



LAICA

Informe Anual de Labores

2024

LAICA - DIECA

AUTORES

GERENTE DIECA Alejandro Rodríguez Morales, M.Sc.	REGIONES CAÑERAS Álvaro Angulo Marchena, M.Sc. Matías Bonilla Gutiérrez, Ing.Agr. Carlos Morales Araya, Ing.Agr. Julio Barrantes Mora, Ing.Agr. Gerardo Fonseca Brenes, M.G.A. Randall Ocampo Chinchilla, Ing.Agr.
PROGRAMA VARIEDADES Pablo Carvajal Quesada, Ing.Agr. Jose Eduardo Vargas Miranda, Ing.Agr. Ricardo Vega Alfaro, Ing.Agr.	PROGRAMA FITOSANIDAD Kevin Núñez Chacón, Ing.Agr. Rafael Conejo Ugalde, Ing.Agr. Rodrigo Oviedo Alfaro, Tec.Agr. Erick Chavarría Soto, Ing.Agr.
PROGRAMA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA Javier Bolaños Porras, Ing.Agr. Luis Rojas Molina, Ing.Agr.	UNIDAD BIOTECNOLÓGICA Mariel Villalobos Álvarez, Lic.Sc. Hellen Moya Granados, Bach.Sc. Ana María Conejo Barboza, M.Sc.



PARTE I

REGIONES CAÑERAS

RESUMEN

La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), a través del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), mantiene una organización regional que permite desarrollar sus funciones de manera cercana y permanente en las principales zonas productoras de caña de azúcar de Costa Rica. Esta distribución territorial favorece una atención más directa a productores, ingenios y demás actores del sector, al tiempo que facilita el seguimiento de las condiciones productivas, agronómicas y fitosanitarias particulares de cada zona.

Las distintas regiones cañeras del país se caracterizan por presentar condiciones diversas en cuanto a clima, tipos de suelo, topografía y sistemas de manejo del cultivo. Estas diferencias generan requerimientos técnicos y desafíos específicos que deben ser abordados de acuerdo con las características propias de cada territorio. Por esta razón, el trabajo regional de DIECA se enfoca en brindar asistencia técnica especializada, detectar de forma oportuna los principales factores que pueden limitar la producción y promover alternativas de manejo adaptadas a las condiciones locales.

Durante el año 2024, el equipo técnico regional desarrolló numerosas actividades orientadas al fortalecimiento de la producción cañera, entre ellas el establecimiento, seguimiento y evaluación de investigaciones, la valoración de variedades, la vigilancia fitosanitaria, el diagnóstico de problemas agronómicos, la validación de tecnologías y prácticas de manejo, así como la atención de consultas técnicas. De igual manera, se mantuvo una estrecha coordinación con ingenios, organizaciones de productores, instituciones públicas y otras entidades relacionadas con la agroindustria azucarera nacional.

Las acciones realizadas en cada región se ejecutaron de acuerdo con una planificación técnica vinculada con los objetivos y prioridades de LAICA-DIECA, procurando que los conocimientos y resultados obtenidos mediante la investigación puedan ser trasladados de forma efectiva a las condiciones de campo. De esta manera, se busca que la información técnica y las tecnologías disponibles se conviertan en herramientas útiles para mejorar la productividad, la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de producción de caña de azúcar.

Asimismo, la presencia continua del personal técnico en las diferentes regiones permite mantener un conocimiento actualizado de las necesidades y situaciones que enfrenta el sector cañero. Esta interacción permanente con productores e ingenios contribuye a identificar nuevas áreas de trabajo, orientar futuras investigaciones y desarrollar alternativas tecnológicas que respondan tanto a las condiciones actuales como a los retos que pueda enfrentar la actividad cañera en los próximos años.

Región Cañera: Guanacaste Este (Cañas)
Aplicación de Biochar y Blue N, en la Optimización Productiva de la Caña de Azúcar, en suelo Inceptisol, Cañas Guanacaste, 2024.

La agricultura de la caña de azúcar es una actividad socioeconómica de suma importante en Costa Rica, ya que genera una gran cantidad de empleos directos e indirectos. El uso de enmiendas orgánicas ha tomado mucha relevancia en los últimos años, el efecto de la crisis de los fertilizantes y la necesidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), ha impulsado la evaluación de diferentes enmiendas nutricionales en el cultivo de caña de azúcar. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el comportamiento nutricional y agroindustrial de dos insumos orgánicos, el Biocarbon (**Biochar**), y la bacteria *Methylobacterium Simbioticum* (**Blue N**), en interacción con 12 variedades de caña de azúcar. Se estableció el experimento en un suelo Inceptisol franco arenoso, ubicado en la finca UTN, Cañas Guanacaste, entre el periodo de 2021 a 2024. Las parcelas consistieron de 5 surcos de 10 metros lineales, separados a 1,7 m entre surcos para un área de (85 m²), se evaluaron dos modalidades (con aplicación y sin aplicación de insumos orgánicos), la aplicación del **Biochar** se realizó al suelo sobre el surco caña, y la bacteria **Bue N** al follaje (75 días después de la siembra). El manejo del cultivo en las parcelas (fertilización, control fitosanitario y riego), fue acorde al manejo de finca en los lotes comerciales adyacente a la prueba. La evaluación de productividad se realizó en caña planta a los (11 meses edad) y en caña soca a los (12 meses edad). En resumen de resultados obtenidos corresponden al promedio de tres cosechas, el análisis productivo muestra que hubo variabilidad entre los insumos orgánicos, y las variedades de caña de azúcar, la adición foliar de *M Simbioticum* produjo una productividad importante en la mayoría de variedades de caña de azúcar, el análisis consolidado, cuadro 1, muestra que hubo un incremento del 25,41%, que significó 3,05 t azúcar/ha de más, respecto al testigo sin aplicación, similarmente el tratamiento del Biochar indujo incrementos de productividad satisfactoria de 15,25%, que significó 1,83 t azúcar/ha de más respecto al testigo. En conclusión, 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 *M. Simbioticum*, la cual promovió un incremento importante de biomasa (t caña/ha), respecto al testigo, también el rendimiento industrial (kg azúcar/t) se vio favorecido con el efecto de este bioestimulante.

Consolidado de productividad en caña de azúcar según insumos orgánicos aplicados, promedio tres cosechas, suelo Inceptisol finca UTN, Cañas Guanacaste.

Variable productividad	Testigo	Biochar	Blue N
Kg azúcar/ton	114,21	114,05	119,43
Ton caña/ha	104,86	121,81	126,08
Ton azúcar/ha	12,0	13,83	15,05
Ton azúcar/ha (ajuste -20%)	9,6	11,0	12,0

Aplicación de Biochar y Blue N, en la Optimización Productiva de la Caña de Azúcar, en suelo Vertisol, Bagaces Guanacaste, 2024.

En la misma línea de investigación de insumos orgánicos, se realizó otra evaluación con 15 variedades de caña de azúcar en un suelo Vertisol, de textura arcillosa y proveniente de la rotación con arroz, ubicado en el sector de la Soga, Bagaces Guanacaste, se aplicaron los tratamientos, la bacteria *Methylobacterium Simbioticum* (**Blue N**), y el Biocarbon (**Biochar**), las variedades utilizadas fueron

materiales genéticos procedencia nacional y extranjeras. El análisis promedio de tres cosechas, muestra y ratifica el excelente comportamiento de las variedades de caña de azúcar a la adición foliar de la bacteria *M. Simbioticum*, donde hubo 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. El análisis consolidado de tres cosechas muestra incrementos satisfactorios en la productividad azucarera de la caña de azúcar, inducidos por la interacción entre variedades e insumos orgánicos, cuadro 1, se comprobó a través de las tres evaluaciones que la aplicación de la bacteria *M. Simbioticum*, indujo incrementos importantes en la productividad azucarera de la caña de azúcar, con valores de 1,09 t azúcar/ha de más, respecto al testigo. El uso de biochar en este tipo de suelo durante las tres cosechas, no mostro valores satisfactorias de productividad, quizás, por la forma y momento de aplicación, no estimulo efectos positivos en el sistema suelo – planta de este agro ecosistema cañero.

Consolidado de productividad en caña de azúcar según insumos orgánicos aplicados, promedio tres cosechas, suelo Vertisol finca Soga, Bagaces Guanacaste.

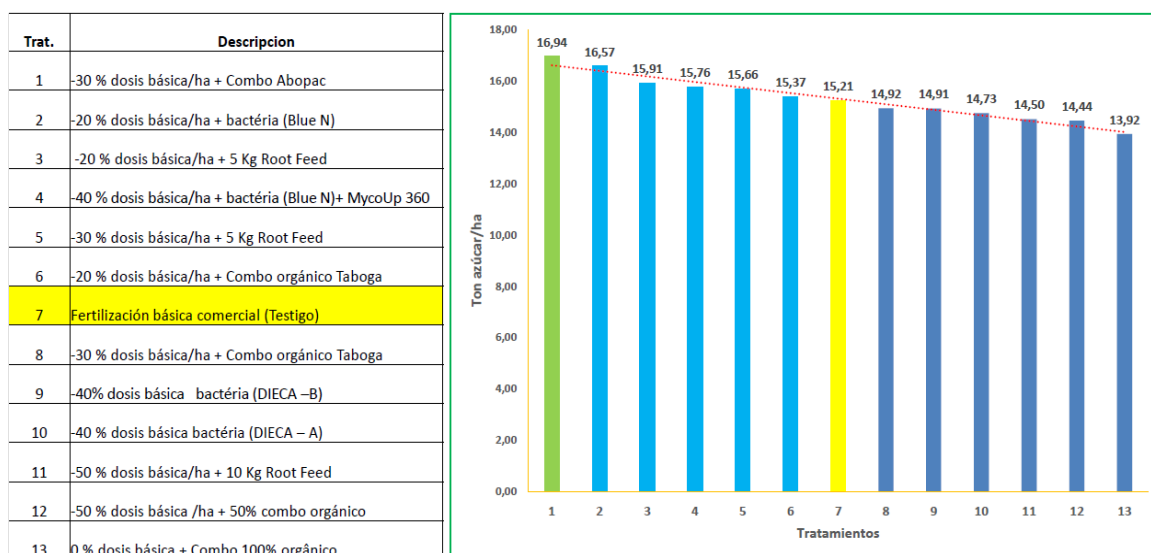
Variable productividad	Testigo	Biochar	Blue N
Kg azúcar/ton	125,37	122,75	124,95
Ton caña/ha	109,32	112,46	120,36
Ton azúcar/ha	13,69	13,87	15,03
Ton azúcar/ha (ajuste -20%)	10,95	11,09	12,04

En conclusión, para este suelo, el rendimiento industrial (kg azúcar/t) no fue afectado 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 *M. Simbioticum*.

Respuesta agroindustrial de la caña de azúcar a la fertilización química reducida, y el uso complementario de insumos diversos, promedio dos cosechas, finca UTN, Cañas Guanacaste, 2024.

La crisis de los contenedores, y la escasez de materias primas de fertilizantes durante el periodo 21/22, provoco un incremento excesivo en el precio final de los fertilizantes químicos, lo que provocó una reducción drástica del uso de estas enmiendas por parte de los productores de caña de azúcar del país. Como alternativa emergente para complementar y mejorar las necesidades de fertilización del cultivo, el sector agrícola cañero incursiono en la evaluación de diversos insumos nutricionales, a través de diferentes pruebas regionales. El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la respuesta nutricional de diversos insumos orgánicos, en interacción con la reducción porcentual de la fertilización química convencional, sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Se estableció el experimento en un suelo Inceptisol franco arenoso, ubicado en la finca UTN, Cañas Guanacaste, en el periodo de 2022. La aplicación de los tratamientos se realizó en dos épocas (45 y 75 DDS - DDC), al suelo sobre el surco caña. El manejo del cultivo en las parcelas (control fitosanitario, malezas y riego), fue acorde al manejo de finca en los lotes comerciales adyacente a la prueba. La evaluación de productividad se realizó en caña planta a los (11 meses edad) y en caña soca a los (12

meses edad). Los resultados obtenidos y expuestos corresponden al promedio dos cosechas (zafras 22/23 y 23/24), el análisis productividad azucarera es el siguiente. La evaluación promedio de cosechas muestra que, los tratamientos 1,2 y 3 promovieron la mejor productividad azucarera en la variable (t azúcar/ha), mientras el tratamiento (testigo#7) (100% aplicación fertilización química), mostro 11,4 % menos azúcar por hectárea respecto a los tratamientos antes mencionados, figura 1. Con excepción del tratamiento (#4), todos los tratamientos donde se redujo > 40% fertilización química, hubo una caída importante en la productividad azucarera, finalmente el tratamiento 100% orgánico (#13) mostro la menor productividad de azúcar por hectárea.



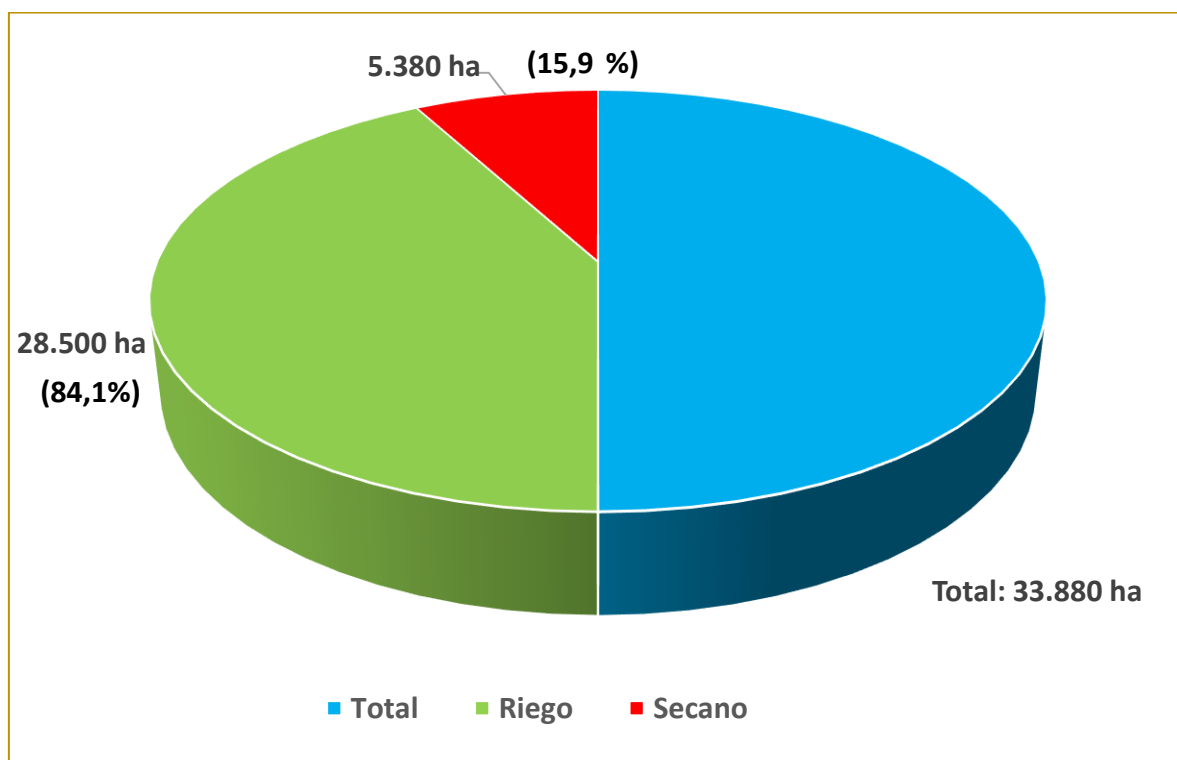
Ton azúcar por hectárea, según tratamientos evaluados, promedio dos cosechas, finca UTN, Cañas Guanacaste, 2024.

