificar así áreas específicas para mejoras continuas.



**Figura 96.**

Proceso de control de calidad microbiológico de las vitroplantas producidas por el Laboratorio de Cultivo de Tejidos, DIECA.

## Carga microbiológica ambiental

La contaminación por microorganismos constituye uno de los desafíos fundamentales para los laboratorios dedicados a la producción e investigación biotecnológica. Esta problemática no solo conlleva a posibles pérdidas económicas en los procesos productivos, sino que también compromete la confiabilidad de los datos generados en investigaciones.

Por ende, es esencial mantener una constante vigilancia y evaluación de la calidad microbiológica del entorno laboral. Este enfoque busca identificar factores abióticos y bióticos, así como situaciones que propician una mayor contaminación. La finalidad de estas medidas preventivas es evitar pérdidas en los sistemas y garantizar un estado óptimo en las áreas de trabajo (Jiménez-Barboza & Gamboa-Villalobos, 2022; Pasquarella *et al.*, 2000).

Por este motivo, el laboratorio tiene como objetivo evaluar la carga microbiológica ambiental de los distintos laboratorios de DIECA mediante técnicas microbiológicas para implementar procesos de mejora continua en términos de inocuidad y limpieza. El procedimiento para lograr lo anterior, consistió en el método de muestreo por sedimentación pasiva, adaptado de la propuesta de Pasquarella *et al.*, 2000. En el análisis de todas las placas obtenidas se determinó la

cantidad de UFC sedimentados por decímetro cuadrado por hora en cada área analizada. Los criterios utilizados para determinar el grado de contaminación de cada zona se detallan en el cuadro 21, tomado de la metodología del índice de contaminación aérea por microorganismos.

Los datos de contaminación ambiental recopilados durante el año 2023 revelan un panorama positivo para los laboratorios de DIECA. En promedio, los Laboratorios de Cultivo de Tejidos (LCT), *Cotesia flavipes* (LCF) y Hongos Entomopatógenos (LHE) mantuvieron una carga microbiológica moderada, mientras que el Laboratorio de Microbiología Cañera y Biología Molecular (LMC-BM) mostró una carga baja.

Estos resultados reflejan un estado favorable para la investigación y producción, indicando que las medidas de control y limpieza implementadas han sido efectivas, asegurando un entorno adecuado para el desarrollo de actividades científicas y productivas. La capacidad de mantener bajos niveles de contaminación microbiológica contribuye a la precisión de los datos experimentales y la calidad de los productos generados, reforzando la confiabilidad y eficiencia de los procesos dentro de los laboratorios.



## Cuadro 21.

Criterios de clasificación de contaminación ambiental en unidades formadoras de colonias sedimentadas por decímetro cuadrado por hora en las áreas muestreadas.

CLASIFICACIÓN	UFC/dm <sup>2</sup> /h
Muy baja	0 - 9
Baja	10 - 39
Moderada	40 - 84
Alta	85 - 124
Muy alta	≥ 125

## INVESTIGACIÓN

### Optimización de la producción masiva de *Trichoderma* spp

*Trichoderma* spp. es un hongo saprófito que se encuentra en el suelo y en la biomasa vegetal en descomposición. Gracias a sus propiedades de antibiosis, competencia y micoparasitismo, ha despertado un considerable interés en la agricultura como un agente de control para patógenos fúngicos que afectan a diversos cultivos. Además, se ha investigado su potencial aplicación en la industria biotecnológica debido a su capacidad para producir metabolitos secundarios,

estimular el crecimiento vegetal, solubilizar y absorber nutrientes inorgánicos, contribuir a la tolerancia de la planta al estrés y potencialmente inducir resistencia sistémica contra patógenos (Martínez *et al.*, 2013; Samaniego-Fernández *et al.*, 2018; Mesa-Vanegas *et al.*, 2019). En este contexto, la producción masiva a nivel de laboratorio de *Trichoderma* spp. se convierte en un área de gran interés, ya que sus propiedades antifúngicas y bioestimulantes pueden aprovecharse para desarrollar bioinsumos para el sector agrícola, en particular, para el cultivo de la caña de azúcar.

Dado lo anterior, el laboratorio tiene el objetivo de optimizar la producción masiva de cepas de *Trichoderma* spp. de DIECA con capacidades bioestimulantes para generar un bioinsumo agrícola de calidad. Para estas pruebas de producción de *Trichoderma* spp., se prepararon matrices líquidas que contienen el hongo. Las mismas se utilizaron para inocular un volumen predefinido en bolsas que contenía sustrato sólido, previamente esterilizado. Tras un período de crecimiento, se llevó a cabo un control de calidad para verificar la idoneidad de diferentes condiciones utilizadas de temperatura, humedad y oxigenación con respecto a los resultados obtenidos de concentración (conidios/g), viabilidad (%) y pureza microbiológica (%).

La evaluación de dos prototipos de condiciones experimentales permitió determinar los valores óptimos de temperatura, humedad y oxigenación para producir bioinsumos de alta calidad en términos de concentración de conidios, viabilidad y pureza microbiológica. Las pruebas se realizaron con cuatro cepas distintas para investigar si las condiciones de crecimiento variaban entre ellas. Los resultados indicaron que el prototipo 1 fue superior (Cuadro 22), logrando altos niveles de viabilidad y pureza en todas las cepas, con la cepa MTR9 destacándose por su alta concentración de conidios. En cambio, el prototipo 2 no fue tan eficiente, presentando una reducción en la viabilidad de todas las cepas (Cuadro 23).



**Figura 97.**

Colonización de *Trichoderma* sp. en sustrato sólido, obtenido en pruebas de optimización de producción masiva.

Estos hallazgos son prometedores y representan un avance significativo en la optimización de la producción de bioinsumos. La capacidad de identificar condiciones específicas que maximicen la calidad del producto es crucial para la biotecnología agrícola. De cara al futuro, se planea mejorar aún más los prototipos, probar una gama más amplia de cepas y evaluar su capacidad bioestimulante en invernaderos. Este enfoque no solo mejorará la eficiencia de la producción de bioinsumos, sino que también podría potenciar el rendimiento agrícola y la sostenibilidad a largo plazo.

**Cuadro 22.**

Parámetros de calidad analizados para las pruebas de producción masiva de *Trichoderma* spp. aplicando el **prototipo uno** de condiciones de crecimiento.

CEPA	CONCENTRACIÓN (CONIDIOS/G)	VIABILIDAD (%)	PUREZA MICROBIOLÓGICA
MTR3	6,50x10 <sup>8</sup>	99.7	100
MTR4	3,50x10 <sup>8</sup>	100	100
MTR9	1,10x10 <sup>9</sup>	95.7	100
MTR16	5,00x10 <sup>8</sup>	95.3	100

**Cuadro 23.**

Parámetros de calidad analizados para las pruebas de producción masiva de *Trichoderma* spp. aplicando el **prototipo dos** de condiciones de crecimiento.

CEPA	CONCENTRACIÓN (CONIDIOS/G)	VIABILIDAD (%)	PUREZA MICROBIOLÓGICA
MTR3	3,00x10 <sup>8</sup>	83.5	100
MTR4	6,40x10 <sup>8</sup>	89.3	100
MTR9	3,55x10 <sup>8</sup>	91.2	100
MTR16	2,40x10 <sup>8</sup>	80.2	100

## Formulaciones de hongos entomopatógenos

Las bioformulaciones son compuestos con propiedades biológicas activas diseñadas para combatir fitopatógenos y estimular el crecimiento y la fertilidad de las plantas (Ijaz *et al.*, 2019). Estas formulaciones consisten en microorganismos benéficos, en este caso, hongos entomopatógenos, combinados con portadores y materiales aditivos que protegen y potencian las funciones de los microbios (Mishra & Arora, 2016).

Entre las características destacadas de las bioformulaciones se incluye su capacidad para resistir condiciones ambientales adversas, una vida útil extensa, el mantenimiento de las propiedades benéficas del componente biológico, la eficiente solubilidad en agua, facilidad de almacenamiento, rentabilidad y su amigabilidad con el medio ambiente, entre otras (Ijaz *et al.*, 2019). Debido a estas características, las bioformulaciones se presentan como una alternativa atractiva para desarrollar bioinsumos de alta calidad, donde el principal objetivo del laboratorio es desarrollar formulados de hongos entomopatógenos con alta calidad microbiológica y patogénica mediante la evaluación de diversas proporciones de portadores y aditivos.

Para las pruebas de formulaciones, se utilizaron esporas puras de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, obtenidas del Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos de DIECA. Estas esporas se mezclaron en diversas proporciones con el portador seleccionado. Luego, se evaluó la capacidad de cada prototipo de formulación para mantener la Concentración de Conidios Viables y Puros (CVP) durante un período de

almacenamiento de 60 días a temperatura ambiente, esto con el objetivo de desarrollar un formulado que conserve sus propiedades sin la necesidad de refrigeración. Este análisis de calidad se llevó a cabo mediante técnicas microbiológicas.