CARACTERIZACIÓN DEL RIEGO EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, REGION GUANACASTE, COSTA RICA

En Costa Rica el riego se conoce desde la época de la colonia, donde se menciona que en el año de 1562, los conquistadores Gil Gonzáles y Juan de Caballón hacen referencia del riego en la zona de Abangares en Guanacaste, cultura que fue adquirida por los Mayas y “Teotihuacanos” para la siembra de cultivos de (maíz, cacao, y otros cereales). Los proyectos de riego del DRAT (Distrito Riego Arenal Tempisque) se inician en el año 1984, con la operación de la primera etapa de riego (canal “sur”) y la incorporación 6.000 ha con riego en el cantón de Cañas, principalmente para la atención de actividades agropecuarias (arroz, caña de azúcar, pastos, ganadería y piscícolas).

El agua con fines de riego es la principal limitante en el éxito de proyectos cañeros, la constante irregularidad en el patrón de lluvias, la baja cantidad y mala distribución durante los años “NIÑO”, ha provocado que los reservorios y acuíferos naturales en Guanacaste, sufran consecuencias serias por la falta de este recurso, y con ello un fuerte déficit hídrico en la mayoría de suelos de esta región. Se realizó un diagnostico descriptivo de diversas fincas cañeras de la región de Guanacaste, durante el periodo 2023, se evaluó aproximadamente el 99 % de las fincas cañeras de esta región, lo cual comprendió a 315 fincas de productores particulares y tres ingenios azucareros. La información se ordenó por disponibilidad de riego y cantones donde se siembra caña de azúcar en esta región, además se determinó los métodos y técnicas de riego utilizado por los usuarios. Se logró identificar que del total del área sembrada por caña de azúcar en Guanacaste (33.880 ha), el 84,1 % de la misma posee opciones de riego complementario durante el año, y un 15,9 % está bajo condiciones de secano, figura

1. La matriz hidrológica del agua para riego es diversa, la principal oferta de agua lo representa el Proyecto Riego Arenal Tempisque (Senara), con un aporte de 66% del agua para riego en caña, seguido del agua que proviene de ríos (25%), y un 8% proviene del agua de pozos profundos. Actualmente el sistema de riego más usado en las fincas cañeras, es el método por gravedad con una participación del 82,5%, seguido del método por aspersión y goteo con 9,2 % y 8,3%, respectivamente. En la caracterización del riego existen diferentes técnicas de manejo, en el método por gravedad, la técnica del Polypipe es la más usada en las fincas cañeras con 80 % de participación, seguido por la tubería de ventana rígida 12 %, el uso del sifón 6,5 % y la menos usada es la técnica del “boquete” con 1,5 % de preferencia. En conclusión, los cultivadores de caña de azúcar han migrado de técnicas menos eficientes, a técnicas más eficientes y de menor costo, como es el uso de tubería flexible Poliuretano (Polypipe).



Distribución del área de caña de azúcar según condición de riego y sin riego (secano), región Guanacaste, noviembre 2023.

Región Cañera: Guanacaste Oeste (Filadelfia)

Características Principales de la Región.

Clima; presenta dos estaciones bien definidas; “seca y lluviosa”. Con altas temperaturas y radiación solar.

Precipitación promedio: 1659 mm; en el 2022 una precipitación acumulada de 2748 mm.

Topografía-msnm; Esta región representada por los cantones de Liberia, Filadelfia, Santa Cruz y Nicoya cuyo piso altitudinal varía entre 13 y 145 msnm (Chaves 2019).

Actualmente tenemos área sembrada en caña de azúcar de 19,193 ha; un 25% corresponde a productores y el 75% a ingenios.

Los ingenios que Operan en la Región son; Central Azucarera el Tempisque S.A y Azucarera el Viejo S.A.

Componente Varietal de la Región.

Las variedades más representativas a nivel regional son; CP 72 - 2086 con un 28,75%, SP 81 - 3250 con un 21,25%, Laica 00 - 301 con un 12,43%, Mex 79 - 431 con un 10,8% y Otras con un 26,77%

Entrega de plántulas a Ingenios.

En conjunto con el programa nacional de Productividad sea incorporado a la región la suma de 90,000 plántulas de distintas VARIEDADES, Produciendo semilla de calidad para 46 ha. La importancia de esto es mantener los semilleros básicos de muy buena calidad y garantizar la pureza y el material genético de las variedades.



Entrega de Material.

Otros de los aportes establecidos con este programa, es la coordinación de envío de material de ápice para el laboratorio de cultivo invitro. Esta práctica es fundamental con fin de purificar variedades comerciales.



Selección y corte idóneo de ápice.

Estos dos métodos de propagación de material con un único fin de mejorar vigor, ambas son muy importante para el establecimiento de semilleros básicos con el propósito que nuestros productores puedan tener semilla calidad.

Uso de biocontroladores.

En conjunto con el programa nacional de Fitosanidad sea entregado en el año 2024, una cantidad de hongo biocontrolador. Las principales plagas a controlar en la región serian; *prosapia sp* y *Leptodictya tabida*; A través de las charlas que se realizan a nivel de productores hemos promovido una mayor aceptación de los biocontroladores con ellos con el fin que puedan atender de forma preventiva el ataque de estas plagas. Según los estudios realizados pueden disminuir hasta un 10% el rendimiento agroindustrial.

Coordinación de ensayo de variedades a ingenios de la región.

En coordinación con programa nacional de variedades y en conjunto con los ingenios de la región se ha logrado el establecimiento de 10 ensayos de variedades.

Dentro de los ensayos establecidos en el 2023, tenemos, viveros primarios, fases tres, establecimiento de variedades de cuarentena. En los diferentes ingenios;

Para el Ingenio CATSA, se tiene los siguientes ensayos establecidos;

Total de ensayos establecidos, CATSA, 2024

Fecha de inicio	Tipo de ensayo	Lote o finca	Cantidad de variedades
24/01/2019	Fase V	Yeguas	10
21/02/2024	Fase IV	CATSA Cerritos	50
12/07/2023	Fase IV	CATSA Finca T	24
29/09/2023	Fase III	EL MORAL	62
01/08/2023	Fase III	CATSA Dos Quebradas	21
TOTAL			167
28/02/2024	Vivero Primario	CATSA Yeguas	3584

Para el Ingenio el Viejo, se tiene los siguientes ensayos establecidos;

Total de ensayos establecidos, El Viejo, 2024

Fecha de inicio	Tipo de ensayo	Lote o finca	Cantidad de variedades
2.022	Reproducción	Entrada El Viejo	16
02/08/2022	Fase III Extranjeras	El Viejo	22
02/05/2023	Fase III Extranjeras	El Viejo	33
30/06/2023	Fase III Nacional	El Viejo Zampoña	63
01/02/2024	Fase III Nacional	El Viejo Zona Franca	63
27/06/2024	Fase III Extranjeras	El Viejo Zona Franca	48
TOTAL			245
29/06/2023	Vivero Primario	El Viejo Zampoña	6409
06/08/2024	Vivero Primario	El Viejo Abejónal	6254

Los ensayos de variedades en nuestra región son de suma importancia ante la alta demanda por parte de los técnicos de ingenios y productores ya que ellos nos solicitan materiales más competitivos ante esto tiempos difíciles, donde las condiciones agroclimáticas no son tan estables. Las variedades comerciales que han sobresalido en los últimos años no están respondiendo. Es por ello que el proceso de selección se debe realizar año con año y es un proceso continuo, A partir del 2022 se empezó de nuevo con la inclusión de viveros primarios.

Visitas a campo de productores

Parte de la labor, es obligatorio realizar visita a la finca de productores, para incrementar productividad es necesario que las labores

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

agropecuarias se realicen de manera oportuna. El cultivo de la caña de azúcar en nuestra región a ser un cultivo de ciclo anual, las labores agrícolas tienen su momento, no realizarlas en su tiempo, esto repercute directamente en la productividad, es por ello que es necesario mediante el uso de las capacitaciones y las visitas en sitio de cada finca de productor para poderles a aclarar cualquier duda. Se realizan consultas personales y vía telefónica.

Apoyo a la Cámara de Productores de Guanacaste

En el año 2024 se les acompaño a la cámara con dos proyectos;

Adjudicación del Drone de fumigación por parte del Inder;

En donde se le brindo acompañamiento a las capacitaciones establecidas en el convenio, Inder-Cámara.

Otro, del acompañamiento que se le brido a la Cámara, fue la atención de 21 solicitudes del crédito BCR-Cámara, en donde se atendieron cada uno de los casos y al final se concretaron un total de 9 créditos para productores de la Región.

Cuadro de Resumen de Áreas de afectación de inundaciones noviembre 2024.

De acuerdo a los ciclones tropicales que se presentaron en el mes de noviembre en la región se generó una serie de inundaciones en donde este cuadro no es expone la cantidad de área inundada y afectada para la región.

Canton	Distrito	N° fincas	finca/caña azúcar	afectada/inundación (ha)	destruida/inundación	perdidas TMC
Liberia	Liberia	1	100	15	0	200
	Nacascolo	4	152,1	60	0	380,2
Subtotal		5	252,1	75	0	580,2
Carrillo	Belen	65	280,4	220,4	27	513,3
	Filadelfia	275	1239,4	992,2	16,5	2154
	Palmira	5	90,4	56,6	0	138,5
	Sardinal	9	1339,6	161	0	2064,6
Subtotal		354	2949,8	1430,2	43,5	4870,4
Santa Cruz	Santa Cruz	9	67	67	7	113,8
	Bolson	19	297	284	7	504,9
Subtotal		28	364	351	14	618,7
Total G		387	3565,9	1856,2	57,5	6069,3

Resumen de Áreas afectadas por inundación.

Región Cañera: Zona Norte

La producción de caña de azúcar en la Región Norte de Costa Rica se desarrolla en la provincia de Alajuela, específicamente en los cantones de San Carlos y Los Chiles. Actualmente, operan dos ingenios azucareros en la región: Ingenio Quebrada Azul (Florenxia, San Carlos) y el Ingenio Cutris (Boca Arenal, Cutris).

Se estima que en la Región Norte se cultivan más de 8 000 hectáreas de caña de azúcar, lo que representa aproximadamente el 15 % de la producción nacional. En esta actividad participan activamente más de 1 000 productores.

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área entre los 60 y 680 m s.n.m. de San Carlos se identifica como Bosque Muy Húmedo Tropical, mientras que la zona baja de Los Chiles (30 a 70 m s.n.m.) corresponde a Bosque Tropical Húmedo.

El ciclo vegetativo de la caña de azúcar oscila entre 11 y 13 meses, tanto para la caña planta como para las socas. La cosecha se realiza entre enero y finales de mayo.

El clima de la región se caracteriza por una precipitación anual promedio de 2 800 mm, concentrada entre mayo y diciembre, siendo junio, julio y octubre los meses más lluviosos. La temperatura promedio es de 27,0 °C, con máximas de 32,4 °C y mínimas de 21,5 °C. La humedad relativa fluctúa entre el 75 y 85 %, y la velocidad media anual del viento varía entre 0,5 y 3,8 km/h.

La topografía va de plana a ondulada, lo cual favorece la mecanización parcial o total del cultivo. En cuanto a los suelos, predominan los órdenes Ultisol (47,33 %) e Inceptisol (44,57 %), seguidos por Entisol (5,52 %), Andisol (2,30 %) e Histosol (0,28 %).

Las principales variedades comerciales cultivadas son: LAICA 01-604, LAICA 08-390, LAICA 10-207, LAICA 12-340, B 77-95 y PR 80-2038. Estas variedades, especialmente las de la serie LAICA, han mostrado altos niveles de productividad, con rendimientos promedio superiores a las 10 t azúcar/ha.

Investigación con Programa de Variedades

La selección de nuevas variedades se realiza en sitios ubicados en los cantones de San Carlos (Florenxia, Muelle y Coopevega) y Los Chiles, considerando la diversidad edafoclimática de estas zonas.

Durante el 2024, se evaluaron dos viveros primarios (Fase II), ubicados en la Finca María Julia (Ingenio Quebrada Azul) y en la Finca Santa Teresa (Ingenio Cutris), seleccionándose 66 nuevas variedades (sigla LAICA, serie 24) de un total de 6 310 plantas.

En la Fase III de selección se le dio seguimiento y evaluación de un total de 468 variedades, de las cuales, 158 se ubican en el Ingenio Quebrada Azul en Florenxia de San Carlos y 310 en el Ingenio Cutris, específicamente en Los Chiles.

En la Fase IV de selección, se tiene en evaluación y seguimiento un total de 48 variedades en el Ingenio Quebrada Azul en Florenxia de San Carlos y 62 variedades en el Ingenio Cutris en Los Chiles, de manera que en la región se tiene un total de 110 variedades en evaluación.

En lo que respecta a Fase V de selección, se le dio seguimiento al ensayo en franjas que contiene 9 variedades en la Finca Palmito del Ingenio Quebrada Azul en Florencia, San Carlos. Durante el año se establecieron 3 ensayos más de este tipo en la Región, uno en la Finca Muelle con 13 variedades y otro en la Finca Coopevega con 11 variedades, ambas del Ingenio Quebrada Azul. El tercer ensayo se estableció en Los Chiles en el Ingenio Cutris, con un total de 18 variedades.



Ensayo de Fase V en franjas en el Ingenio Quebrada Azul (Muelle, San Carlos).