Como resultado, el análisis de tres prototipos de formulaciones para *M. anisopliae* y *B. bassiana* sometidos a pruebas de calidad microbiológica a lo largo de 60 días reveló resultados importantes. Para *M. anisopliae* (Cuadro 24), los prototipos uno y dos mostraron una notable capacidad para mantener la viabilidad y pureza de los conidios, con los menores porcentajes de reducción de CVP. Sin embargo, la concentración alcanzada fue inferior a los estándares de DIECA ( $1 \times 10^9$  conidios/g). Para *B. bassiana* (Cuadro 25), el prototipo tres mantuvo mejor la calidad inicial, aunque también se mantuvo por debajo de los niveles requeridos.

Estos hallazgos resaltan la necesidad de mejorar las formulaciones para alcanzar las concentraciones mínimas aceptables. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y ajustes en los procesos. Específicamente, se plantea considerar la calidad inicial del lote de hongos, explorar nuevas proporciones, ajustar los tiempos de almacenamiento y evaluar diferentes portadores y surfactantes. Estos pasos son esenciales para optimizar la eficacia y viabilidad de los bioinsumos, garantizando que cumplan con los altos estándares de calidad establecidos y, por ende, mejoren su aplicación en el campo.

### Cuadro 24.

Concentración de conidios viables y puros de cuatro formulaciones de *M. anisopliae* evaluadas durante un almacenaje de sesenta días a temperatura ambiente.

FORMULACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)			
	CVP (CONIDIOS/G)			
	0	30	60	Reducción en CVP (%)
Prototipo 1	$3,70 \times 10^8$	$2,29 \times 10^8$	$2,93 \times 10^8$	20.80
Prototipo 2	$3,72 \times 10^8$	$4,24 \times 10^8$	$2,29 \times 10^8$	38.43
Prototipo 3	$1,80 \times 10^9$	$1,18 \times 10^9$	$2,52 \times 10^8$	86.01

### Cuadro 25.

Concentración de conidios viables y puros de cuatro formulaciones de *B. bassiana* evaluadas durante un almacenaje de sesenta días a temperatura ambiente.

FORMULACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)			
	CVP (CONIDIOS/G)			
	0	30	60	Reducción en CVP (%)
Prototipo 1	$1,04 \times 10^9$	$4,04 \times 10^8$	$7,34 \times 10^7$	92.97
Prototipo 2	$1,22 \times 10^9$	$2,94 \times 10^8$	$1,51 \times 10^8$	87.60
Prototipo 3	$2,04 \times 10^9$	$1,30 \times 10^9$	$4,97 \times 10^8$	75.59



## Depuración y registro de la colección de microorganismos

En la agricultura contemporánea, la bioprospección emerge como un componente esencial que despliega oportunidades para explorar y aprovechar la variada gama de características exhibidas por los microorganismos. La existencia de una colección de microorganismos se vuelve imperativa en los procesos de bioprospección, ya que facilita la conservación y la identificación de cepas una vez que se han aislado.

Este enfoque, respaldado por una colección bien mantenida y diversificada, potencia la capacidad de la bioprospección para descubrir microorganismos con aplicaciones específicas en la agricultura, fortaleciendo así los cimientos de la innovación agrícola sostenible (Mateo *et al.*, 2001; Kanchiswamy *et al.*, 2015; Dubey *et al.*, 2020; Murali *et al.*, 2021). Por lo cual, el objetivo de este proyecto fue optimizar la colección de microorganismos de DIECA a través de técnicas microbiológicas con el fin de preservar la viabilidad y la organización de las cepas.

Para lograr lo anterior, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las bases de datos previas de la colección de microorganismos

para validar la existencia de cada vial. Posteriormente, se inocularon los microorganismos contenidos en cada vial en placas Petri con medios de cultivo específicos para cada grupo, con el propósito de verificar su viabilidad. Una vez confirmada la pureza y viabilidad de cada vial, se generaron códigos QR para identificar los tubos, incluyendo información sobre la caja correspondiente, número de posición, tipo de microorganismo y el código de cepa. Lo anterior se realizó con ayuda de la pasante Tatiana Madrigal.

Como resultado, se logró verificar que la colección de cepas de DIECA se encuentra compuesta por 323 cepas (Figura 98), destacando la abundancia de *Beauveria bassiana* (27.55%), *Bacillus* spp. (17.65%) y un grupo de bacterias no identificadas molecularmente (13%).

Estos microorganismos son de gran importancia agronómica debido a su potencial como biofertilizantes, bioestimuladores o biocontroladores. Tras depurar el cepario, se diseñaron códigos QR (Figura 99) para cada cepa, garantizando una organización y calidad superior en la colección. Esta mejora facilita su uso en diversos proyectos de investigación y procesos de producción, asegurando su utilidad y accesibilidad.

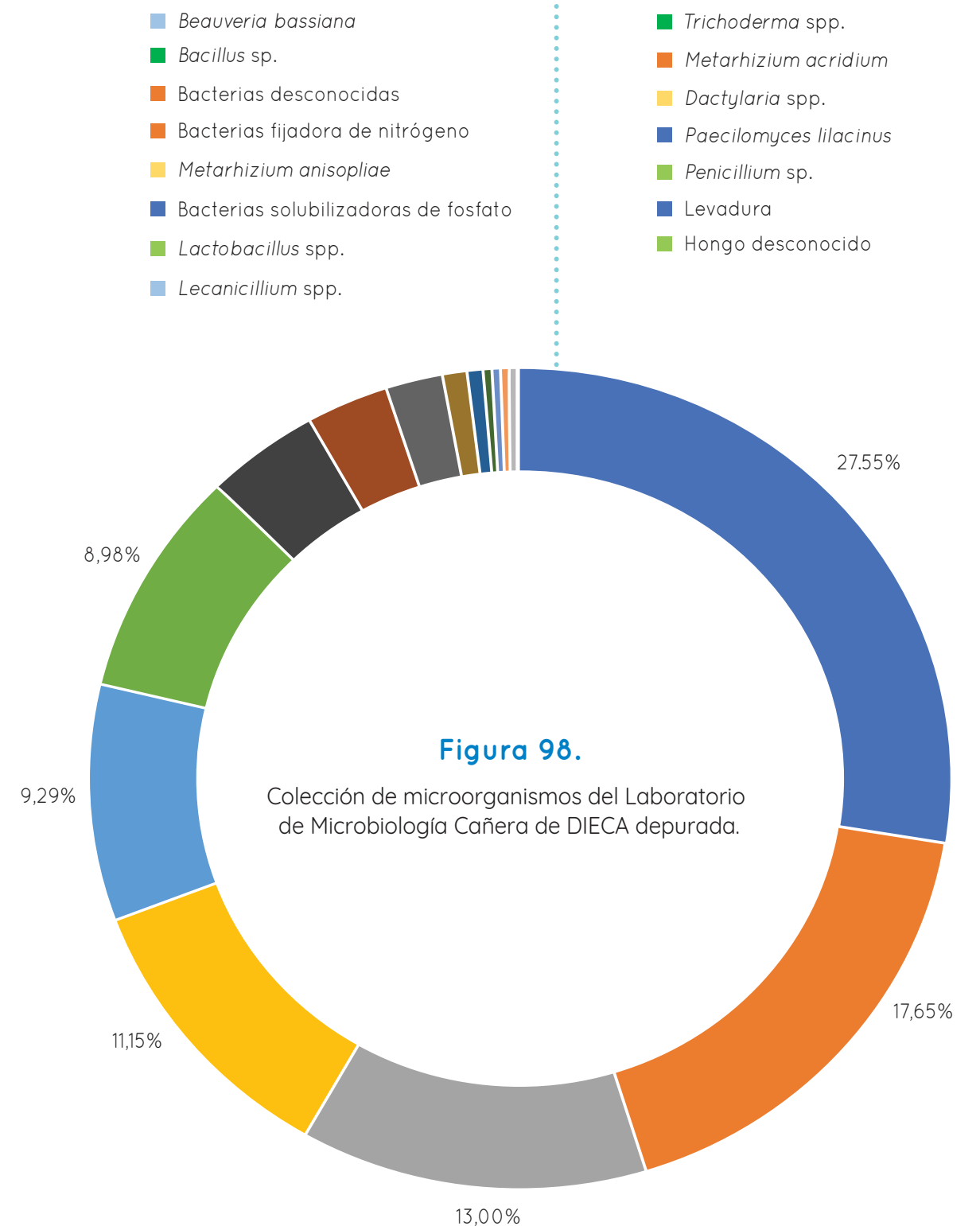
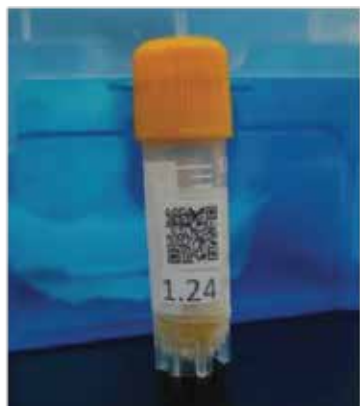


Figura 98.

Colección de microorganismos del Laboratorio de Microbiología Cañera de DIECA depurada.

CAJA	CONSECUTIVO DE CEPA	FECHA DE AISLAMIENTO	FECHA DE INTRODUCCIÓN A CEPARIO	CÓDIGO ANTIGUO	CÓDIGO ASIGNADO	USO ACTUAL	USO POTENCIAL	OBSERVACIONES	NOMBRE QR	QR
Caja 1	#3	VV2006	8/10/2018	D 0106	D 0116-Eb-PIC	<i>Metamasius hemipterus</i> , <i>Leptodyctia</i> , <i>Mocis</i> , <i>Spodoptera</i> , <i>Telchin</i> , <i>Sipha</i> , <i>Phyllophaga</i>	Pasturas, hortalizas, frutales, raíces y tubérculos, piña, café, palma aceitera, palmito, ornamentales		Caja 1 #3 <i>Beauveria bassiana</i> D 0116-Eb-PIC	Caja 1 #3 <i>Beauveria bassiana</i> D 0116-Eb-PIC
Caja 1	#4	VV2006	8/10/2018	D 0106	D 0116-Eb-PIC	<i>Metamasius hemipterus</i> , <i>Leptodyctia</i> , <i>Mocis</i> , <i>Spodoptera</i> , <i>Telchin</i> , <i>Sipha</i> , <i>Phyllophaga</i>	Pasturas, hortalizas, frutales, raíces y tubérculos, piña, café, palma aceitera, palmito, ornamentales		Caja 1 #4 <i>Beauveria bassiana</i> D 0116-Eb-PIC	
Caja 1	\$5	VV2015	8/10/2018	Bb araña	D 0115-Eb-ARA	<i>Tetranychus</i> sp	Hortalizas, frutales, raíces y tubérculos, ornamentales		Caja 1 #5 <i>Beauveria bassiana</i> D 0115-Bb-ARA	Caja 1 #5 <i>Beauveria bassiana</i> D 0115-Bb-ARA
Caja 1	#6	VV2015	8/10/2018	Bb araña	D 0115-Eb-ARA	<i>Tetranychus</i> sp	Hortalizas, frutales, raíces y tubérculos, ornamentales		Caja 1 #6 <i>Beauveria bassiana</i> D 0115-Bb-ARA	Caja 1 #6 <i>Beauveria bassiana</i> D 0115-Bb-ARA
Caja 1	#7	8/10/2018	8/10/2018	Coopevega-1	D 0318-Eb-SUE				Caja 1 #7 <i>Beauveria bassiana</i> D 0318-Bb-SUE	Caja 1 #7 <i>Beauveria bassiana</i> D 0318-Bb-SUE
	Caja 1	Caja 2	Caja 3	Caja 4	Código					



**Figura 99.**

Código QR diseñados para cada cepa (vial) perteneciente a la colección de microorganismos de DIECA.

## BIBLIOGRAFÍA

Astola Mariscal, S. Z., & Narrea Cango, M. (2019). *Biología y comportamiento de Cotesia flavipes Cameron (Braconidae) parasitoide de Diatraea saccharalis Fabricius (Crambidae)*. *Ecología Aplicada*, 18(1), 77-83. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i1.1309>

Dubey, A., Malla, M. A., Kumar, A., Dayanandan, S., & Khan, M. L. (2020). Plants endophytes: unveiling hidden agenda for bioprospecting toward sustainable agriculture. *Critical reviews in biotechnology* 40(8), 1210-1231.

Ijaz, M., Ali, Q., Ashraf, S., Kamran, M., & Rehman, A. (2019). Development of future bioformulations for sustainable agriculture. *Microbiome in Plant Health and Disease: Challenges and Opportunities*, 421-446.

Jiménez-Barboza, L. A., & Gamboa-Villalobos, A. M. (2022). Desarrollo e implementación de una metodología simple para cuantificar el potencial microbiológico de contaminación en laboratorios de investigación y docencia. *Pensamiento Actual*, 22(39).

Kanchiswamy, C. N., Malnoy, M., & Maffei, M. E. (2015). Bioprospecting bacterial and fungal volatiles for sustainable agriculture. *Trends in Plant Science* 20(4), 206-211.

Khoobdel, M., Pourian, H. R., & Alizadeh, M. (2019). Bio-efficacy of the indigenous entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* in conjunction with desiccant dust to control of coleopteran stored product pests. *Journal of invertebrate pathology*, 168, 107254.

Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 28(1), 1-11.

Mateo, N., Nader, W., & Tamayo, G. (2001). *Bioprospecting*. *Encyclopedia of biodiversity* 1, 471-487.

Mesa-Vanegas, A. M., Marín, A., & Calle-Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. *Actualidades biológicas*, 41(111), 32-44.

Mishra, J., & Arora, N. K. (2016). Bioformulations for plant growth promotion and combating phytopathogens: a sustainable approach. *Bioformulations: For sustainable agriculture*, 3-33.

Monzón, A. (2002). *Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua*.

Motta-Delgado & Murcia-ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science* 6(2), 77-90.

Murali, M., Naziya, B., Ansari, M. A., Alomary, M. N., alyahya, S., almatroudi, A., ... & Amruthesh, K. N. (2021). Bioprospecting of rhizosphere-resident fungi: Their role and importance in sustainable agriculture. *Journal of Fungi* 7(4), 314.

Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of hospital infection*, 46(4), 241-256

Samaniego-Fernández, L. M., Harouna, M., Corbea, O., Rondón-Castillo, A. J., & Placeres-Espinosa, I. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. antagonistas de patógenos del suelo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3).

Suman, S. (2017). Plant tissue culture: A promising tool of quality material production with special reference to micropropagation of banana. *Biochem. Cell. Arch*, 17(1), 1-26.

naturvia

# ENDULZÁ COMO TE GUSTA

¡ELEGÍ LO NATURAL Y DISFRUTÁ TODO LO QUE QUERÉS!



CERO CALORÍAS  
(Sobres y Líquido)

SIN SABOR  
AMARGO

LIBRE DE  
GLUTEN

Encontrá más usos y recetas en:  
[naturvia.co.cr](http://naturvia.co.cr)

## USALO PARA PREPARAR:

- Bebidas frías y calientes
- Salsas y aderezos
- Mermeladas
- Postres
- Pastelería
- Toppings

Instagram: @NATUVIACR Facebook: @NATUVIACR



# LABORATORIO BIOLOGÍA MOLECULAR

## RESUMEN

Desde el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), se ha trabajado en fomentar las oportunidades de mejora en los procesos productivos del cultivo, mediante la innovación y el uso de herramientas que faciliten y disminuyan los tiempos de respuesta a los problemas y retos que enfrenta el sector cañero. Además, se busca poner a disposición de los productores y técnicos los principales avances científicos que se publican cada año en las diferentes disciplinas, complementando así los proyectos de investigación desarrollados en DIECA.

La promoción de la investigación en el cultivo de caña de azúcar se ha fortalecido gracias a la creciente demanda de planes de producción de azúcar y biocombustibles cada vez más tecnificados. Un aporte significativo en este ámbito es la implementación de técnicas de biología molecular. Estas técnicas no solo permiten descifrar la complejidad del genoma de la planta de caña de azúcar (Ahmad *et al.*, 2019), sino que también son fundamentales para los programas de mejoramiento genético.

La biología molecular facilita la búsqueda de genes de interés para edición y selección de características agronómicas positivas (Wang *et al.*, 2021), la caracterización de la diversidad genética de variedades, el diagnóstico de fitopatógenos, el control de calidad de procesos asociados al cultivo de tejidos y la producción de controladores biológicos, entre otras aplicaciones.



# DETECCIÓN MOLECULAR DE LOS VIRUS FITOPATÓGENOS ScMV Y SCYLV EN VITRO PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)

Como parte del control de calidad durante la generación de plantas *in vitro*, se realiza la evaluación de la carga viral de dos patógenos de importancia agronómica en el cultivo de caña de azúcar.

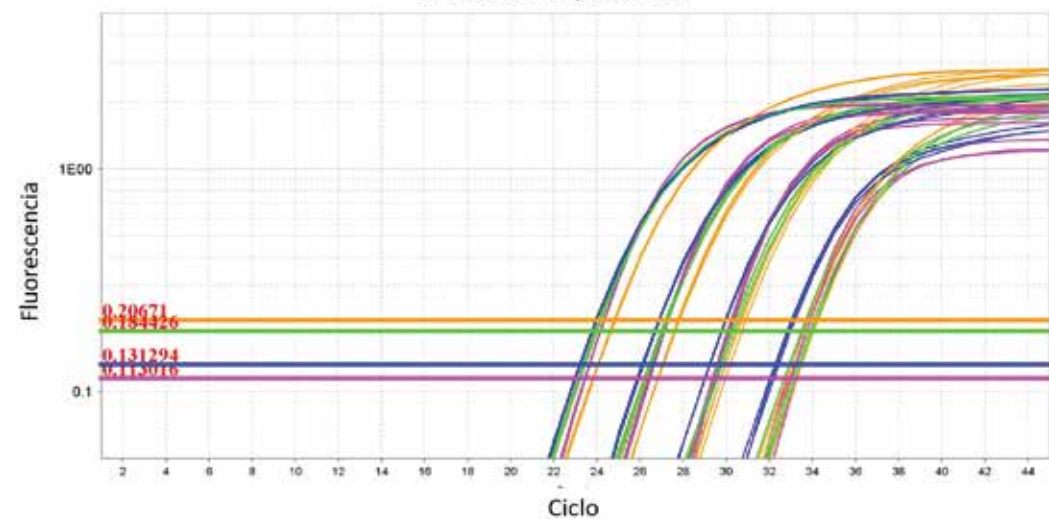
El Sugarcane Yellow Leaf Virus (SCYLV) es un miembro del género Polerovirus de la familia Luteoviridae. Su genoma tiene un tamaño de aproximadamente 6 kb y es ARN de cadena simple en sentido positivo. Por otro lado, el Sugarcane Mosaic Virus (ScMV) pertenece a la familia Potyviridae, posee un genoma de alrededor de 10 kb y también es ARN de cadena simple positivo. Ambos virus son trans-

mitidos por áfidos y pueden presentar infecciones múltiples con otros virus (Lu *et al.*, 2021; Somnath *et al.*, 2020).