Además de las Fases que comprenden el proceso de selección de variedades, se ha dado seguimiento y evaluación a 33 variedades provenientes de otras regiones del país para ver su comportamiento a nivel agronómico en la Región Norte. Es importante destacar que producto del Proyecto Mutagénesis de LAICA-TEC se tiene en evaluación y seguimiento de 48 variedades. También se ha brindado seguimiento a los bancos de progenitores que se tienen en la región, ubicados en Muelle de San Carlos donde hay 104 variedades y 92 variedades en Arcoíris, Los Chiles. Finalmente, se comparte la lista de ensayos establecidos durante el 2023, los cuales, se suman a los ya existen, que son:

- Fase II (vivero primario) en el Ingenio Quebrada Azul: Se sembraron 2 600 variedades en Finca JH-1, San Carlos.
- Fase II (vivero primario) en el Ingenio Cutris: Se establecieron un total de 2 606 variedades en la Finca Santa Teresa, Los Chiles.
- Fase III serie 24 en el Ingenio Quebrada Azul: 19 nuevas variedades en Finca JH-1, Florencia.
- Fase III serie 24 en el Ingenio Cutris: 53 nuevas variedades en Finca Santa Teresa, Los Chiles.
- Fase III de variedades extranjeras en el Ingenio Cutris: Se establece un total de 49 nuevas variedades extranjeras en la Finca Santa Teresa, Los Chiles.
- Fase IV serie 21 y 22 en el Ingenio Quebrada Azul: En la Finca JH-1 se establece con 35 variedades.
- Fase IV con variedades provenientes de Guanacaste en el Ingenio Quebrada Azul: En la Finca Muelle se establece con 13 variedades.
- Fase IV serie 21 y 22 en el Ingenio Cutris: En la Finca Santa Teresa se establece con 44 variedades.
- Fase V en el Ingenio Quebrada Azul: En la Finca Muelle se establece con 13 variedades un ensayo en franjas.
- Fase V en el Ingenio Quebrada Azul: En la Finca Coopevega se establece con 11 variedades un ensayo en franjas.
- Fase V en el Ingenio Cutris: En la Finca Santa Teresa se establece con 18 variedades un ensayo en franjas.

Investigación con Programa de Fitosanidad

Durante el 2024 en la Región se liberaron cerca de 16,6 millones avispas de *Cotesia flavipes* entre los ingenios y productores para el control de *Diatraea* spp. en aproximadamente 2 700 ha. De estas el 69 % fue aplicado en fincas de los ingenios y un 31 % en fincas de los productores.

También se hizo la entrega de los hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*) para el control de plagas en el cultivo. La cantidad de toneladas aplicadas de estos hongos entomopatógenos fue de 4,5 ton en el año, donde el 64 % fue para los ingenios y un 36 % para los productores, logrando aplicar cerca de 1 125 ha en la Región. Es importante destacar que el Salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) es una de las plagas de mayor relevancia en la Región y que más demanda de los hongos entomopatógenos.

Además, se facilitó el préstamo del spray cañón para que los productores pudiesen llevar a cabo sus aplicaciones de control con los hongos entomopatógenos.

Investigación con Programa de Productividad Agrícola

La investigación se centró en el uso óptimo de enmiendas, bioestimulantes, fertilizantes, abonos orgánicos y métodos de siembra transversal.

Se estableció un ensayo de curvas de absorción de nutrientes en el Ingenio Cutris con las principales variedades comerciales de la Región: LAICA 08-390, LAICA 10-207, LAICA 12-340 y B 77-95; para mejorar la precisión de los planes de fertilización. El objetivo es poder determinar las dosis y los momentos de fertilización más oportunos según la variedad. Dentro del apoyo que brindamos para que el Sector tenga semilla de alta calidad y pureza, el Programa de Productividad a la Región le apoyo con un total de 37 731 plántulas provenientes de yemas (tratamiento térmico) y 45 923 plántulas *in vitro*, con esto se logró poner a disposición semilla para la renovación de aproximadamente 235 ha en la Región.



Entregas de materiales provenientes de yemas *in vitro*, a productores e ingenios de la Región.

Extensión Agrícola

La extensión agrícola desempeña un papel fundamental en la región, dado el alto número de pequeños y medianos productores. Por ello, el acompañamiento por parte de DIECA resulta esencial para apoyar el incremento de su productividad. En este sentido, la implementación de actividades de capacitación y la transferencia tecnológica se convierten en herramientas clave para alcanzar dicho objetivo.

A lo largo del año se brindó acompañamiento técnico en la puesta en marcha de la operación del drone de fumigación entregado a la CPCSC por parte del gobierno, específicamente en el tema de los parámetros de vuelo, así como el mantenimiento preventivo respectivo que se le debe de brindar a este equipo.



Drone de fumigación de la CPCSC para uso en fincas de los productores.

En el año se llevó a cabo 1 curso, un total de 16 charlas impartidas, 384 consulta telefónicas y en oficina, 136 visitas a fincas, 10 giras técnicas, 1 seminario regional y 1 publicación. En el día de campo organizado junto con ATACORI e Ingenio Cutris, participaron más de 250 personas de todas las regiones cañeras del país, incluidos técnicos y productores.

NAMA Caña de Azúcar

Durante el año 2024, se logró llevar a cabo la prueba preliminar de campo de las fincas NAMA. Las parcelas se ubicaron específicamente en el Ingenio Cutris, Boca Arenal, San Carlos.

Se validaron tecnologías como enmiendas, bioestimulantes, fertilización optimizada y uso de madurantes.



Muestreo de propiedades físicas y químicas del suelo en las parcelas NAMA, Región Norte.

Región Cañera: Zona Sur

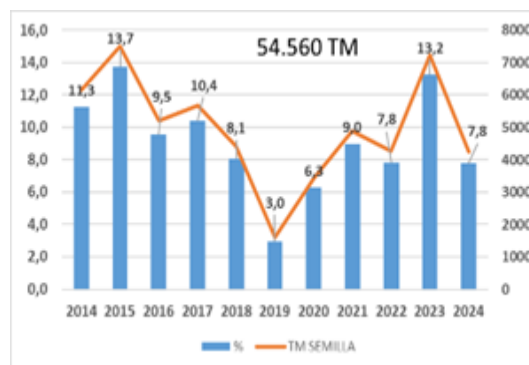
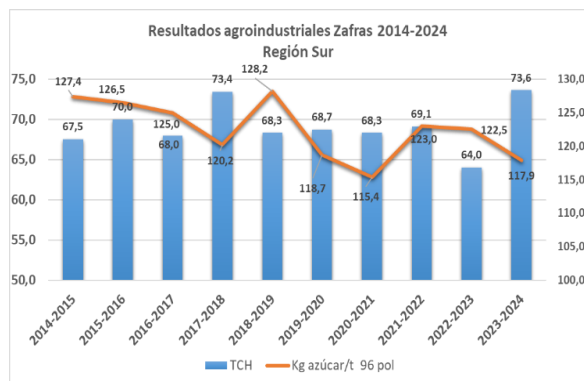
El área cañera de la Región Sur de Costa Rica está ubicada y concentrada en dos cantones: Pérez Zeledón y Buenos Aires, pertenecientes a las provincias de San José y Puntarenas, respectivamente con un área de 3825 has de siembra. El área sembrada se extiende desde la sección Noroeste en la comunidad de Pedregoso, distrito de San Isidro, hasta el Sureste en el distrito de Buenos Aires, cantón del mismo nombre. Las áreas sembradas con caña se ubican y están distribuidas en forma paralela a la carretera Interamericana en un distanciamiento de aproximadamente 75 km. En esta región la caña de azúcar se cultiva en un piso altitudinal que va desde los 350 y hasta los 750 msnm. El período de molienda en la región se extiende por cuatro meses de enero a abril lo que coincide con la época seca de la zona. La duración del ciclo vegetativo desde siembra o rebrote y hasta cosecha va de 10-11 meses en caña planta y de 12 meses en caña soca o de retoño. Las variedades principalmente sembradas son: RB 98-710; LAICA 05-805; LAICA 07-801; LAICA 04-44, LAICA 04-809 y con un incremento fuerte de las nuevas variedades: LAICA 08-390 y LAICA 10-207. En la Región predominan los suelos del orden Ultisol (95%).



Este informe corresponde a los principales resultados de investigaciones y transferencia de tecnología que se realizaron en la región durante 2024 y que se detallan a continuación:

Indicadores de productividad y semilla:

Para el año 2024 se tuvo un incremento de la productividad de campo (t caña/ha) en un 13%; pues se pasó de 64 t/ha en 2023 a 73,6 t/ha en 2024. No obstante, el rendimiento industrial decreció en -3,8% (4,6 kg/t) para el mismo período ya que pasó de 122,5 kg/t a 117,9 kg/t. En promedio se han utilizado 4960 toneladas métricas de semilla por año en los últimos 11 años (período 2014-2024) para un estimado de renovación anual de 413 has.

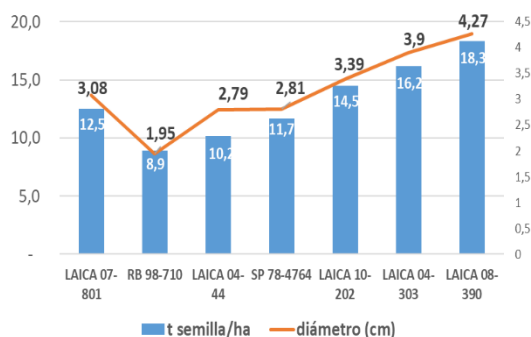


En el período de 2014 a 2024 se han colocado 54.560 toneladas de semilla comercial; habiendo un descenso en 2024 (-5,4%) respecto al año anterior. Las principales variedades demandadas este último año fueron: LAICA 07-801 (14,6%); LAICA 08-390 (11,5%); SP 78-4764 (8,4%), LAICA 04-44 (8,1%) y LAICA 10-207 (6,7%). Se está en proceso de reproducción de variedades promisorias que en mediano plazo puedan aportar excelencia agroindustrial importante para la región; como lo es la variedad LAICA 22-871.

Consumo de semilla por variedades

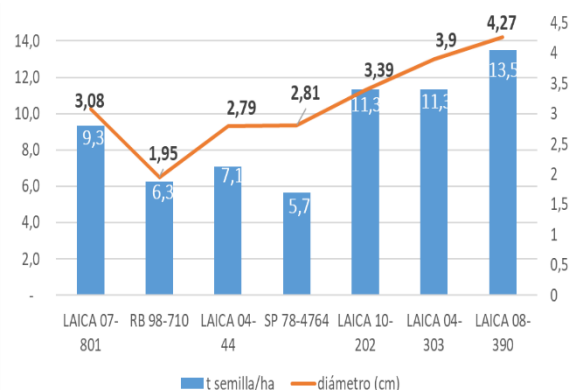
La cantidad de semilla (t/ha) que se emplee en la siembra de una plantación comercial de caña de azúcar, está directamente correlacionada a tres factores principales: 1) La variedad, cuyas características fenotípicas principalmente de grosor, influyen directamente; 2) la densidad o número de tallos por línea de surco que se utilice en la siembra (sistema de siembra) y 3) La separación de entresurco utilizado a la siembra. Por ello, la optimización técnica de éstos parámetros; a través de investigaciones relacionadas, implica un factor muy relevante en el proceso de establecimiento de las plantaciones. Esta investigación consistió en medir el gasto de semilla (t caña/ha) en función de las características de cada variedad y el sistema de siembra utilizado; para ello se evaluó el gasto de material vegetativo en tres sistemas de siembra 2 chorros, 3 chorros y Transversal (35 cm de separación) en siete variedades comerciales de la Región Sur de Costa Rica; sembradas todas a 1,50 metros de separación entre surcos.

Sistema a 3 chorros: Se observa un comportamiento proporcional directo entre el diámetro del tallo usado como semilla y el consumo por hectárea. Así se logró demostrar que el grosor de la semilla usada oscilaba entre 1,95 cm (RB 98-710) y 4,27 cm (LAICA 08-390) dándonos un consumo de 8,9 y 18,3 t de semilla/ha respectivamente para el sistema de siembra a 3 chorros.

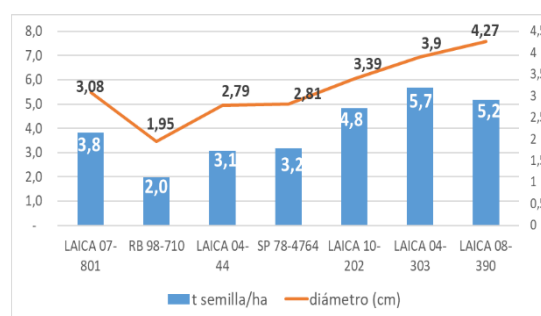


Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Sistema a 2 Chorros: Se da un comportamiento proporcional directo entre el diámetro del tallo usado como semilla y el consumo o gasto por hectárea. Así se logró demostrar que el grosor de la semilla usada oscilaba entre 1,95 cm (RB 98-710) y 4,27 cm (LAICA 08-390) dándonos un consumo de 5,7 y 13,5 t de semilla/ha respectivamente para el sistema de siembra a 2 chorros; considerando que éste sistema podría usarse como sistema de siembra cuando se tenga certeza de la calidad de la semilla (7-8 meses) con una alta viabilidad de germinación de las yemas sembradas y variedades de buen encepamiento.



Sistema Transversal (40 cm): Se observa un comportamiento proporcional directo entre el diámetro del tallo usado como semilla y el consumo o gasto por hectárea. Así se logró demostrar que el grosor de la semilla usada oscilaba entre 1,95 cm (RB 98-710) y 4,27 cm (LAICA 08-390) dándonos un consumo de 2,0 y 5,7 t de semilla/ha respectivamente para el sistema de siembra transversal.



Investigación con Programa de Productividad Agrícola

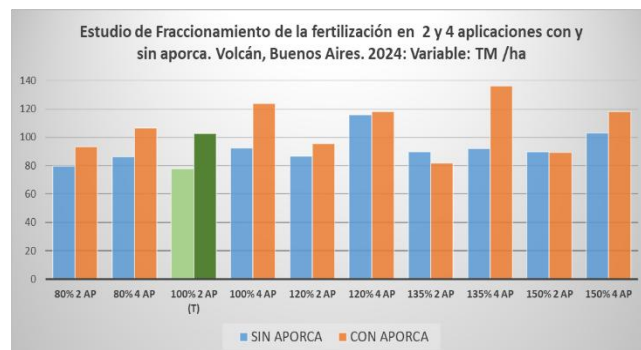
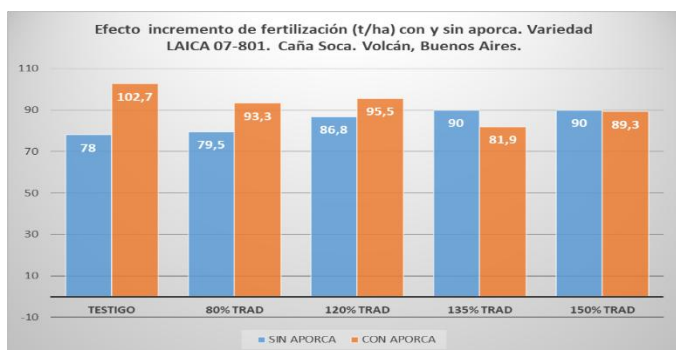
Prueba de fraccionamiento de la fertilización con y sin aporca:

Esta prueba se realizó en la Finca Neverman de CoopeAgri R.L. en Volcán de Buenos Aires; en la variedad LAICA 07-801. El área de la parcela fue de 75 m² y se hicieron fertilizaciones y aporcas en los tratamientos respectivos bajo una calendarización planificada con los encargados de finca en un período que iba de 3 de junio al 8 de setiembre de 2023. La cosecha se hizo a los 12 meses de edad; en el mes de marzo de 2024.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos; observándose que del manejo convencional de la fertilización al incorporar la práctica de aporca incrementa un 31,7% la producción y en general se logran incrementos importantes en la producción al combinar la práctica de aporca con fraccionamiento; siendo la más significativa el incremento de la fertilización en 35% con 4 labores de aporca cuyo tratamiento nos incrementó un 48,2% la producción de campo respecto al mismo tratamiento pero sin labores de aporca.