## Diagnóstico de los virus mediante la técnica RT-qPCR

Para ambos ensayos se utiliza la técnica de retrotranscripción seguida de PCR cuantitativo (RT-qPCR). Se emplean primers específicos tomados de la literatura y estandarizados en el laboratorio para llevar a cabo esta técnica.

Gráfico de amplificación



Cuadro 26.

Primers utilizados para la detección de los virus ScMV y SCYLV.

VIRUS	GEN	PRIMER	SECUENCIA	Tm	REFERENCIA
ScMV	P. Cápside	SCMV196_ F	GGTAYGANGCCATAAAGAAGGA	50	Cheong <i>et al.</i> 2012
		SCMV196_ R	TGTCGRAAWGTTGGAGATGC		
SCYLV	P. Cápside	CPF	CCAAACAACAACAGGCTCCAA	50	Korimbocus <i>et al.</i> 2002
		CPR	GGGCCGGGAAGACTTTCTT		
		Sonda	ATTACTAGCTTCCCGTCAAGAGG AACGC		

Cuadro 27.

Total de muestras analizadas para cada virus y proporción de muestras positivas y negativas.

CANTIDAD DE MUESTRAS	SCYLV	ScMV
Positivas	464	42
Netagivas	138	441
<b>Total analizadas</b>	<b>602</b>	<b>483</b>

El virus con mayor frecuencia en el análisis de las muestras de cultivo *in vitro* es SCYLV, un comportamiento que se repite en años anteriores debido a que es el patógeno de mayor incidencia en campo.

Se recomienda utilizar un control interno para los procedimientos de RT-qPCR que permita

evaluar la calidad del ARN aislado de las muestras, con el fin de obtener datos más confiables. Además, es importante verificar la estandarización de los perfiles térmicos y volúmenes de reacción utilizando los artículos científicos correspondientes para los primers empleados.

## USO DE MARCADORES MOLECULARES TIPO MICROSATELITE (SSR) PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES ÉLLITE DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

Las pruebas de evaluación de la diversidad entre variedades regionales de caña de azúcar son un insumo crucial para los programas de mejoramiento genético. Estas pruebas proporcionan información valiosa para la generación de alternativas resistentes o tolerantes a enfermedades, así como a condiciones climáticas y de suelo adversas (Wang *et al.* 2020; Fickett *et al.* 2020).

### Participación en evento técnico-científico

En septiembre de 2023 se llevó a cabo el XII Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe

(ATALAC) en el Centro de Convenciones de Costa Rica. El laboratorio de Biología Molecular presentó la metodología utilizada para la caracterización de variedades de caña de azúcar asistida por marcadores de repeticiones de secuencia simple (SSR). Se seleccionaron seis microsatélites marcados con fluorescencia de la literatura para ser analizados mediante electroforesis capilar. Tres de estos microsatélites fueron previamente mapeados para la caña de azúcar por el Consorcio Internacional de Microsatélites de Caña de Azúcar (Cordeiro *et al.* 2000; Singh *et al.* 2008; Oliveira *et al.* 2009), y los otros tres fueron recomendados por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).

### Cuadro 28.

Microsatélites utilizados en la caracterización de variedades de caña de azúcar

MARCADOR SSR	SECUENCIA SENTIDO	SECUENCIA REVERSA	CONCENTRACIÓN DE IMPRIMADOR (µM)	TEMPERATURA DE ALINEAMIENTO (°C)
SMC1572CL	6-FAM-GAG GAT ATG GTT TTC ATT GCC	ACA CCT TCT CAC CAC TTA GGT TC	0,2	57,5
SMC334BS	PET-CAA TTC TGA CCG TGC AAA GAT	CGA TGA GCT TGA TTG CGA ATG	0,2	58
SMC336BS	NED-ATT CTA GTG CCA ATC CAT CTC A	CAT GCC AAC TTC CAA ACA GAC	0,2	58
CV29	PET-TCG CGT CCA CCA ATG TAA CC	GCG TGC ATC GCT TGT GTC TT	0,3	64
MARCADOR SSR	SECUENCIA SENTIDO	SECUENCIA REVERSA	CONCENTRACIÓN DE IMPRIMADOR (µM)	TEMPERATURA DE ALINEAMIENTO (°C)
CV37	VIC-GGA TGG ACG ACG TGT CCT GG	ATA AAG TGG CCG CTT GGA TTG A	0,3	64
CV38	FAM-GAA GCA GGG GCC TCA GTT G	GTC AAA CAG GCG ATC	0,2	64

Durante el 2024 se continuará con la evaluación del comportamiento de estos seis microsatélites. Se recomienda generar una base de datos con los patrones obtenidos para cada una de las variedades, que sirva

como referencia para la identificación de muestras desconocidas provenientes del programa de variedades o del programa de fitosanidad de DIECA.

## DIAGNÓSTICO MOLECULAR DE LA INFECCIÓN POR NOSEMOSIS EN MUESTRAS DE *Diatraea* spp. EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CONTROLADOR BIOLÓGICO *Cotesia flavipes*.

La detección de *Nosema* spp. por qPCR representa un aporte importante en el proceso de producción de *C. flavipes*, ya que garantiza una dieta libre de este microsporidio.

La colaboración con el Laboratorio de Control Biológico permite la optimización y mejora de la producción, ya que también se participa en la identificación molecular y caracterización de especies de *Diatraea* spp. provenientes de otros países mediante la secuenciación de genes utilizados como código de barras en insectos (Barrera *et al.* 2017).

Al igual que en el año 2022, en 2023 todas las muestras resultaron negativas, por lo que continúa el proceso de producción de *C. flavipes* libre del parásito *Nosema* spp.

### Cuadro 29.

Total de muestras analizadas por mes para detección de *Nosema* spp.

MES	TOTAL DE MUESTRAS
Enero	123
Febrero	83
Marzo	82
Abril	20
Mayo	79
Junio	81
Julio	94
Agosto	111
Setiembre	82
Octubre	120
Noviembre	78
Diciembre	79
<b>Total</b>	<b>1032</b>

Se recomienda utilizar un control interno en el procedimiento de qPCR que permita evaluar la calidad del ADN aislado de las muestras y aumentar la confiabilidad de los datos obtenidos. Un control interno adecuado podría ser una región de referencia, como la 18S.

Además, se debe verificar la estandarización de los perfiles térmicos y los volúmenes de reacción, comparándolos con los artículos científicos que describen los primers utilizados.

## BIBLIOGRAFÍA

Somnath, K. Holkar., Parameswari, B., Atul, K., Nithya, K., Prashant, R. S., Manohar, L. C., Shubham, K., Praveen, K., Rasappa, V., Rakesh, K. J. y D. P. Ashwini. 2020. *Present Status and Future Management Strategies for Sugarcane Yellow Leaf Virus: A Major Constraint to the Global Sugarcane Production*. Plant Pathol. J. 36(6): 536-557.

Lu, G., Wang, Z., Xu, F., Pan, Y.-B., Grisham, M.P. y L. Xu. 2021. *Sugarcane Mosaic Disease: Characteristics, Identification and Control*. Microorganisms. 9. 1984.

Cordeiro, G.M., Taylor, G.O. & Henry, R.J. 2000. *Characterisation of microsatellite markers from sugarcane (Saccharum sp.), a highly polyploid species*. Plant Sci 155:161-168.

Fickett, N. D., Ebrahimi, L., Parco, A.P., Gutierrez, A. V., Hale, A. L., Pontif, M. J., Todd, J., Kimbeng, C. A., Hoy, J. W., Ayala-Silva, T., Gravois, K. A. y N. Baisakh. 2020. *An enriched sugarcane diversity panel for utilization in genetic improvement of sugarcane*. Natureresearche.

CENGICAÑA: *Memoria Presentación de resultados de investigación Zafra 2020-2021*.

Oliveira, K. M., Pinto, L. R., Marconi, T. G., Mollinari, M., Ulian, E. C., Chabregas, S. M., ... & Souza, A. P. 2009. *Characterization of new polymorphic functional markers for sugarcane*. Genome 52(2):191-209.

Singh, R. K., Srivastava, S., Singh, S. P., Sharma, M. L., Mohopatra, T., Singh, N. K., & Singh, S. B. 2008. *Identification of new microsatellite DNA markers for sugar and related traits in sugarcane*. Sugar Tech 10(4):327-333.

Wang, Z., Pan, Y., Luo, J., You, Q., Xu, X., Zhang, H. y Y. Que. 2020. *SSR-Based Genetic Identify of Sugarcane Clones and its Potencial Application in Breeding and Variety Extension*. Sugar Tech. 22(3):367-378.

Barrera, G. P., Villamizar, L. F., Espine, C., Quintero, E. M., Belaich, M. N., Toloza, D. L., Ghiringhelli, P. D. y G. Vargas. 2017. *Identification of Diatraea spp. (Lepidoptera: Crambidae) based on cytochrome oxidase II*. Plos One.