En general se muestra en las figuras siguientes un mayor incremento de la producción cuando el fraccionamiento va acompañado de la labor de aporca del surco.

Tratamiento	t caña/ha	% Variación respecto al testigo	Diferencia con y Sin aporca para cada Tratamiento
SIN APORCA Y % FERTILIZACIÓN			
80% Frac. 4 aplicaciones	86,1	-19,3	23,9
80% Convencional 2 Aplicaciones	79,5	-25,4	17,4
100% Frac. 4 aplicaciones	92,6	-13,1	33,9
100% Convencional 2 Aplicaciones (T)	78,0	-26,8	31,7
120% Frac. 4 aplicaciones	115,7	8,5	2,1
120% Convencional 2 Aplicaciones	86,8	-18,6	10,1
135% Frac. 4 aplicaciones	91,9	-13,8	48,2
135% Convencional 2 Aplicaciones	90,0	-15,6	-9,0
150% Frac. 4 aplicaciones	103,0	-3,4	14,7
150% Convencional 2 Aplicaciones	90,0	-15,6	-0,8
CON APORCA y % FERTILIZACIÓN			
80% Frac. 4 aplicaciones CA	106,6	3,8	
80% Convencional 2 Aplicaciones CA	93,3	-9,1	
100% Frac. 4 aplicaciones CA	124,0	20,7	
100% Convencional 2 Aplicaciones CA (T)	102,7	0,0	
120% Frac. 4 aplicaciones CA	118,1	14,9	
120% Convencional 2 Aplicaciones CA	95,5	-7,0	
135% Frac. 4 aplicaciones CA	136,1	32,5	
135% Convencional 2 Aplicaciones CA	81,9	-20,2	
150% Frac. 4 aplicaciones CA	118,1	15,0	
150% Convencional 2 Aplicaciones CA	89,3	-13,1	
CA: CON APORCA			



Ensayos sobre distancias de siembra

En la Región Sur se están evaluando dos ensayos estadísticos de sistemas de siembra en variedades comerciales.

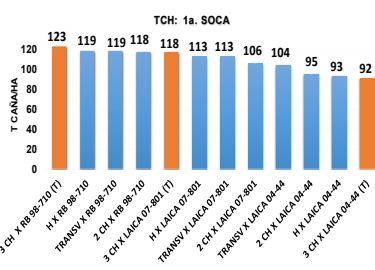
Ensayo 1: Sistemas de siembra en Finca Oasis:

En la evaluación de la segunda cosecha del

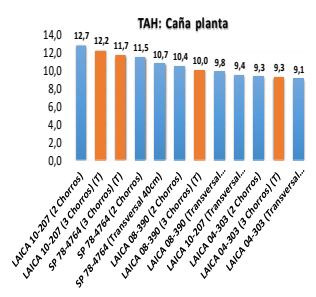
ensayo establecido en Finca Oasis en la Ceniza de Pérez Zeledón; donde se evalúan 4 sistemas

de siembra (H, transversal, 3 chorros y 2 chorros) en 3 variedades (LAICA 04-44; LAICA 07-801 y RB 98-710) se determinó que para la variable TAH; al comparar diferentes sistemas de siembra por variedades solo hay diferencias significativas entre las variedades LAICA 07-801 y RB 98-710 respecto a la variedad LAICA 04-44 ; no así entre ellas. Al evaluar esta variable de rendimiento de campo (TCH); se determinó que el mejor tratamiento en ésta segunda cosecha para la variedad RB 98-710 es el sistema tradicional a 3 chorros con un incremento del 3,35% (4TM/ha) respecto al segundo mejor sistema de siembra que fue la siembra transversal en el mismo material. Igualmente, para la variedad LAICA 07-801 el mejor sistema de siembra fue a tres chorros con un incremento de 4,24% (5 TM/ha) respecto al segundo mejor sistema para este material que fue la siembra transversal. Para la variedad LAICA 04-44 el sistema transversal fue el de mejor respuesta superando a la siembra en 2 chorros en 8,65% (9 TM/ha).

TRATAMIENTOS	TCH	
3 CH X RB 98-710 (T)	123	A
H X RB 98-710	119	A
TRANSV X RB 98-710	119	A
2 CH X RB 98-710	118	A
3 CH X LAICA 07-801 (T)	118	A
H X LAICA 07-801	113	A
TRANSV X LAICA 07-801	113	A
2 CH X LAICA 07-801	106	B
TRANSV X LAICA 04-44	104	B
2 CH X LAICA 04-44	95	C
H X LAICA 04-44	93	C
3 CH X LAICA 04-44 (T)	92	C



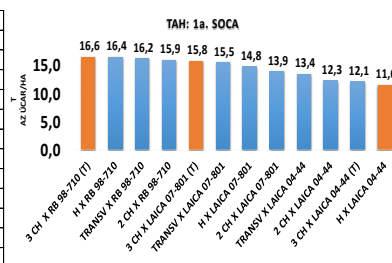
TRATAMIENTOS	TAH	
LAICA 10-207 (2 Chorros)	12,7	A
LAICA 10-207 (3 Chorros) (T)	12,2	A
SP 78-4764 (3 Chorros) (T)	11,7	A
SP 78-4764 (2 Chorros)	11,5	A
SP 78-4764 (Transversal 40cm)	10,7	B
LAICA 08-390 (2 Chorros)	10,4	B
LAICA 08-390 (3 Chorros) (T)	10,0	B
LAICA 08-390 (Transversal 40cm)	9,8	B
LAICA 10-207 (Transversal 40cm)	9,4	B
LAICA 04-303 (2 Chorros)	9,3	B
LAICA 04-303 (3 Chorros) (T)	9,3	B
LAICA 04-303 (Transversal 40cm)	9,1	B



Ensayo 2: Sistemas de siembra en Finca Montes: En la primera cosecha del ensayo de sistemas de siembra en Finca Montes en La

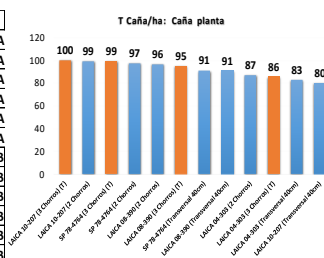
Fortuna de San Pedro se evalúan 3 sistemas de siembra (transversal, 2 chorros y 3 chorros) respecto a 4 variedades (LAICA 10-207; SP 78-4764; LAICA 08-390 y LAICA 04-303). Para la variable toneladas de azúcar por hectárea (TAH); en las variedades LAICA 10-207 y SP 78-4764 no hay diferencias entre 2 y 3 chorros, pero si entre éstas y la siembra transversal. En las variedades LAICA 08-390 y LAICA 04-303 no hay diferencias estadísticas entre los sistemas de siembra evaluados. Para la variable de toneladas de caña por hectárea (TCH) en las variedades LAICA 10-207; SP 78-4764 y LAICA 08-390 no hay diferencias entre 2 y 3 chorros, pero si entre éstas y la siembra transversal. Para la variedad LAICA 04-303 no hay diferencias estadísticas entre los sistemas de siembra evaluados en la variable mencionada. En general se muestra una mejor respuesta del sistema de siembra (2 chorros) para las diferentes variedades evaluadas por lo que se vislumbra en una primera evaluación de éste ensayo como una alternativa viable para las siembras de caña en la región; siempre utilizando semilla de óptima calidad.

TRATAMIENTOS	TAH	
3 CH X RB 98-710 (T)	16,6	A
H X RB 98-710	16,4	A
TRANSV X RB 98-710	16,2	A
2 CH X RB 98-710	15,9	A
3 CH X LAICA 07-801 (T)	15,8	A
TRANSV X LAICA 07-801	15,5	A
H X LAICA 07-801	14,8	A
2 CH X LAICA 07-801	13,9	A
TRANSV X LAICA 04-44	13,4	A
2 CH X LAICA 04-44	12,3	B
3 CH X LAICA 04-44 (T)	12,1	B
H X LAICA 04-44	11,6	B



Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05).

TRATAMIENTOS	T Caña/ha	
LAICA 10-207 (3 Chorros) (T)	100	A
LAICA 10-207 (2 Chorros)	99	A
SP 78-4764 (3 Chorros) (T)	99	A
SP 78-4764 (2 Chorros)	97	A
LAICA 08-390 (2 Chorros)	96	A
LAICA 08-390 (3 Chorros) (T)	95	A
SP 78-4764 (Transversal 40cm)	91	B
LAICA 08-390 (Transversal 40cm)	91	B
LAICA 04-303 (2 Chorros)	87	B
LAICA 04-303 (3 Chorros) (T)	86	B
LAICA 04-303 (Transversal 40cm)	83	B
LAICA 10-207 (Transversal 40cm)	80	B



Ensayo de Bioestimulantes:

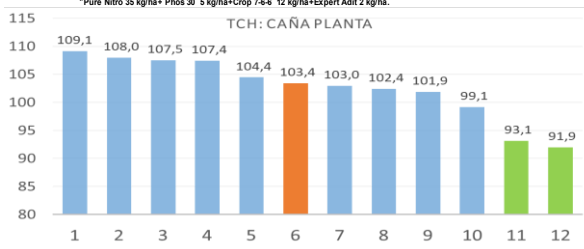
Evaluación de diferentes bioestimulantes en la producción de caña de azúcar en la Región Sur. Segunda cosecha 2024.

Se evaluaron diferentes tratamientos en este ensayo estadístico. Los datos de cosecha son a 11 meses de edad y hubo diferencias estadísticas significativas para la variable TCH de todos los tratamientos respecto al Cropcell NPK y Ácidos Húmicos con 50% de fertilización. Se determinaron incrementos de campo (TCH) de los tratamientos Sembrador Foliar (4,7 TM); Bioagenasol (3,6 TM); Root Feed Dry (3,1 TM); Sembrador Foliar Drench (3 TM) y DIECA 2 BAC 50% Fertilización (1 TM) al comparar con el testigo; siendo éstos comportamientos muy coincidentes con los datos de la primera cosecha.

Al segregar el comportamiento de los tratamientos con 50% de fertilización se observa que el tratamiento DIECA BAC con 50% de fertilización supera al Testigo (100% Fertilización) en una producción de 1 TM/ha; lo cual es sumamente satisfactorio desde el punto de vista de manejo sostenible del cultivo. Además, los Microorganismos de Montaña (MM) se comportan excelentemente obteniendo productividad muy similar al testigo como se nota en la figura siguiente. Igualmente, el uso de la Bacteria Fijadora de N (Biocontrol) y el uso de 100 kg de ácidos húmicos mostraron rendimientos de campo bastante satisfactorios respecto al testigo manejo de finca.

Tratamiento	TRATAMIENTOS	TCH	
1	Sembrador foliar (3 L/ha) + 100 % fertilización	109,1	A
2	Agroinnova bioagenasol (500 kg/ha) + 100% fertilización	108,0	A
3	Agro pro root feed dry (5 kg/ha) + 100 % fertilización	107,5	A
4	Sembrador drench (3 L/ha) + 100 % fertilización	107,4	A
5	DIECA 2 BAC + 50% fertilización	104,4	A
6	Testigo (Manejo Finca)	103,4	A
7	Ác. húmicos aplicación (100 kg/ha) testigo + 100 % fertilización	103,0	A
8	MM (200L/ha) + 50 % fertilización	102,4	A
9	MM (200L/ha)+ biocarbón (2 TM/ha)+ 50 % fertilización	101,9	A
10	Biocontrol fijadora de N (2 L/ha) + 50 % fertilización	99,1	A
11	Ác. húmicos aplicación (100 kg/ha) + 50 % fertilización	93,1	B
12	Cropcell NPK ^{1/2} + 0% fertilización	91,9	B

^{1/2} Pure Nitro 35 kg/ha + Phos 30 5 kg/ha + Crop 7-6-6 12 kg/ha + Expert Aditi 2 kg/ha.

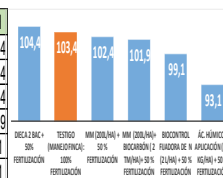


Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos (p<0.05) según prueba de separación de medias DGC a un 98% de confianza.

Estudio comparativo de preparación de suelo con Mínima Labranza y Convencional

En mayo de 2024 se estableció una parcela demostrativa en la cual se evaluó la siembra con Mínima Labranza (ML) respecto a la Labranza Convencional (LC) midiendo tiempo de ejecución de las labores y gasto de combustible. Se utilizó un tractor New Holland de 150 Hp. La misma se estableció en la Finca La Jungla ubicada en La Fortuna de San Pedro propiedad de CoopeAgri R.L. La variedad utilizada en esta prueba fue la RB 98-710 sembrada en ambos tipos de labranza a 1,50 m de separación. El gasto de semilla fue de 10 TM/ha. En el siguiente cuadro se adjuntan las mediciones obtenidas. Los resultados muestran que el costo de preparación de suelo bajo el sistema de Mínima Labranza(ML) representa el 30,4% respecto al costo de Labranza Convencional

TRATAMIENTOS 50% FERTILIZACIÓN	TCH
DIECA 2 BAC + 50% fertilización	104,4
Testigo (Manejo Finca): 100% FERTILIZACIÓN	103,4
MM (200L/ha) + 50 % fertilización	102,4
MM (200L/ha)+ biocarbón (2 TM/ha)+ 50 % fertilización	101,9
Biocontrol fijadora de N (2 L/ha) + 50 % fertilización	99,1
Ác. húmicos aplicación (100 kg/ha) + 50 % fertilización	93,1



(LC); pasando de ¢260.712/ha a ¢79.254/ha representado con ello un manejo muy sostenible del cultivo y del suelo. En el gasto de combustible se da un ahorro del 40% ya que se pasa de 128 L/ha con Labranza Convencional (LC) a 68 L/ha con Mínima Labranza (ML) representando ello un ahorro del 47% para éste rubro y un ahorro del 70% de horas máquina (HM) y horas operario (HH) lo cual se logra un uso eficiente y sostenible de los recursos de equipos de preparación de suelo y mano de obra; contribuyendo a hacer un manejo responsable del recurso suelo con un sistema que se enmarca dentro de las labores de conservación de suelos principalmente en suelos con pendientes entre 8-15%.

Comparativo de costos Mínima Labranza (ML) y Labranza Convencional (LC)						
Rubro	LC	%	ML	%	Diferencia Gasto LC y ML (%)	Diferencia LC-ML (%)
Horas Operario (HH)	12,8	100	3,9	30,4	8,9	-69,6
Gasto Combustible (L)	128,0	100	68	53,1	60,0	-46,9
Horas Máquina (HM)	12,8	100	3,9	30,3	8,9	-69,7
Costo Mecanización* (¢)	260 712	100	79 254	30,4	181 458	-69,6

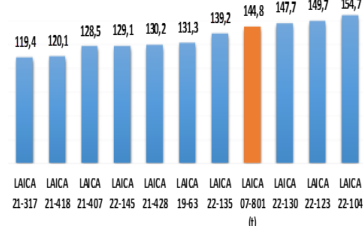
*: Incluye alquiler-combustible y costo operador.

Investigación con Programa de Variedades:

Fase 3 2024: En la Finca Oasis ubicada en la Ceniza de Pérez Zeledón se realizó la evaluación y selección de variedades en Fase 3; de las cuales de destacan y seleccionaron para sembrar en Fase los siguientes materiales.

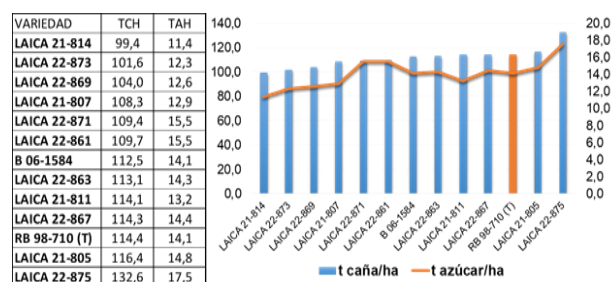
Es importante resaltar la excelente calidad agroindustrial de éstos materiales en donde tres materiales superan al testigo (LAICA 07-801) para la variable industrial (kg azúcar/t): LAICA 22-130; LAICA 22-123 y LAICA 22-104.

VARIEDAD	BRIX (%)	PUREZA (%)	AZÚCAR (Kg/t)
LAICA21-317	18,70	89,43	119,4
LAICA21-418	20,20	89,31	120,1
LAICA21-407	20,30	88,24	128,5
LAICA22-145	22,20	86,36	129,1
LAICA21-428	20,40	87,19	130,2
LAICA19-63	21,80	83,32	131,3
LAICA22-135	22,20	89,80	139,2
LAICA07-801	21,80	90,28	144,8
LAICA22-130	22,70	90,53	147,7
LAICA22-123	23,90	90,43	149,7
LAICA22-104	23,40	91,83	154,7



Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Fase 4 2024: En la Finca Oasis ubicada en la Ceniza de Pérez Zeledón se realizó la evaluación y selección de variedades en Fase 4; de las cuales de destacan varios materiales principalmente de la sigla LAICA series 21 y 22. Destacándose en la variable de rendimiento de campo (TCH) las variedades LAICA 21-805 y LAICA 22-875 que superaron al testigo RB 98-710. Para la variable de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) sobresalen un grupo de materiales importantes: LAICA 22-875; LAICA 22-871; LAICA 22-861; LAICA 21-805; LAICA 22-863 y B 06-1584 que superaron o igualaron al



testigo RB 98-710.

Investigación con Programa de Fitosanidad

a. Hormiga loca (*Nylanderia fulva*).

En 2023 se detectó por primera vez la presencia de ésta plaga en la finca del productor de caña Wilson Conejo en Repunta de Daniel Flores. Se lleva desde entonces un monitoreo constante de poblaciones además de control con cebos. Se está en estrecha coordinación con el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) sobre el comportamiento de la misma.





Barrenador común del tallo
(*Diatraea tabernaemae*; *Diatraea guatemalensis*)

Daños ocasionados

- La plaga perfora y crea túneles en los tallos, lo que provoca el síntoma conocido como "corazón muerto" en los tallos jóvenes.
- Dentro de estas galerías, se desarrolla la enfermedad conocida como "podredumbre roja del tallo", que altera el equilibrio de sacarosa en la planta.
- La presencia de esta plaga puede facilitar la entrada de plagas secundarias al interior del tallo.
- La propagación de esta plaga puede ocurrir mediante la semente.

b. Diatraea:
(*Diatraea guatemalensis* Shaus).

Esta es la principal plaga en caña de azúcar con afectación significativa.

c. Picudo (*Metamasius hemipterus*): Esta es una plaga que es atraída por los cortes o heridas de los tallos en proceso de fermentación.

d. Áfidos (*Sipha flava* - *Melanaphis sacchari*).

Es una plaga chupadora de savia que vive en colonias en el envés de las hojas. El mayor daño de la misma se da durante la época seca.



Áfidos
(*Sipha flava*)

Daños ocasionados

- Las hojas presentan manchas de color rojo y muestran síntomas de clorosis.
- Dependiendo de la especie, esto puede dar lugar a la aparición de una capa de fumagina debido a las secreciones corporales que emiten.
- Estos insectos actúan como portadores de virus (SCMV).

e. Cigarrita Antillana (*Saccharosydne saccharivora*). Las ninfas y adultos de esta plaga extraen la savia de las hojas desde su envés.

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

f. Jobotos y abejones

(*Phyllophaga spp.*). Causa un grave daño en el estado de larvas a nivel de raíces. Se deben colocar trampas con feromonas para capturar el adulto.



Liberaciones de controladores biológicos.
Región Sur. 2024

Liberaciones de controladores biológicos, Región Sur			
Año:2024			
Tipo	Ingenio	Productotes	Total
Cotesia flavipes (avispa)	2 579 500	32 084 750	34 664 250
Hongos Entomopatógenos (kg)	165	397	562

Región Cañera: Turrialba

La actividad cañera en la región atlántica abarca los cantones de Turrialba y Jiménez de Cartago. Actualmente el ingenio que queda vigente es el Ingenio Juan Viñas, ubicado en la localidad del mismo nombre. En esta zona se cultiva caña de azúcar desde los 600 hasta los 1550 msnm. Esto genera que, que las plantaciones tengan un ciclo vegetativo desde siembra hasta cosecha que varía entre los 12 y 24 meses de edad, proyectando un ciclo bianual; esto provoca variaciones en el manejo agronómico de las plantaciones. La región presenta y se caracteriza en el ámbito climático por tener un patrón de lluvia total anual promedio de 2.375,6 mm, para una media de 210,2 mm mensuales. El promedio mensual de sus temperaturas es de 27,5 °C como máxima, 16,5 °C como mínima, con una media calórica de 22,1 °C y una Diferencia Térmica de 10,9 °C al año.

Los tipos de suelos predominante en la región son: Andisoles con un 53.7% del área, seguido por los Inceptisoles con un 31,1% y por último por el orden Ultisol con un 15,2% del área total. La topografía que presenta la región cañera de Turrialba y Juan Viñas es en su mayoría muy irregular, existiendo áreas planas, onduladas y sitios quebrados con pendientes muy fuertes (>35%), donde prácticamente no se puede realizar ningún tipo de labor mecanizada, en cuyo caso se emplean animales de tiro o recurre a la irremediable y onerosa labor manual (Calderón & Chaves 2020). Las variedades que más se cultivan son la LAICA 04-250, B76-259, H77-4643, B77-95 y LAICA 07-203.

Entre las principales limitantes que enfrenta la zona actualmente, se pueden mencionar la siguientes:

- Muy poca renovación de las plantaciones, lo que provoca que la productividad de las fincas disminuya año con año.
- Bajo recambio generacional en las familias productoras, lo que provoca que se pueda ver afectada la cantidad de área cultivada.
- Durante la presente zafra, se han incrementado los problemas de disponibilidad de mano de obra, principalmente para la cosecha.
- Suelos que por topografía son mecanizables, presentan gran cantidad de pedregosidad, lo que imposibilita estas labores.
- Entregas de caña de azúcar a trapiches de la zona, lo que provoca disminución de la caña destinada para azúcar.
- Se realiza un tercio de la cosecha en tiempo de invierno, lo que afecta la calidad de la cosecha y por ende los rendimientos agroindustriales.

Entre los aspectos positivos en la zona, se pueden mencionar los siguientes:

- Disponibilidad de un crédito cañero (Asistencia y/o renovación), producto del convenio CPCA-BAC-INGENIO.
- Apoyo técnico a los productores a través de DIECA y CAMARA.
- Disponibilidad de un DRON para fumigación que es propiedad de la cámara.

INVESTIGACIÓN**Programa de variedades**

- Mantenimiento del Estudio y selección de 19 variedades extranjeras en Finca Tuis, Fase 3 ,2022.
- Mantenimiento del Estudio de selección de variedades nacionales en finca Canadá, Atirro, fase 3, 2022.
- Mantenimiento del Estudio de competición de variedades nacionales y extranjeras fase 6, 2022.
- Mantenimiento de la curva de madurez de fase 6, de variedades nacionales y extranjeras,2022
- Mantenimiento del Estudio y selección de variedades nacionales y extranjeras fase 4, en finca Canadá, Atirro
- Mantenimiento del vivero primario 2022, 2023 Y 2024.
- Caracterización morfológica de las variedades LAICA 04-250 Y LAICA 07-203 en Hacienda Juan Viñas
- Estudio y selección de variedades nacionales fase 3
- Estudio y selección de variedades extranjeras fase 3
- Parcelas de observación de 6 variedades nacionales en Finca Coopecañita RL
- Parcela de observación de 6 variedades nacionales en Finca Jose Henrich.
- Parcela de reproducción de 10 variedades en Hacienda Juan Viñas
- Seguimiento al manejo del vivero primario 2023 en Juan Viñas.
- Establecimiento de vivero primario 2024 en Juan Viñas.
- Establecimiento de fase V en franjas en Hacienda Juan Viñas
- Establecimiento de parcelas de observación de variedades extranjeras en Hacienda Juan Viñas
- Seguimiento a la reproducción de variedades en sector A, Finca Casalta.

Programa de Productividad Agrícola

- Se realizó el manejo agronómico al ensayo sobre fraccionamiento de la fertilización en la variedad LAICA 07-203 en Finca CoopeCañita. El ensayo consiste en fraccionar en cuatro aplicaciones, la misma cantidad de fertilizante que se recomienda para la zona, basándose en el análisis del suelo y compararlos con el fraccionamiento en dos aplicaciones que es lo tradicional. La primera cosecha se proyecta realizar en la zafra del 2025.
- Se realizó la primera cosecha del ensayo sobre tres métodos de siembra establecido en el 2022 en Finca CoopeCañita con la variedad LAICA 07-203. El mejor tratamiento fue el de siembra transversal a 35 cm entre esqueje, con un rendimiento agrícola experimental de 183,75 t caña/ha y con un rendimiento agroindustrial de 22.73 t azúcar/ha en 12 meses. En comparación el testigo de la misma variedad, pero con sistema de siembra tradicional a dos esquejes con un rendimiento agrícola de 156,75 t cana/ha y con rendimiento agroindustrial de 19,21 t azúcar/ha en 12 meses. Esto demuestra que se puede optar por la siembra transversal en la zona. Logrando reducir el consumo de semilla en un 46%, pasando de 10,59 toneladas a 5,76 toneladas con el método transversal sin afectar la productividad. Adicionalmente, se realizó el manejo agronómico requerido para realizar la segunda cosecha en el 2025.
- Se realizó la primera cosecha del ensayo, sobre reducción de la fertilización en Finca La Isabel, Turrialba. El ensayo consistió en reducir entre un 25% y un 50% la fertilización y complementar con nutrientes provenientes de otras fuentes de origen orgánico y Biológico. En la primera cosecha el mejor tratamiento fue el de reducir la fertilización convencional en un 50% y complementar con el 50% del paquete nutricional Cropcell (Pure Nitro+Phos30+CropK+Crop

7-6-6) con un rendimiento agrícola de 175,80 t caña/ha y un rendimiento agroindustrial de 23,15 t azúcar/ha; mientras que el tratamiento testigo (100% de la fertilización convencional) presentó un rendimiento agrícola de 162,6 t caña/ha y un rendimiento agroindustrial de 20,72 t azúcar /ha.

Adicional mente, se realizó el manejo agronómico requerido para realizar la segunda cosecha en el 2025.

- Se estableció el ensayo sobre dosis crecientes y fraccionamiento del fertilizante en la variedad LAICA 10-207 en finca Coopecañita, Atirro, Turrialba. La finalidad de este experimento es determinar la mejor dosis de fertilizante para que la variedad LAICA 10-207 muestre su mayor potencial agronómico en la región, ya que es una variedad seleccionada en la región, pero ha presentado bajo rendimiento agrícola. Se proyecta realizar la primera cosecha a inicios de la zafra 2026.
- Se estableció la parcela piloto NAMA en la Finca de LAICA ubicada en Tuis con la variedad LAICA 07-203, con un área total de 0.64 hectáreas, dividida en dos parcelas de 0.32 hectáreas, donde a una parcela se le brindó un manejo NAMA propuesto por el COTER de la región y la otra parcela con el manejo tradicional del productor.

En el manejo NAMA se incluyó el siguiente manejo: Se aplicó DAP al fondo del surco, Mínima labranza, aplicación de abono orgánico al fondo del surco, programa de fertilización ajustado a los requerimientos del cultivo, aplicación de microorganismos de montaña, aplicación de cal dolomita. En el manejo tradicional del productor, se realizó el siguiente manejo: Labranza tradicional (1 pase de arado de discos, 1 pase de rastra y surcado), se aplicó al fondo del surco 10-30-10, se aplicó carbonato de calcio, fertilización a dosis de 5 sacos por hectárea en cada una de las dos aplicaciones. Se realizó el manejo agronómico de la parcela demostrativa ubicada en Finca de Jose Henrich, Alto Alemania, La Suiza Turrialba. En esta parcela se realizaron labores como aplicación de cal dolomita basados en el análisis de suelo, se realizó un programa de fertilización basado en el análisis del suelo y requerimientos del cultivo, se colocaron trampas contra picudo, se realizaron muestreos y liberación de CoteDIECA, entre algunas labores más, que son recomendadas por DIECA en la región y que tienen la finalidad de mejorar la productividad.

Programa de Fitosanidad

- En la región se realizaron liberaciones de *Cotesia flavipes*, en las siguientes cantidades; para fincas del Ingenio Juan Viñas 11.907.000 de avispas, mientras que en los productores 507.500 avispas. Así como, 20 kg de *Beauveria bassiana* que se distribuyó a los productores.
- Se realizó el estudio del comportamiento poblacional de *Metamasius hemipterus* en los cantones de Turrialba y Jiménez, para esto se colocaron 12 trampas distribuidas en diferentes fincas de los productores y se evaluaron realizando conteos durante 8 meses, determinando un aumento considerable de las poblaciones en el mes de noviembre del 2024, esto era de esperar, ya que por estudios previos las condiciones climáticas de los meses de octubre y noviembre favorecen a esta plaga.
- Se realizó un día de campo en Finca ASOPRAVIC, Pejibaye, Jiménez, donde se abarcaron temas como identificación y trampeo de plagas de importancia para la región.