Ahmad, A., Mehran, K., Rahat, S., Muhammad, M. y G. San-Ji. 2019. *Review, Sugarcane Omics: An Update on the Current Status of Research and Crop Improvement*. Plants.

Wang, T., Fang, J. y J. Zhang. 2021. *Advances in Sugarcane Genomics and Genetics*. Sugar Tech 24(1):354-368.

# Naturalmente ESPECIAL



AZÚCAR  
CRUDO

Seguinos en nuestras redes sociales:   Zukracr

Ingresá a nuestro sitio web para que conozcás todas las recetas que tenemos para vos:



# LABORATORIO CONTROL BIOLÓGICO

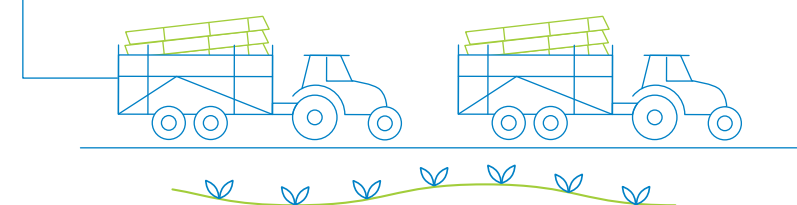
## RESUMEN

El Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* desempeña un papel crucial en el control biológico del barrenador común del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.). Este laboratorio se especializa en la cría de *C. flavipes*, un parasitoide que actúa de manera eficiente contra esta plaga, permitiendo un manejo más sostenible y reduciendo la dependencia de productos químicos en el cultivo de caña de azúcar. La cría y liberación de este parasitoide ha mostrado resultados prometedores, contribuyendo significativamente a la salud y productividad de los cultivos.

Paralelamente, el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos se dedica a la producción de los hongos *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y *Lecanicillium lecanii*. Estos hongos se utilizan para combatir diversas plagas que afectan a la caña de azúcar, ofreciendo una alternativa biológica y ambientalmente amigable a los pesticidas convencionales. La producción de estos hongos entomopatógenos es un componente clave en la estrategia de manejo integrado de plagas, promoviendo la sostenibilidad en la agricultura cañera.

Durante el periodo 2023, ambos laboratorios han alcanzado importantes logros en la producción y distribución de biocontroladores en las distintas regiones cañeras de Costa Rica. Se han incrementado las capacidades de producción y se ha mejorado la eficiencia en la distribución de estos agentes de control biológico. Este avance ha permitido una mayor cobertura y efectividad en el manejo de plagas, beneficiando a los agricultores e ingenios, contribuyendo a la sostenibilidad del cultivo de caña de azúcar.

En resumen, los esfuerzos del Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* y del Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos han sido fundamentales para el manejo sostenible de plagas en la caña de azúcar en Costa Rica. Los resultados obtenidos en 2023 demuestran el impacto positivo de estas iniciativas, reflejando un compromiso continuo con la innovación y la sostenibilidad en la agricultura. La integración de biocontroladores en las prácticas agrícolas no solo mejora la salud de los cultivos, sino que también protege el medio ambiente.



# PRODUCCIÓN DEL PARASITOIDE

## *Cotesia flavipes*

El Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* se especializa en la cría de este parasitoide para el control biológico del barrenador común del tallo (*Diatraea* spp.), una plaga que afecta gravemente al cultivo de caña de azúcar. *C. flavipes* pertenece a la familia Braconidae y es un enemigo natural altamente efectivo contra las larvas de *Diatraea* spp.

Las hembras de *C. flavipes* depositan sus huevos dentro del cuerpo de las larvas del barrenador, y una vez que los huevos eclosionan, las larvas del parasitoide se alimentan de su hospedador, causándole la muerte. Este mecanismo no solo ayuda a reducir la población de barrenadores de manera natural, sino que también minimiza la dependencia de agroquímicos, favoreciendo una agricultura más sostenible.



**Figura 100.**

Larvas de *C. flavipes* emergiendo de larva de *Diatraea saccharalis*.

### Producción y Distribución de *Cotesia flavipes* en el Periodo 2023

Durante el periodo 2023, el Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* logró producir un total de 46.2 millones de individuos de este parasitoide, utilizando como hospedero a larvas de *Diatraea saccharalis*.



**Figura 101.**

Producto final elaborado por el Laboratorio, COTEDIECA, cada vaso incluye 1.500 parasitoides.

Del total de la producción, 4.5 millones de individuos se destinaron al uso interno del laboratorio, mientras que los restantes 41.7 millones se distribuyeron entre fincas de productores e ingenios azucareros.

La distribución se realizó de la siguiente manera: 35.2% a fincas de productores y 64.8% a ingenios azucareros.

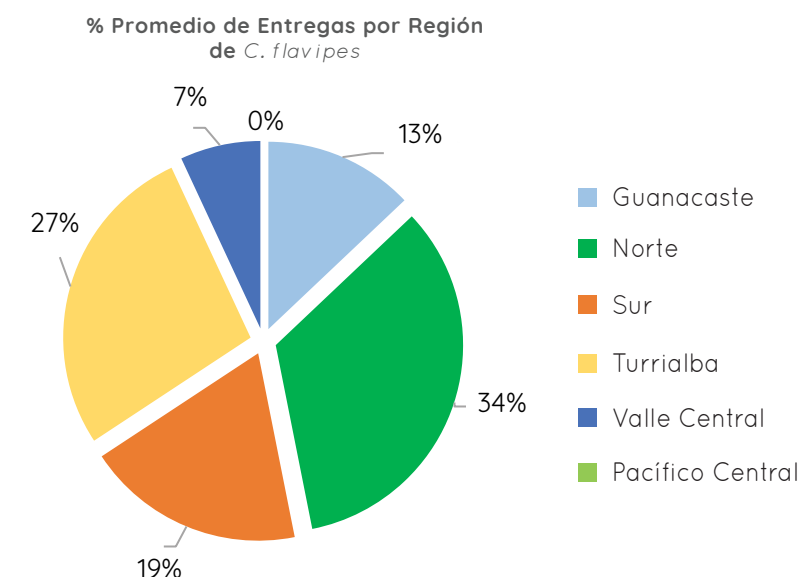
### Impacto Regional del Control Biológico

La distribución de *Cotesia* se concentró en cinco de las seis principales regiones cañeras de Costa Rica, evidenciando una estrategia bien planificada y ejecutada por el laboratorio. La mayor parte de esta distribución se realizó en la Región Norte y Turrialba, áreas que fueron identificadas como prioritarias debido

a su alta producción de caña de azúcar y la incidencia significativa del barrenador común del tallo. Estas regiones recibieron una cantidad sustancial de parasitoides, asegurando una intervención temprana y efectiva contra las larvas de *Diatraea* spp.

**Figura 102.**

Porcentaje promedio de entregas por región del parasitoide *C. flavipes*



La Región Norte, fue una de las principales beneficiadas, lo anterior debido a la elevada incidencia del barrenador común. Turrialba, fue la segunda región en donde se dio la mayor distribución del parasitoide, las características del sitio, son idóneas para el desarrollo de la plaga, por lo que las liberaciones de *Cotesia* son claves para mantener un adecuado control.

En las siguientes posiciones de distribución se encuentran la Región Sur, Guanacaste y el Valle Central. En la Región Sur, la implementación de *C. flavipes* ha sido fundamental para mantener bajo los umbra-

les a la plaga. Guanacaste, siendo la principal región productora de caña de azúcar del país, también se vio beneficiada por el uso del parasitoide.

El Valle Central, aunque es una región menos extensiva en términos de superficie cultivada en comparación con las anteriores, recibió una cantidad adecuada de parasitoides para mantener bajo control las poblaciones del barrenador común del tallo. Esta distribución equilibrada asegura que incluso las áreas con menor densidad de cultivo sean protegidas, manteniendo la integridad y productividad de las plantaciones de caña de azúcar.

Gracias a estos esfuerzos, se logró cubrir un área estimada de 6.948 hectáreas de cultivo de caña de azúcar. Esta amplia cobertura no solo destaca el compromiso de este laboratorio en el control biológico de plagas, sino que también refleja la efectividad del programa en términos de alcance y resultados. La intervención con *C. flavipes* ha beneficiado a una gran cantidad de agricultores e ingenios cañeros, permitiéndoles gestionar sus cultivos de manera más eficiente y sostenible.

### Beneficios del Uso de *Cotesia flavipes*

El uso de *C. flavipes* como agente de control biológico ofrece múltiples beneficios. En primer lugar, reduce significativamente la necesidad de aplicar agroquímicos, lo cual no solo disminuye los costos para los agricultores, sino que también reduce el impacto ambiental asociado con el uso de pesticidas.

El control biológico mediante parasitoides como *C. flavipes* es altamente específico, atacando únicamente a las larvas del barrenador del tallo sin afectar a otras especies benéficas. Esto contribuye a mantener el equilibrio ecológico en los campos de cultivo.

Otro beneficio clave es la sostenibilidad a largo plazo. A diferencia de los métodos químicos, los cuales pueden llevar al desarrollo de resistencia en las plagas, los enfoques biológicos como el uso de *C. flavipes* son menos propensos a generar resistencia, garantizando una solución efectiva y duradera para el control de plagas. Asimismo, el uso de biocontroladores fomenta la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas, creando entornos más resilientes y saludables.

### Conclusiones y Perspectivas Futuras

Los resultados obtenidos durante el periodo 2023 destacan la importancia y efectividad del control biológico del barrenador común del tallo de la caña de azúcar mediante el uso de *Cotesia flavipes*. La producción y distribución de este parasitoide han demostrado ser una estrategia exitosa para manejar las poblaciones de *Diatraea* spp., beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente.

De cara al futuro, es esencial continuar ampliando la producción y distribución de *C. flavipes*, así como fomentar la adopción de prácticas de control biológico entre los agricultores. Además, se recomienda seguir investigando y mejorando las técnicas de cría y liberación de este parasitoide para maximizar su efectividad y cobertura. La integración de *Cotesia flavipes* en los programas de manejo integrado de plagas representa un paso significativo hacia una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en Costa Rica.



**Figura 103.**  
Adultos del parasitoide *Cotesia flavipes*.

## PRODUCCIÓN DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS

Los hongos entomopatógenos son microorganismos que infectan y matan insectos, desempeñando un papel importante en el control biológico de plagas. Entre las especies más utilizadas se encuentran *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*. Estos hongos son efectivos contra diversas plagas, proporcionando una alternativa sostenible y ambientalmente amigable a los pesticidas químicos.



**Figura 104.**  
Placas Petri colonizadas por *Metarhizium anisopliae*, Cera D 0317.

Cuando un insecto entra en contacto con las esporas de estos hongos, las esporas germinan y penetran su cuerpo, lo que conduce a la enfermedad y muerte del insecto. Este método de control biológico es selectivo y específico para las plagas objetivo, lo que lo hace seguro para otros organismos no objetivo y para el medio ambiente en general. Además, los hongos entomopatógenos pueden ser utilizados en programas de manejo integrado de plagas, ayudando a re-

ducir la dependencia de pesticidas químicos y promoviendo prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.



**Figura 105.**  
*Metamasius sericeus* parasitado por el hongo *Beauveria bassiana*.

### Producción y Distribución de Hongos Entomopatógenos en 2023

Durante el periodo 2023, el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos produjo un total de 21.2 toneladas de hongo en base de arroz. Esta producción incluyó *Beauveria bassiana* Cepa D 0117 y *Metarhizium anisopliae* Cepa D 0317, dos de los hongos más efectivos en el control de plagas específicas como el salivazo, la chinche de encaje y el picudo de la caña.

Del total de la producción, 0.14 toneladas se destinaron a investigación, permitiendo el desarrollo continuo de técnicas y aplicaciones

para mejorar la efectividad de estos hongos en el campo. Además, 0.54 toneladas se destinaron a ventas. El restante de 20.5 toneladas se distribuyó entre fincas de productores e ingenios azucareros, con un 19.4% destinado a fincas y un 80,6% a ingenios.

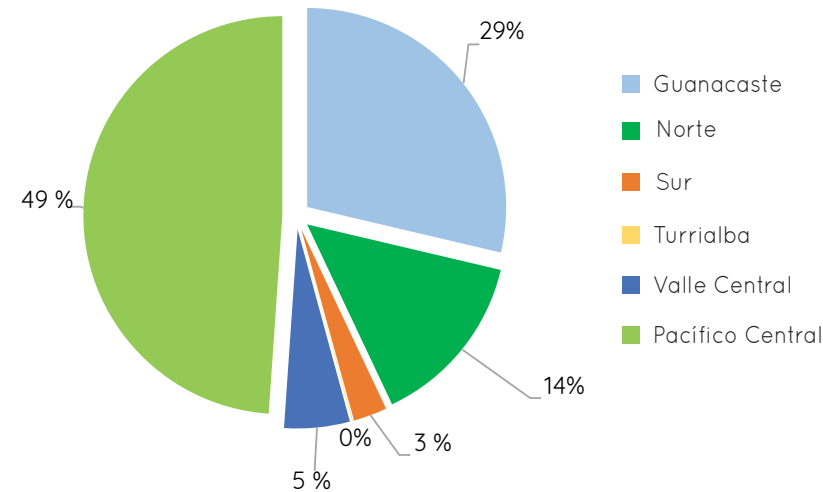
La producción específica de *B. bassiana* fue de 7.72 toneladas, representando el 36.4% del total, mientras que la producción de *M. anisopliae* alcanzó 13.4 toneladas, representando el 63.6%.

La distribución de estos hongos se realizó en las seis regiones cañeras de Costa Rica, con una mayor concentración en las regiones del Pacífico Central, Guanacaste y la Región Norte.

### Impacto Regional del Control Biológico

La distribución de los hongos entomopatógenos cubrió un área estimada de 4.107 hectáreas de cultivo de caña de azúcar.

**Figura 104.**  
Placas Petri colonizadas por *Metarhizium anisopliae*, Cepa D 0317.



La implementación de estos biocontroladores en las regiones de Pacífico Central, Guanacaste y la Región Norte fue particularmente significativa debido a la alta incidencia de plagas en estas áreas.

En la Región del Pacífico Central, la aplicación de *B. bassiana* y *M. anisopliae* ha demostrado ser una alternativa para el control del salivazo y la chinche de encaje, plagas que afectan gravemente la productividad de la caña de azúcar.

En Guanacaste la aplicación de hongos

entomopatógenos permitió un manejo adecuado de chinche de encaje y salivazo, plagas que puede causar daños severos si no se controlan adecuadamente. Obteniendo así una disminución en las pérdidas del cultivo y una mejora en la calidad de la caña producida.

La Región Norte, con sus condiciones climáticas favorables para el desarrollo de plagas como el salivazo, también ha sido una prioridad en la distribución de estos hongos, principalmente *Metarhizium*. La intervención con este biocontrolador ha permitido a los

productores manejar la plaga de manera más sostenible, reduciendo la necesidad de tratamientos químicos y promoviendo prácticas agrícolas más saludables.

### Beneficios del Uso de Hongos Entomopatógenos

El uso de hongos entomopatógenos como agentes de control biológico ofrece múltiples beneficios. En primer lugar, estos hongos son específicos para las plagas objetivo, lo que minimiza el impacto en otros organismos beneficiosos y en el medio ambiente.



**Figura 107.**  
*Aeneolamia* sp. parasitado por *M. anisopliae*, Cepa D 0317.

Al reducir la necesidad de pesticidas químicos, se disminuyen los riesgos asociados con la exposición a estos productos tanto para los trabajadores agrícolas como para los consumidores.

Además, los hongos entomopatógenos contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo de los cultivos. A diferencia de los pesticidas químicos, que pueden llevar al desarrollo de resistencia en las plagas, los hongos entomopatógenos son menos propensos a generar resistencia, asegurando una solución efectiva y duradera para el control de plagas.

Esta estrategia también fomenta la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas, creando entornos más resilientes y saludables.

### Conclusiones y Perspectivas Futuras

Los resultados obtenidos durante el periodo 2023 subrayan la importancia y efectividad del uso de hongos entomopatógenos en el control biológico de plagas en los cultivos de caña de azúcar en Costa Rica. La producción y distribución de *Beauveria* y *Metarhizium* han demostrado ser estrategias exitosas para manejar las poblaciones de plagas como el salivazo, la chinche de encaje y el picudo de la caña, beneficiando tanto a los agricultores como al medio ambiente.

De cara al futuro, es esencial continuar ampliando la producción y distribución de estos hongos, así como fomentar la adopción de prácticas de manejo integrado de plagas entre los agricultores. Además, se recomienda seguir investigando y mejorando las técnicas de aplicación de estos biocontroladores para maximizar su efectividad y cobertura.



**Figura 108.**  
Aplicación de hongos entomopatógenos en campos de caña de azúcar mediante el uso del cañón de aspersión.

# ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN



En términos genéricos y resumidos, el resultado obtenido durante el período 2023 en las principales actividades realizadas, se resume a continuación:

**Cuadro 30.**

Resumen cuantitativo de las actividades de capacitación, información y asistencia técnica realizadas por DIECA durante el año 2023.

ACTIVIDAD	NO. EVENTOS	ASISTENCIA		
		NÚMERO	PORCENTAJE	PROMEDIO
<b>GRUPALES</b>				
Seminarios/Congresos	22	3699	19.16	168.14
Cursos	6	213	1.10	35.50
Charlas	196	5881	30.47	30.01
Días de Campo	11	566	2.93	51.45
Demostraciones de Método	90	834	4.32	9.27
Giras Técnicas	98	639	3.31	6.52
Participación en Ferias	1	500	2.59	500
Participación en Eventos de Capacitación	20	185	0.96	9.25
Reuniones	21	3400	17.61	161.90
Visitas a DIECA	7	152	0.79	21.71
<b>Subtotal</b>	<b>472</b>	<b>16069</b>	<b>83.24</b>	<b>34.04</b>
<b>INDIVIDUALES</b>				
Visitas Directas a Fincas	NA	1007	5.22	NA
Atención en Oficinas (*)	NA	2163	11.20	NA
Visitas a otras Regiones	NA	41	0.21	NA
Publicaciones	NA	24	0.12	NA
<b>Subtotal</b>	<b>NA</b>	<b>3235</b>	<b>16.76</b>	<b>NA</b>
<b>TOTAL</b>	<b>472</b>	<b>19304</b>	<b>100</b>	<b>40.90</b>

\*Se compone de Atenciones Personales en Oficina y Atenciones Telefónicas.