Apoyo en investigación en el Ingenio Juan Viñas

- Colaboración en el establecimiento de parcelas de reproducción de variedades promisorias sigla LAICA y algunas extranjeras.
- Aplicaciones de herbicidas a modo de prueba con el DRON de la cámara para el control de bejucos en plantaciones con 20 y 24 meses de edad.



PARTE II

PROGRAMAS NACIONALES

RESUMEN

Los Programas Nacionales del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) constituyen una parte esencial de la estructura técnica mediante la cual LAICA orienta y coordina acciones de investigación, innovación, transferencia tecnológica y apoyo especializado para el sector cañero nacional. Estos programas permiten abordar de manera integral temas estratégicos relacionados con el cultivo de la caña de azúcar y atender necesidades comunes que se presentan en las diferentes regiones productoras del país.

Su ámbito de acción comprende diversas áreas técnicas vinculadas con el desarrollo y evaluación de variedades, la protección fitosanitaria del cultivo, el manejo agronómico, la nutrición y fertilidad de suelos, la producción de semilla, el uso eficiente de tecnologías y otros componentes determinantes para la productividad y sostenibilidad de la actividad cañera. Cada programa desarrolla actividades específicas de acuerdo con su especialidad, manteniendo una estrecha coordinación con el personal regional de DIECA, los ingenios, los productores y otras instituciones relacionadas con la agroindustria azucarera.

Durante el año 2024, los Programas Nacionales dieron continuidad a distintos proyectos y líneas de trabajo orientados a generar información técnica, evaluar alternativas de manejo, validar tecnologías y brindar respuestas a los principales desafíos que enfrenta el sector. Estas acciones incluyeron el establecimiento y seguimiento de investigaciones, evaluaciones de campo, diagnósticos técnicos, análisis de resultados, actividades de capacitación y transferencia de conocimiento, así como el acompañamiento a iniciativas desarrolladas en las distintas zonas cañeras del país.

La articulación entre los Programas Nacionales y las regiones productoras permite que la investigación responda a condiciones reales de campo y que sus resultados puedan ser aplicados de manera práctica en los sistemas de producción. De igual forma, la información generada en las regiones contribuye a identificar nuevas necesidades, establecer prioridades de investigación y orientar el desarrollo de soluciones técnicas adaptadas a las particularidades de la agroindustria azucarera costarricense.

En esta segunda parte del informe se presentan las principales acciones, avances y resultados obtenidos durante el año 2024 por los diferentes Programas Nacionales de DIECA. La información resume el trabajo realizado en cada área técnica y evidencia el aporte de estos programas al fortalecimiento de la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica, con el propósito de contribuir a una producción de caña de azúcar más eficiente, competitiva y sostenible.

Programa de Variedades

El programa de variedades de DIECA-LAICA tiene como objetivo la selección y evaluación de materiales genéticos de caña de azúcar con alto potencial productivo y adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas del país. A través de ensayos en distintas regiones cañeras, se analizan características clave como rendimiento, calidad y resistencia a enfermedades, lo que permite identificar variedades prometedoras para el sector azucarero.

El año 2024 representó un período exitoso en el desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar, destacándose la obtención de un grupo significativo de materiales semi-comerciales adaptados a diversas regiones. Estos nuevos materiales constituyen un aporte valioso para la industria, con el potencial de que una parte considerable de ellos alcance la fase comercial en el corto plazo, contribuyendo a la productividad y sostenibilidad del sector.

En el desarrollo de los ensayos en sus distintas etapas, se evaluaron un total de 10 viveros primarios (Fase II), con 40.002 plántulas, lo que permitió la selección de 286 nuevas variedades identificadas con la sigla LAICA de la serie 24. Además, se establecieron nueve viveros primarios adicionales con 30.054 plántulas, que darán origen a las variedades de la serie 26.

Un avance significativo fue la implementación de ensayos en franjas en la zona norte, con parcelas que superan los 1.000 metros cuadrados, donde se realizará cosecha mecanizada para evaluar el comportamiento de estas variedades, siguiendo el modelo ya aplicado en la Azucarera El Palmar.

Además, se logró llevar a campo materiales provenientes del primer proyecto de mutagénesis desarrollado en conjunto con el Tecnológico de Costa Rica (TEC). En este proceso, se seleccionó la variedad RB 86-7515 por su destacada adaptación a suelos de baja fertilidad, ácidos y secos. Este proyecto marca el inicio de una serie de iniciativas colaborativas con el TEC, con la expectativa de obtener nuevas variedades que beneficien al sector azucarero.

A continuación, se presentan detalles sobre la etapa de hibridación y los ensayos realizados en cada región, además de información sobre el número de variedades de caña de azúcar en investigación.

Cruzamientos Genéticos

La campaña de cruzamientos del 2024 comenzó el 31 de octubre en la estación experimental de DIECA y concluyó el 13 de enero; se llevaron a cabo 138 cruzamientos, de los cuales 80 fueron biparentales y 58 policruces.

Para su ejecución, se emplearon 90 materiales distintos, con 55 utilizados como “machos” y 45 como “hembras”. De estos, 49 correspondieron a líneas nacionales LAICA y 41 a extranjeras de otras denominaciones. En esta campaña, se priorizó el uso de materiales de mayor relevancia, especialmente aquellos de origen nacional, con el propósito de fortalecer el programa de mejoramiento genético.



Figura 1. Cruce biparental establecido durante la campaña 24-25 para el desarrollo de variedades LAICA.

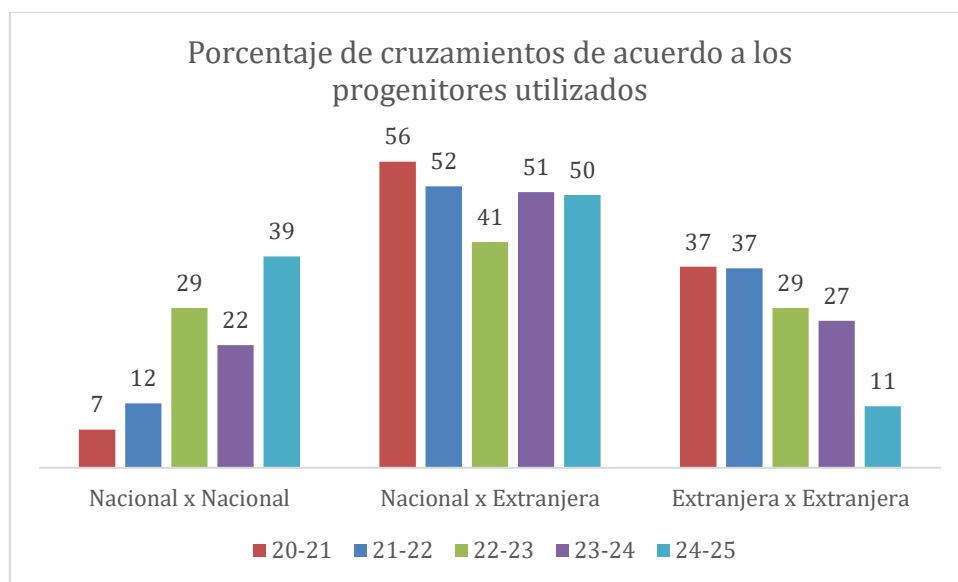


Figura 2. Porcentaje de cruzamientos biparentales establecidos según el origen de sus progenitores, siendo nacionales o extranjeras en las últimas 5 campañas.

En cuanto a los cruces biparentales, se llevaron a cabo un total de 80, de los cuales 32 utilizaron exclusivamente materiales nacionales como progenitores. En 41 de ellos, al menos uno de los padres

pertenecía a esta categoría, mientras que solo 7 correspondieron a combinaciones entre líneas extranjeras. Se priorizó el desarrollo de cruzamientos con materiales mejor adaptados y de características superiores, con el objetivo de fortalecer la producción nacional. Además, el incremento en el uso de progenitores sigla LAICA evidencia un avance significativo en la obtención de nuevas opciones mejoradas.

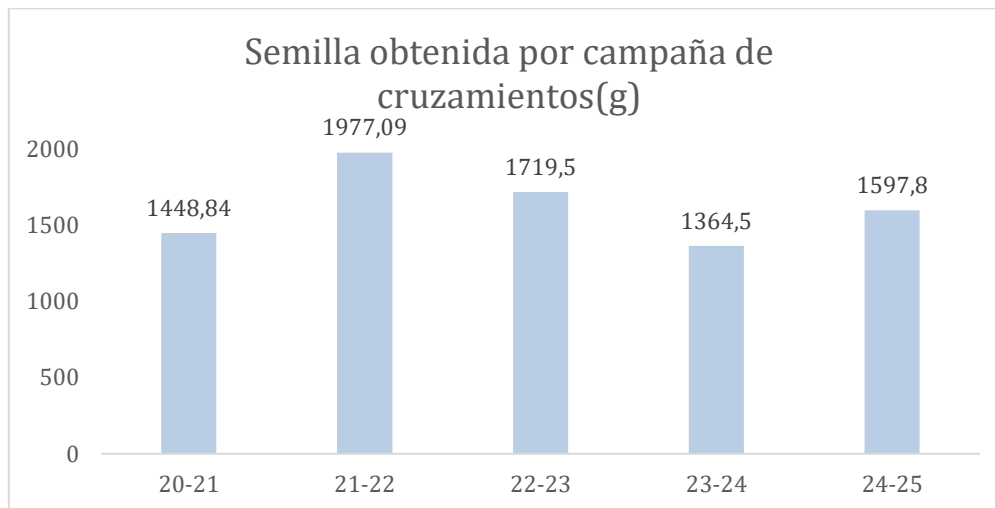


Figura 3. Semilla sexual obtenida en las últimas 5 campañas de cruzamientos.

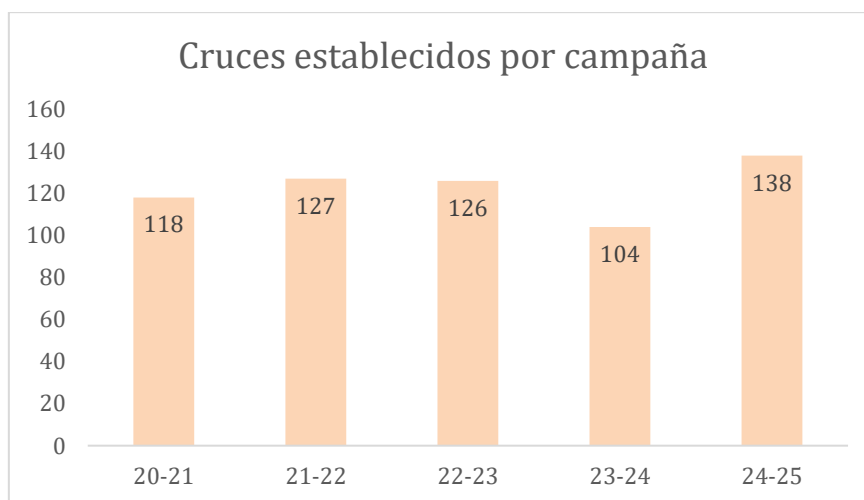


Figura 4. Cantidad de cruces establecidos en las últimas cinco campañas del 2020 al 2024.

En la figura 2, se muestra una tendencia en la cantidad de cruces biparentales establecidos utilizando variedades nacionales. Esto, aparte de los esfuerzos realizados por el programa para involucrar mayoritariamente estas variedades, también puede implicar una mayor madurez del programa. El beneficio se encuentra en utilizar materiales genéticos que se encuentran adaptado a las distintas regiones, para introducir nuevas características o genes deseados.

En la figura 3 se muestra la producción de semilla sexual obtenida de las campañas del 20-21 al 24-25. En la campaña actual, se detalla una producción de 1.597,8 gramos, la cual fue mayor al de la anterior, pero manteniéndose por debajo de la del año 21-22. Así mismo se identificó un incremento de la cantidad de cruces para el presente año, el cual se puede apreciar en la figura 4, el cual supera el número de cruces establecidos en las últimas cinco campañas. Adicional a los cruzamientos

establecidos tradicionalmente, se realizaron pruebas con flores ya polinizadas en campo o polinización abierta. Esto consiste en identificar variedades que presenten cantidades de polen viable bajas, para clasificarse como hembras, y recolectar flores ya maduras de campo. Su principal objetivo es obtener una progenie en la que sepamos quién es la madre y el padre sea cualquier variedad cercana del sitio de extracción, lo cual se asemeja a un policruce. Para esta prueba se identificaron 10 variedades, de las cuales se extrajo una flor ya madura, se etiquetó y se llevó al proceso de secado directamente. Esta es una metodología de cruzamientos que se utiliza en diferentes programas de mejoramiento en otros centros de investigación para ampliar las posibilidades en la diversificación genética de las variedades.

Adicionalmente, se realizaron pruebas de emasculación en flores de caña, sumergiéndolas en agua a 50 °C durante 5 minutos. Este procedimiento tuvo como objetivo eliminar el polen viable, permitiendo que las flores funcionaran únicamente como receptoras de polen o hembras. Para la prueba, se utilizaron tres flores de la variedad LAICA 12-340 y tres de LAICA 08-22, ambas con un conteo de polen viable superior al 20%. Posteriormente, estas flores fueron empleadas en policruces para evaluar nuevamente la viabilidad de la técnica, la cual ya había sido analizada en años anteriores.

Asimismo, se mantuvieron algunas mejoras implementadas en la campaña anterior, como el uso de bagazo de caña en el desarrollo de los acodos, junto con la adición de un bioestimulante a base de bambú, además de fertilizaciones semanales al acodo. También se conservó la metodología de secado de la semilla en un cuarto con temperatura y humedad controladas, donde se instaló un deshumidificador con drenaje para operar de forma continua durante 72 horas.



Para el almacenaje de la semilla (Figura 6), se inició con el empacado al vacío, el cual permitiría conservarla a una temperatura baja de entre 4° y 7°C en cámara fría sin afectar la humedad en la cual se almacenó inicialmente. Este proceso, contribuiría a mantener en buen estado el embrión de cada semilla, maximizando su viabilidad en el periodo en el que se encuentre almacenada. Esto daría posibilidad de conservar semilla viable a través de las campañas y poder recurrir a cruzamientos específicos prometedores a futuro.



Figura 5. Proceso de secado, limpieza y empaclado de semilla sexual de caña para almacenamiento en cámara frías.

Otros trabajos de investigación

En el ámbito de los cruzamientos, también se está desarrollando un proyecto de tesis en conjunto con el estudiante de la Universidad de Costa Rica, Enior Ulate. Este estudio analiza la influencia de factores relacionados con la altitud en la efectividad de los cruzamientos. Para ello, se establecieron dos cruces, cada uno con cuatro repeticiones, en dos localidades distintas.