Como se observa en el Cuadro 30, durante el año 2023 se realizaron un total de 472 actividades de carácter grupal, con una cobertura y asistencia de 16.069 personas, lo que representó un 83.24% del total de usuarios atendidos durante el período, un porcentaje elevado y muy representativo.

Complementariamente, se atendió de manera individual a 3.235 personas, que representaron el 16.76% del total de usuarios beneficiados.

En total, durante el año 2023, LAICA-DIECA logró atender y alcanzar aproximadamente a 19.304 personas mediante diversas actividades. De estas, el grupo mayoritario fue el de asistentes a las 196 charlas realizadas, que significaron el 30.47% (5.881 personas). En segundo lugar, se situaron los 22 seminarios/congresos, con una asistencia proyectada de 3.699 personas (19.16%), lo que favoreció la imagen del sector azucarero costarricense. También fue relevante la participación en 21 reuniones, con la presencia de 3.400 personas (17.61%), entre productores, técnicos y empresarios.

La amplia cobertura alcanzada con las 196 charlas impartidas en diferentes localidades

cañeras del país generó un excelente promedio de asistencia de 30 personas por charla. Los días de campo, con 11 actividades realizadas y una asistencia promedio de 51.45 usuarios por actividad, confirmaron el interés de los productores en estos eventos demostrativos.

En cuanto a las demostraciones de métodos, la asistencia media fue de 9.27 personas, lo cual permite un tratamiento más individual y personalizado de los asuntos técnicos tratados. En las 98 giras técnicas realizadas, el promedio de participación fue de 6.52 personas por gira, reflejando un interés más personal por visitar proyectos a nivel regional y en otras localidades.

Como promedio general, se tuvo una asistencia media de 40.90 personas en el año 2023, considerada muy satisfactoria. Exclusivamente en las acciones de carácter grupal, el promedio fue de 34.04, superior a los valores del año 2022 (32.48%) y 2021 (31.14%), así como a los porcentajes en las acciones individuales de esos años (27.03% en 2022 y 20.89% en 2021) (Cuadro 31).

Es importante mencionar que en el período

2023 hubo un aumento en la asistencia de productores a las actividades de capacitación, información y adiestramiento técnico realizadas por LAICA-DIECA, con una presencia significativa en cada una de ellas, independientemente de la metodología

empleada. La mejora en la participación en los últimos tres periodos se atribuye al esfuerzo grupal del equipo de trabajo de LAICA-DIECA, que intensificó las actividades de capacitación y transferencia de tecnología programadas.

### Cuadro 31.

Promedio de asistencia a actividades de transferencia tecnológica según año. Período 2009-2023 (15 años).

AÑO	GENERAL	GRUPALES
2023	40,90	34,04
2022	32,48	27,03
2021	31,14	20,89
2020	36,00	30,58
2019	87,80	64,20
2018	83,20	60,90
2017	51,60	35,70
2016	43,80	22,30
2015	43,80	31,10
2014	74,70	59,10
2013	37,80	27,40
2012	44,60	35,60
2011	47,50	63,60
2010	68,00	51,20
2009	67,10	50,60
<b>TOTAL</b>	<b>790,42</b>	<b>614,24</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>52,69</b>	<b>40,95</b>

Al analizar la información por regiones productoras específicas, se observa que la mayor cobertura se dio en el Valle Central, con 7.552 personas, lo que representa un significativo 39.12% del total, como se indica en el Cuadro 32. También fue relevante la asistencia en la región Guanacaste, que al-

canzó el 14.09% (2.720 personas), seguida por la región Sur con 2.640 personas, equivalente al 13.68%. La región Turrialba tuvo una cobertura del 8.02% (1.549 participantes), la región Norte del 7.96% (1.536 personas), y la región Puntarenas alcanzó un 5.93% (1.144 personas).

## Cuadro 32.

Detalle de la asistencia a actividades de capacitación según región y tipo de evento realizado. Año 2023.

ACTIVIDAD	ASISTENCIA/REGIÓN						PROMEDIO
	GUANACASTE	PUNTARENAS	VALLE CENTRAL	NORTE	TURRIALBA	SUR	
Seminarios/Congresos	718	525	600	563	585	708	3699
Cursos	0	0	43	75	0	95	213
Charlas	808	288	2550	662	323	1250	5881
Días de Campo	146	26	183	0	86	125	566
Demostraciones de Método	293	90	257	37	105	52	834
Giras Técnicas	180	84	208	22	42	103	639
Participación en Ferias	0	0	500	0	0	0	500
Participación en Eventos de Capacitación	20	0	128	10	15	12	185
Reuniones	251	66	2731	52	151	149	3400
Visitas a DIECA	16	4	96	8	13	15	152
Visitas Directas a Fincas *	278	61	209	107	226	126	1007
Atención en Oficinas * (1)	416 (199)	55 (0)	546 (100)	197(26)	165 (52)	407 (0)	1786 (377)
Visitas a otras Regiones *	5	0	34	0	2	0	41
Publicaciones *	5	0	13	0	1	5	24
<b>TOTAL</b>	<b>2720</b>	<b>1144</b>	<b>7552</b>	<b>1536</b>	<b>1549</b>	<b>2640</b>	<b>19304</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>14.09</b>	<b>5.93</b>	<b>39.12</b>	<b>7.96</b>	<b>8.02</b>	<b>13.68</b>	<b>100</b>

\*Corresponde a Actividades Individuales, el resto son de carácter Grupal.

(1) El valor entre paréntesis corresponde a Atenciones Personales en Oficina respecto al total atendido. La diferencia corresponde al total de Atenciones Telefónicas.

Se expone a continuación el Cuadro 33:

## Cuadro 33.

Asistencia regional según actividades de capacitación grupal e individual realizadas por DIECA durante el año 2023.

REGIÓN	GRUPALES		INDIVIDUALES		TOTAL	
	No.	%	No.	%	No.	%
Guanacaste	2432	12.60	903	4.68	3335	17.28
Puntarenas	1083	5.61	116	0.60	1199	6.21
Valle Central	7296	37.80	902	4.67	8198	42.47
Norte	1429	7.40	330	1.71	1759	9.11
Turrialba	1320	6.84	446	2.31	1766	9.15
Sur	2509	13.00	538	2.79	3047	15.78
<b>TOTAL</b>	<b>16069</b>	<b>83.24</b>	<b>3235</b>	<b>16.76</b>	<b>19304</b>	<b>100</b>

\*Los porcentajes aplican en sentido horizontal para cada región.



Como se infiere de los resultados anteriores, existen diferencias en cada región productora de caña de azúcar en relación con la cantidad y el tipo de capacitación que se organiza y desarrolla. La mayor asistencia se alcanzó con las actividades de carácter grupal, con una presencia proyectada de 16.069 personas, lo que representa un significativo 83.24% del total de personas atendidas por LAICA-DIECA en todo el país.

Las actividades individuales, representadas por visitas directas a fincas para brindar asistencia técnica especializada en el cultivo, así como la atención personalizada en oficinas y las visitas a las instalaciones de DIECA ubicadas en Grecia y otras localidades, representaron el 16.76% de las acciones, con la atención y asistencia de 3.235 personas.

La gestión institucional que DIECA desarrolla en materia de transferencia de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar se ha fundamentado principalmente en actividades grupales más que individuales. Esto es impor-

tante no solo por la relación y el contacto personal con los productores, sino también por el hecho de mantener integrado al sector cañero.

El porcentaje de asistencia para la región Puntarenas fue de un 6.21%, para la región Norte un 9.11%, para la región Turrialba un 9.15%, para la región Sur un 15.78%, para la región Guanacaste un 17.28% y para la región Valle Central un 42.47%, siendo esta última la región de mayor participación.

Específicamente para las actividades grupales, el orden ascendente para las diferentes regiones fue el siguiente: Región Puntarenas con un 5.61%, región Turrialba con un 6.84%, región Norte con un 7.40%, región Sur con un 13%, región Guanacaste con un 12.60% y región Valle Central con un 37.80%.

En lo que respecta a actividades individuales, el orden ascendente fue el siguiente: Región Puntarenas con un 0,60%, región Norte con un 1.71%, región Turrialba con un 2.31%, región Sur

con un 2.79%, región Guanacaste con un 4.68% y región Valle Central con un 4.67%.

El mejor equilibrio lo presentó la región Valle Central, con predominancia de actividades grupales (37.80% del sector de agricultores beneficiados) y un 4.67% de actividades individuales. Le siguió la región Sur con una relación del 13% para actividades grupales y 2.79% para individuales. En el Cuadro 34 se

presenta el total de personas que participaron en las actividades de capacitación y transferencia de tecnología desarrolladas por LAICA-DIECA durante los últimos 24 años (período 2000-2023). Se observa que en los años 2018, 2019, 2014 y 2012 se tuvo una mayor asistencia, con 27.383, 27.378, 26.754 y 26.664 personas, respectivamente. El período 2023 no superó estos índices, con una asistencia de 19.304 personas.

### Cuadro 34.

Asistencia total según período 2000-2023 (24 años).