La primera se ubicó en la Estación Experimental de DIECA, a 1.006 msnm, con el objetivo de evaluar posibles mejoras en la ubicación actual de los cruzamientos. La segunda se llevó a cabo en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, situada a 847 msnm. En cada una de estas localidades, se esperan tener condiciones distintas de temperatura, radiación solar, entre otros factores, que intervienen en el proceso de polinización y formación de la semilla.

Los resultados de esta investigación se esperan para el transcurso del 2025, ya que será necesario realizar diversas pruebas para evaluar la germinación de la semilla producida.

También se llevó a cabo una pasantía con un estudiante de la Universidad de Costa Rica, en la que se evaluó la floración en los tres bancos de variedades progenitoras ubicados en los cantones de Grecia, San Carlos y Los Chiles. El objetivo principal fue analizar las condiciones edafoclimáticas y determinar su posible relación con las diferencias en la floración observadas en cada banco.



Figura 6. Establecimiento de cruces en Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica.

Para ello, primero se recolectaron muestras de suelo en cada sitio y se enviaron a análisis para determinar sus características químicas. Posteriormente, se evaluó la floración de cada variedad presente en los bancos con el fin de identificar diferencias significativas en el porcentaje de floración entre localidades. El análisis consideró tanto el porcentaje total de variedades floreadas como la variabilidad en la floración de cada una en particular.



Figura 7. Imágenes de los 3 bancos en evaluación siendo a) Los Chiles, b) y c) Tacares, Grecia, y d) Muelle, San Carlos.

Evaluación de fase II (Viveros primarios)

Como resultado de la evaluación de la Fase II (vivero primario) se lograron obtener **286 nuevas variedades de caña de azúcar con la sigla LAICA de la serie 24** en todas las regiones cañeras del país. Este proceso es el inicio de la selección de variedades entre las distintas etapas, cuyo objetivo es identificar y seleccionar los clones con mayor potencial productivo y adaptación a las condiciones agroclimáticas de cada zona.

El porcentaje de selección obtenido durante el año 2024, en promedio fue de 0,71%, con variaciones importantes entre las diferentes regiones, seleccionando una variedad cada 139 plántulas que se llevaron a campo.

Las zonas con mayor porcentaje de selección fueron Los Chiles (1,29%), DIECA (1,19%) y CoopeVictoria en el Valle Central (1,13%), encontrando una gran cantidad de variedades en estas localidades. Esto se debió a una mejor expresión del potencial genético del material evaluado.

En contraste, las regiones con el menor porcentaje de selección fueron Pérez Zeledón (0,33%), El Viejo, Filadelfia (0,57%) y UTN Cañas (0,54%). Los bajos porcentajes de selección en estas zonas se deben a varios factores, como la alta floración, especialmente en Pérez Zeledón; la edad avanzada de los viveros primarios al momento de la evaluación (14 meses); la presencia de fuertes vientos que dificultaron la selección; y cruces que no lograron adaptarse adecuadamente a estas condiciones.

Estos resultados reflejan la variabilidad en la selección entre las regiones cañeras del país y resaltan aún más la importancia de una adecuada selección de progenitores para los cruzamientos, asegurando el desarrollo de variedades mejor adaptadas a las condiciones agroclimáticas específicas de cada zona.

Cuadro 1. Número de plántulas evaluadas y obtenidas de los viveros primarios de caña de azúcar establecidos en las regiones cañeras de Costa Rica.

Lugar de evaluación	Región	Nº Plántulas	# clones seleccionados	% Selección
Azucarera El Viejo	Guanacaste	5 832	33	0,57
Ingenio El Palmar	Pacífico Central	3 085	27	0,88
Finca UTN, Cañas	Guanacaste	9 090	49	0,54
La Ceniza Perez Zeledón	Zona Sur	4 885	16	0,33
Finca Canadá, Turrialba	Zona Turrialba	3 903	29	0,74
CoopeVictoria, Valle Central	Valle Central	4 406	50	1,13
Estación DIECA	Valle Central	504	6	1,19
Finca Lara, Juan Viñas	Zona Turrialba	2 349	18	0,77
Finca Santa Teresa, Los Chiles	Zona Norte	3 178	41	1,29
Finca María Julia, Quebrada Azul	Zona Norte	2 770	17	0,61
Total/Promedio		40 002	286	0,71

Establecimiento de fase II (Viveros primarios)

Continuando con el desarrollo de variedades de caña de azúcar, se llevó a cabo el establecimiento de los viveros primarios en las diferentes regiones cañeras del país. En total, se sembraron 30.054 plántulas derivadas de varios cruces genéticos, distribuidas en distintas zonas estratégicas, con el fin de evaluar su adaptación y desempeño agronómico en diversas condiciones ambientales.

Los viveros primarios con la mayor cantidad de plántulas establecidas fueron Abejonal, Filadelfia en Azucarera El Viejo (6.324 plántulas, 12 cruces), Las Loras, Puntarenas en Azucarera El Palmar (5.171 plántulas, 10 cruces) y Yeguas, Liberia en Ingenio CATSA (3.654 plántulas, 14 cruces). En contraste, la zona con el menor número de plántulas establecidas fue Finca Lara, Juan Viñas, con 1.570 plántulas y 4 cruces, lo cual se debe a que en esta ubicación se envían principalmente materiales de origen hawaiano.

El número de cruces utilizados en cada sitio varió entre 4 y 14, lo que se busca es tener una amplia variabilidad genética en cada región. Este establecimiento de viveros primarios (Fase II) representa un paso fundamental en la selección de nuevas variedades de caña de azúcar adaptadas a las condiciones agroclimáticas de Costa Rica. Los datos obtenidos en esta etapa permitirán identificar los materiales con mayor potencial productivo y resistencia a factores adversos, generando las nuevas variedades sigla LAICA de la serie 26.

Cuadro 2. Establecimiento de viveros primarios (Fase II) en las distintas regiones cañeras de Costa Rica

Lugar	Ingenio	Fecha	Nº cruces	Nº Plántulas
Las Loras, Puntarenas	El Palmar	8/14/2024	10	5.171
Yeguas, Liberia	CATSA	2/28/2024	14	3.654
Abejonal, Filadelfia	El Viejo	8/6/2024	12	6.324
La Casona, La Vega	Quebrada Azul	7/23/2024	7	2.670
Santa Teresa, Los Chiles	Cutris	7/18/2024	8	2.676
La Jungla, Perez Zeledón	CoopeAgri	7/23/2024	11	2.685
Finca Lara, Juan Viñas	Juan Viñas	7/23/2024	4	1.570
Finca Canadá	Atirro	8/21/2024	5	2.670
Lote Maquinas	CoopeVictoria	8/1/2024	9	2.634
				30.054

Ensayos de variedades en las regiones cañeras

A continuación, se presentan los principales establecimientos de ensayos de variedades en las regiones cañeras del país, junto con los resultados más relevantes de los ensayos de fase V y la cantidad de variedades en las distintas etapas de selección. Esta información es clave para identificar materiales con alto potencial productivo y adaptación a diversas condiciones agroclimáticas.

REGIÓN SUR

En la **Zona Sur (Pérez Zeledón-Buenos Aires)**, se establecieron para el año 2024 un total de 165 variedades, de las cuales 69 pertenecen a fase III, 62 son de mutagénesis, 24 se ubican en fase IV de selección y 10 en semillero para fase V. Adicionalmente se trasladó a campo un vivero primario con 2.685 plántulas para la serie LAICA 2026.

Además de las 165 variedades reproducidas en el 2024, se cuenta con 179 variedades en etapas de evaluación. En el 2024 se evaluó un vivero primario donde se obtuvo un total de 16 variedades sigla LAICA de la serie 24. En el mes de marzo se realizó la evaluación agronómica de dos ensayos de fase III. En uno se contaba con 89 variedades, de las cual 68 son sigla LAICA, 13 sigla MEX, 2 sigla RB y 6 sigla CG. En otro ensayo se encontraban 63 variedades, todas de sigla LAICA provenientes de Guanacaste. Se consideraron características biométricas, floración, corcho, enfermedades y se realiza un muestro

para conocer el contenido de sacarosa, determinando así las variedades a reproducir en una siguiente fase.

Para el mes de abril se realizó la primera cosecha a la fase IV del 2023, en la cual se cuenta con 17 variedades sigla LAICA, 3 sigla B y 2 sigla RB. Esta fase se encuentra en parcelas de 4 surcos de 6 m, donde además se muestrea cada una para estimar la producción en t azúcar/ha.

Es importante señalar que para el mes de agosto se logró concretar el semillero de variedades para la fase V (fase final), en el cual se encuentran 10 variedades de la sigla LAICA que han logrado superar el proceso de selección. El grupo reproducido cuanta con mucho potencial para la región. Se caracteriza por progenitores de comportamiento bien conocido, variedades precoces, capaces de adaptarse bien a suelo de baja fertilidad natural, manteniendo cierta rusticidad, pero con una apuesta a mejorar contenido de sacarosa.

Cuadro 3. Variedades de caña de azúcar reproducidas para fase V en la región Sur, Pérez Zeledón con sus respectivos progenitores, 2024

Variedad	Hembra	Macho
LAICA 09-374	SABORIANA	TCP 87-3388
LAICA 18-808	RB 98-710	Policruce
LAICA 19-805	Q 96	SP 70-1143
LAICA 19-820	RB 98-710	RB 86-7515
LAICA 20-807	LAICA 15-216	Policruce
LAICA 20-811	RB 94-2898	Policruce
LAICA 20-812	RB 94-2898	Policruce
LAICA 20-814	RB 94-2898	Policruce
LAICA 22-871	PR 80-2038	LAICA 10-804
LAICA 22-875	RB 94-2898	Policruce

REGIÓN VALLE CENTRAL

En el **Valle Central (Grecia-San Ramón)**, la investigación se desarrolla para dos ambientes, zona media-baja (Rincón de Salas, Tacares) y zona media-alta (San Isidro, CoopeVictoria). En la zona media-baja se establecieron un total de 109 variedades, las cuales pertenecen a fase III, 55 en el proyecto de mutagénesis y 54 son LAICAS de la serie 24. En la zona media-alta se establecieron 75 nuevas variedades, 41 son variedades extranjeras en fase III y 34 son materiales en fase IV de investigación. Adicionalmente se trasladó a campo un vivero primario del cual se obtendrá las variedades LAICA 2026. Además de las 184 variedades establecidas en el 2024, se cuenta con 291 variedades en distintas etapas de evaluación.

En el 2024 se evaluó un vivero primario, del cual se obtuvo 50 nuevas variedades LAICA serie 24. En el mes de abril se realizó la evaluación agronómica a 3 ensayos de fase IV: Uno cuenta con 27 variedades, de las cual 19 son sigla LAICA, 2 sigla MEX, 2 sigla RB, 3 sigla EC y 1 sigla CP. En otro se encuentran 25 variedades, de las cuales 23 son sigla LAICA y 2 son sigla RB. El último ensayo de fase IV cuenta con 15 variedades, 11 son serie LAICA y 4 serie RB.

Para el mes de mayo se realizó la última cosecha a las variedades establecida en fase IV, las cual se encuentra en parcelas de 4 surcos de 6 m, donde además se muestreó cada una para estimar la producción en t azúcar/ha. Se espera para el 2025 realizar un semillero con las variedades más prometedoras para una fase final (fase V).

Respecto a la fase final establecida en el 2023 en finca La Argentina, se cuenta con resultados productivos en caña planta, lo cual genera información muy relevante sobre aquellos materiales con

potencial para esta zona (cuadro 4), el cual está organizado de manera descendente según el rendimiento promedio de toneladas de azúcar por hectárea alcanzado por cada variedad.

En esta fase de caña planta, los testigos LAICA 12-340 y RB 86-7515 se posicionaron por debajo de la media, destacando un grupo amplio de variedades con alto potencial productivo. Dentro de este grupo se han identificado al menos cuatro variedades con un comportamiento agronómico destacado: CT 14442, RB 98-710, CT 11649 y LAICA 11-37. Es importante mencionar que la variedad RB 98-710, aunque comercial en la zona de Pérez Zeledón, ha mostrado signos de roya naranja, no obstante, ha mantenido una tolerancia consistente a esta enfermedad.

Cuadro 4. Resultados agroindustriales de 15 variedades de caña de azúcar, ciclo planta en Finca La Argentina, Grecia 2024

Variedad	Kg sacarosa/t		t caña/Ha		t azúcar/Ha	
CT 14442	107,79	abc	164,69	a	17,76	a
RB 98-710	114,15	abc	125,00	abc	14,21	ab
CT 11649	108,42	abc	125,19	abc	13,57	ab
LAICA 11-37	101,58	bc	131,26	ab	13,37	ab
CT 10340	111,32	abc	119,51	bc	13,30	ab
LAICA 07-801	123,26	ab	104,07	bc	12,82	b
CT 11055	118,62	abc	107,80	bc	12,79	b
RB 05-1501	125,93	a	99,51	bc	12,53	b
CT 13747	119,15	abc	101,48	bc	12,12	b
LAICA 16-49	109,68	abc	105,82	bc	11,43	b
LAICA 12-340	111,92	abc	96,86	bc	10,83	b
LAICA 13-78	107,78	abc	96,85	bc	10,50	b
LAICA 11-27	113,31	abc	92,22	bc	10,34	b
RB 86-7515	113,55	abc	89,33	cd	10,08	b
LAICA 05-802	97,53	c	48	d	4,69	c
Promedio	112.27		107.17		12.02	
% CV	7.86		15.25		15.80	