PERÍODO	ASISTENCIA	COMPARADOR BASE
2000	16569	100
2001	16747	101.07
2002	26483	159.83
2003	24698	149.06
2004	20768	125.34
2005	21629	130.54
2006	25326	152.85
2007	24010	144.91
2008	18571	112.08
2009	20546	124.00
2010	21490	129.70
2011	20164	121.70
2012	26664	160.93
2013	19982	120.60
2014	26754	161.47
2015	22801	137.61
2016	17968	108.44
2017	23433	141.43
2018	27383	165.27
2019	27378	165.24
2020	11642	70.26
2021	9188	55.45
2022	16991	102.55
2023	19304	116.51
<b>TOTAL</b>	<b>506489</b>	<b>3056.85</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>21104</b>	<b>127</b>



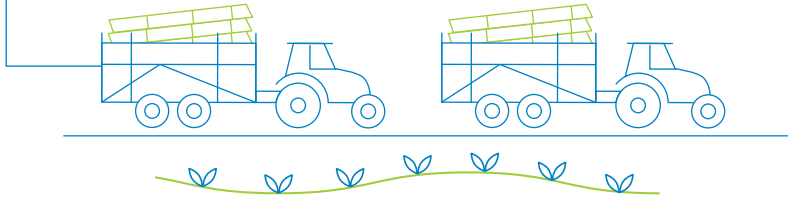


# ANÁLISIS

Durante el período 2023 se ha promovido la difusión del conocimiento generado en el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, mediante la publicación de múltiples documentos técnicos y científicos en foros variados como seminarios, talleres, congresos y en elementos digitales como revistas y boletines, lo que ha permitido compartir avances con el sector agroindustrial nacional y extranjero, y a la vez, ha permitido crear y fortalecer redes de colaboración con otras instituciones a nivel local e internacional.

De acuerdo con el Cuadro 35, durante el año 2023 se generó un total de 42 documentos, siendo en la memoria del XII Congreso ATALAC de setiembre de 2023, donde apareció publicada la mayor cantidad (19). A nivel de departamento o región, la Gerencia y la Región Guanacaste, generaron cada una, 9 publicaciones con temas varios, seguido del Programa Nacional de Fitosanidad y el Programa Nacional de Variedades, ambos con 7 publicaciones.

# PUBLICACIONES



### Cuadro 35.

Publicaciones del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Período 2023.

TEMÁTICA	RESPONSABLE	PUBLICACIÓN
Gerencia DIECA	Alejandro Rodríguez Morales	Potencial de cosecha de agua en el cultivo de Caña de Azúcar. Boletín Agroclimático.
		Propuesta de DIECA: fortaleciendo lo tradicional de la mano con la biotecnología cañera. Congreso ATALAC.
		Informe de visita sobre gira técnica a Brasil. LAICA-DIECA.
		Taller científico correspondiente a la etapa final del Proyecto de Cooperación Internacional: "Producción de yemas aisladas de caña de azúcar, como estrategia para el desarrollo de la cadena de semilla en Cuba" AZCUBA, Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar INICA, Santiago de Cuba.
		Taller virtual: Situación del desarrollo de los bioinsumos en Costa Rica. FONTAGRO, IICA.
		Experiencias y nuevos desarrollos biotecnológicos con bioinsumos para el cultivo de caña de azúcar. LAICA-DIECA.
		Experiencias en la reducción de la carga química en la producción agropecuaria: caso sector caña de azúcar. Jornada Nacional de Actualización Profesional para el impulso de una Producción Agropecuaria Sostenible.
		Taller Latinoamericano sobre uso de Bioinsumos para la Agricultura. FONTAGRO, IICA.
Región Guanacaste	Álvaro Angulo Marchena	Research & Development on biofertilizers for sugarcane production. USINA ITUMBIARA. Goias, Brasil.
		Determinación de las pérdidas de caña y azúcar por hectárea, provocado por la rata cañera ( <i>Sgmoson hirsutus</i> ), en plantaciones de caña de azúcar, Ingenio Taboga.
		Uso de microorganismos en la nutrición de la caña de azúcar, en un suelo Inceptisol y Vertisol, Guanacaste, Costa Rica.
		Uso del Biochar y Blue N en la nutrición de la caña de azúcar, región Guanacaste, Costa Rica. Congreso CONAFA.
		Desarrollo de variedades de caña de azúcar en diversos agroecosistemas del Pacífico Seco, Costa Rica. Congreso ATALAC.
		Determinación de las pérdidas de caña y azúcar por hectárea, provocado por la rata cañera ( <i>Sgmoson hirsutus</i> ), en plantaciones de caña de azúcar, Ingenio Taboga. Congreso ATALAC.
		Uso de microorganismos en la nutrición de la caña de azúcar, en un suelo Inceptisol y Vertisol, Guanacaste, Costa Rica. Congreso ATALAC.
		Uso del Biochar y Blue N en la nutrición de la caña de azúcar, región Guanacaste, Costa Rica. Congreso ATALAC.
Región Sur	Julio Barrantes Mora	Desarrollo de variedades de caña de azúcar serie LAICA, en suelo Vertisol, región Guanacaste, Costa Rica. Poscongreso ATALAC.
		Análisis y comentarios sobre la situación de los rendimientos agroindustriales de las plantaciones comerciales de caña de azúcar, región Pacífico Seco (Guanacaste-Puntarenas). Boletín Agroclimático.
		Modelos de regresión segmentada para estimar el tamaño óptimo de la parcela experimental en caña de azúcar. Congreso ATALAC.
Región Turrialba	Gerardo Fonseca Brenes	Efectos agroindustriales de 4 sistemas de siembra en 3 variedades comerciales de caña de azúcar en la Región Sur. Congreso ATALAC.
		Factores elementales para la reactivación cañera en la Región Sur de Costa Rica ante la emergencia fitosanitaria por la presencia de la Roya Naranja ( <i>Puccinia kuehnii</i> (W.Kruger). Período 2009-2013. Congreso ATALAC.
Región Turrialba	Gerardo Fonseca Brenes	Sistema de cultivo de caña de azúcar en ciclo bianual y condiciones de ladera en la región de Turrialba y Jiménez. Congreso ATALAC.

TEMÁTICA	RESPONSABLE	PUBLICACIÓN
Región Valle Central	Randall Ocampo Chinchilla	Experiencias con madurantes y perspectivas del uso potencial de drones para aplicaciones aéreas en la Región del Valle Central de Costa Rica. Boletín Agroclimático.
Programa Fitosanidad y Laboratorio Control Biológico	Kevin Núñez Chacón	TESIS: Efecto sobre el desarrollo de la caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) de dosis crecientes de biocarbón de residuos de cosecha de caña en tres Órdenes de suelo bajo condiciones de invernadero. Congreso ATALAC.
		Impacto del programa de control biológico de plagas mediante el uso de los hongos entomopatógenos <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> en caña de azúcar en Costa Rica, período 1989 a 2022. Congreso ATALAC.
		Impacto del control biológico del barrenador común ( <i>Diatraea spp.</i> ) de la caña de azúcar en Costa Rica mediante la liberación del parasitoide <i>Cotesia flavipes</i> , período 1984-2022. Congreso ATALAC.
	Rafael Conejo Ugalde	Situación actual de la hormiga loca ( <i>Nylanderia fulva</i> ) en el sector cañero de Costa Rica. Boletín Agroclimático.
		Situación actual de la hormiga loca ( <i>Nylanderia fulva</i> ) en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica. Congreso ATALAC.
Erick Chavarría Soto	Manejo Integrado de Plagas. Poscongreso ATALAC.	
Programa Productividad Agrícola	Javier Bolaños Porras	Efecto de la Susceptibilidad de Herbicidas Selectivos a la Caña de Azúcar en la Transición al Fenómeno del Niño. Boletín Agroclimático.
		Situación actual de control de malezas en la agroindustria azucarera en Costa Rica. Congreso ATALAC.
		Evaluación de bacterias promotoras de crecimiento a nivel de invernadero. Congreso ATALAC.
Programa Variedades	Pablo Carvajal Quesada	Principales resultados obtenidos del programa de variedades de caña de azúcar en Costa Rica. Congreso CONAFA.
		Emasculación de las inflorescencias de la Caña de Azúcar en Costa Rica. Boletín Agroclimático.
		Principales resultados obtenidos del programa de variedades de caña de azúcar en Costa Rica. Congreso ATALAC.
		Ficha Técnica de Variedades Región Sur. Información Regional.
	Ricardo Vega Alfaro	Mejores progenitores en la etapa de selección de viveros primarios de caña de azúcar en las regiones cañeras de Costa Rica. Congreso ATALAC.
Eduardo Vargas Miranda	Importancia de la determinación de la curva de madurez de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica. Boletín Agroclimático.	
		Trazando un nuevo enfoque en el programa de variedades: Proceso colaborativo para el desarrollo de alternativas varietales. Congreso ATALAC.
Laboratorio Biología Molecular	Karen Oviedo Bolaños	Caracterización de la diversidad genética de variedades comerciales de caña de azúcar ( <i>Saccharum spp.</i> ) mediante marcadores microsatélites. Congreso ATALAC.
Laboratorio Microbiología Cañera	Hellen Moya Granados	Laboratorio de Microbiología Cañera: un nuevo aporte al desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Congreso ATALAC.