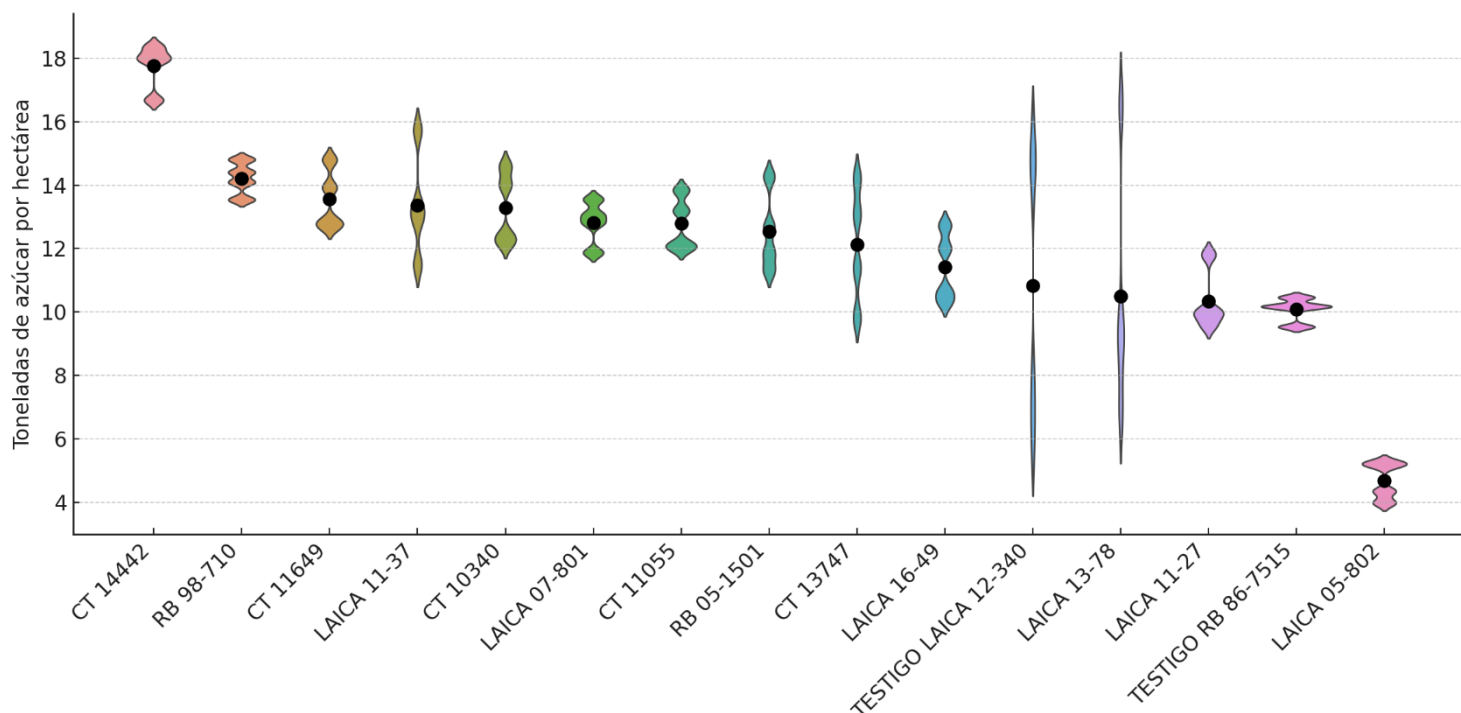


Figura 8. Desempeño en toneladas de azúcar por hectárea para 15 variedades de caña de azúcar, ciclo planta, Finca La Argentina, Grecia

Con respecto al testigo LAICA 12-340 presenta un rendimiento promedio aceptable (10,83 t azúcar/ha), pero con una alta dispersión en los datos, con valores que oscilan entre 6,05 y 15,28 t azúcar/ha. Este testigo presenta un rendimiento promedio aceptable, pero su alta variabilidad podría indicar una respuesta menos consistente frente a diferentes condiciones.

La RB 86-7515 es un testigo más consistente y estable que LAICA 12-340, pero su promedio es ligeramente inferior (10,08 t azúcar/ha). Su estabilidad lo hace un estándar útil para evaluar la uniformidad de otras variedades, aunque podría no destacar en términos de máximos rendimientos.

CT 14442 supera ampliamente a ambos testigos en promedio (59% más que LAICA 12-340 y 71% más que RB 86-7515). Su consistencia lo convierte en una de las variedades más prometedoras, cuenta con una baja dispersión (16,68 a 18,37 t azúcar/ha). RB 98-710 supera a ambos testigos, con 36% más rendimiento que RB 86-7515 y 26% más que LAICA 12-340, tiene una variabilidad moderada (13,54 a 14,81 t azúcar/ha). Aunque no es tan consistente como CT 14442, muestra un rendimiento superior a los testigos y podría ser una opción interesante. CT 11649 supera a LAICA 12-340 (25% más) y a RB 86-7515 (35% más). Si bien no sobresale como CT 14442, tiene un desempeño adecuado y podría ser atractiva por su rendimiento intermedio y variabilidad moderada (12,70 a 14,80 t azúcar/ha). LAICA 11-37 supera a ambos testigos (23% más que LAICA 12-340 y 32% más que RB 86-7515). Aunque no es tan sobresaliente como CT 14442 o RB 98-710, supera el desempeño de los testigos y puede ser una alternativa interesante.

REGIÓN TURRIALBA

En la región **Turrialba (Juan Viñas-Turrialba)**, la investigación se desarrolla para dos ambientes, zona alta (Jiménez) y zona media (Turrialba). En la zona media se establecieron un total de 159 variedades, las cuales 33 pertenecen a fase III nacional, 43 a fase III extranjeras, 73 en el proyecto de mutagénesis y 10 se ubican en fase IV. En la zona alta se establecieron 90 nuevas variedades, 59 son variedades

nacionales en fase III, 16 son extranjeras en fase III, 8 variedades con potencial se reprodujeron en bloques pequeños y 7 se encuentran en fase V en franjas.

Cuadro 5. Progenitores de las variedades en fase V establecida en franjas, La Victoria, Juan Viñas 2024

VARIEDAD	HERMBA	MACHO
LAICA 21-205	LAICA 11-37	POLICRUCE
LAICA 21-210	LAICA 05-805	LAICA 10-40
LAICA 21-214	LAICA 12-92	LAICA 10-804
LAICA 21-215	LAICA 12-92	LAICA 10-804
LAICA 21-220	LAICA 12-92	LAICA 10-804
LAICA 21-224	LAICA 11-37	LAICA 13-78
LAICA 04-250	H 77-4643	POLICRUCE

El grupo de variedades establecido en fase V tiene como base genéticas variedades de origen brasileño (RB, SP), y de Hawái, que han mostrado tener la precocidad y capacidad para desarrollarse adecuadamente en las condiciones de Juan Viñas a ciclos de 24 meses. De manera que se tiene mucha expectativa sobre estos materiales. Adicionalmente se trasladó a la zona alta un vivero primario con 1.570 plántulas y a la zona baja con 2.670 plántulas para la serie LAICA 2026. Además de las 249 variedades establecidas en el 2024, se cuenta con 310 variedades en distintas etapas de evaluación. En el 2024 se evaluó un vivero primario, del cual se obtuvo 18 nuevas variedades LAICA serie 24 para la zona alta. De igual manera, para la zona baja se evaluó un vivero del cual se obtuvo 29 variedades LAICA serie 24.

Para la zona media, en el mes de abril se realizó la evaluación agronómica a 2 ensayos de fase IV: Uno cuenta con 14 variedades, de las cual 5 son sigla B, 1 sigla EC, 7 sigla LAICA, 1 sigla LTMEX. En otro se encuentran 25 variedades, de las cuales 23 son sigla LAICA y 2 son sigla RB. Otro ensayo de fase IV cuenta con 13 variedades, 12 son serie LAICA y 1 serie B. Se realizó también la evaluación de una fase III con 12 variedades sigla LAICA 19 y 20. Así mismo, la evaluación agronómica de la fase V, la cual cuenta con 8 variedades LAICA, 1 sigla BT y 2 sigla B.

El cuadro 6, sobre el análisis realizado en Turrialba, incluye el rendimiento de sacarosa por tonelada de caña, la productividad de caña por hectárea y el rendimiento total de azúcar por hectárea. La variedad LAICA 16-49 se posicionó como la más productiva, alcanzando 25,56 toneladas de azúcar por hectárea, con una producción de caña de 224,63 toneladas por hectárea y 113,99 kilogramos de sacarosa por tonelada de caña. Le siguió LAICA 07-203 (Testigo comercial), con 23,03 toneladas de azúcar por hectárea, mostrando también un buen equilibrio entre productividad de caña (192,6 toneladas por hectárea) y eficiencia agroindustrial (117,16 Kg sacarosa/t). Cabe resaltar que estos resultados de pruebas de investigación, y muchos factores inciden para obtener estos altos rendimientos de caña por hectárea.

LAICA 05-802 ocupó el tercer lugar con 21,63 toneladas de azúcar por hectárea y destacó por su eficiencia de 120,59 kg de sacarosa por tonelada de caña. Posteriormente se encuentra B 77-95 (segundo testigo comercial), con 123,36 Kg sacarosa/t, el valor más alto en eficiencia agroindustrial, aunque su rendimiento en caña fue menor (159,07 toneladas por hectárea), lo que resultó en 19,63 toneladas de azúcar por hectárea.

Otras variedades como BT 90-1519 y B 03-976 alcanzaron niveles intermedios de productividad de azúcar (19,28 y 18,35 t azúcar /ha, respectivamente). Se continuará observado el comportamiento de estas variedades en soca, donde podría ocurrir variaciones importantes.

Cuadro 6. Desempeño agroindustrial de 11 variedades de caña planta en ensayo de fase V, Finca Canadá, Turrialba 2024

Variedad	Kg sacarosa/ t caña		t caña/ha		t azúcar/ha	
LAICA 16-49	113,99	abcd	224,63	a	25,56	a
LAICA 07-203	117,16	abc	192,6	ab	23,03	ab
LAICA 05-802	120,59	ab	179,44	b	21,63	abc
B77-95	123,36	a	159,07	b	19,63	bcd
BT90-1519	114,13	abcd	168,34	b	19,28	bcd
B03-976	114,53	abcd	160,37	b	18,35	bcd
LAICA 07-801	111,56	bcd	163,33	b	18,2	bcd
LAICA 15-256	113,56	bcd	161,85	b	17,95	cd
LAICA 15-259	109,28	cd	155,56	b	17,05	cd
LAICA 18-210	107,17	de	149,26	b	16,39	d
LAICA 18-209	98,63	e	152,78	b	14,98	d

En la figura 2, se encuentran las 11 variedades según rendimiento promedio en toneladas de azúcar por hectárea (TAH). LAICA 16-49 se posiciona como la variedad más destacada, con un promedio de 25,56 t azúcar/ha y un intervalo de confianza que varía entre 21,23 y 29,88 t azúcar/ha. Aunque el intervalo es amplio, indica un buen rendimiento, haciendo de esta variedad una de las más prometedoras en este estudio.

LAICA 07-203 ocupa el segundo lugar, con un promedio de 23,03 t azúcar/ha y un intervalo de confianza que va de 19,76 a 26,30 t azúcar/ha. Su intervalo también refleja cierta dispersión, pero su desempeño promedio la convierte en una opción atractiva. Posicionándose como el mejor testigo comercial

LAICA 05-802 alcanza un promedio de 21,63 t azúcar/ha, con un intervalo de confianza de 18,47 a 24,79 t azúcar/ha. Esta variedad muestra una buena estabilidad relativa, lo que la posiciona como una alternativa confiable y de alto potencial productivo. B 77-95 presenta un promedio de 19,63 t azúcar/ha y un intervalo de confianza que varía entre 16,37 y 22,89 t azúcar/ha. Aunque su rendimiento promedio es menor, sigue siendo una opción importante por su relevancia regional y consistencia moderada. BT 90-1519 tiene un promedio de 19,28 t azúcar/ha y un intervalo de confianza de 16,24 a 22,32 t azúcar/ha. Aunque su rendimiento es similar al de B 77-95, su intervalo indica una mayor probabilidad de variar su comportamiento ante diferentes condiciones de ambiente. Finalmente, B 03-976 registra un promedio de 18,35 t azúcar/ha, con un intervalo de confianza de 15,56 a 21,14 t azúcar/ha. Su rendimiento es el más bajo, pero su estabilidad relativa podría hacerla adecuada e interesante de valorar. Estas seis variedades representan las opciones más destacadas en términos de rendimiento agroindustrial. Sin embargo debe valorarse como se comportan en soca, donde se pueden obtener variaciones significativas, o bien, marcar la contundencia sobre algunas variedades.

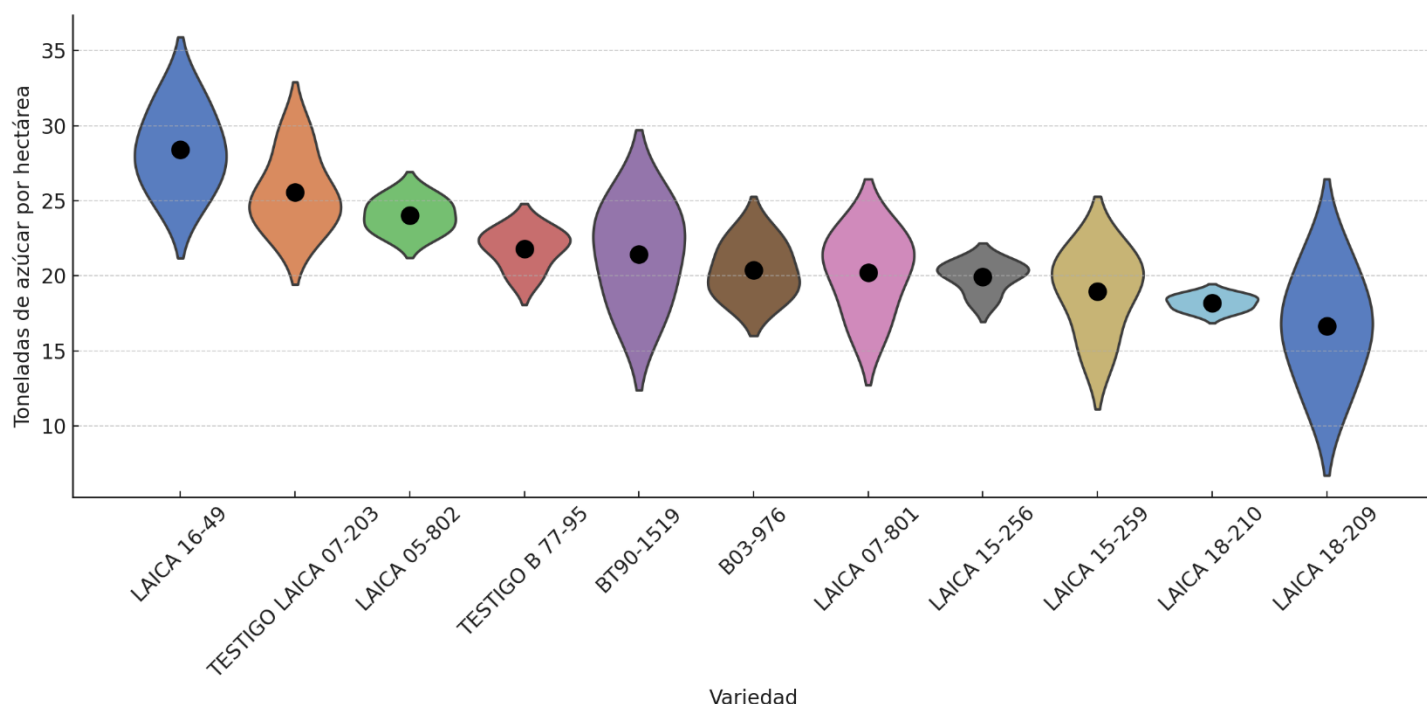


Figura 9. Desempeño en toneladas de azúcar por hectárea para 11 variedades de caña ciclo planta en ensayo de fase V, Finca Canadá, Turrialba. 2024

REGIÓN NORTE

En la **Zona Norte (San Carlos - Los Chiles)**, la investigación se desarrolla principalmente en Los Chiles (Ingenio Cutris) y cercanías de Platanar (Ingenio Quebrada Azul).

En terreno del Ingenio Cutris, se establecieron un total de 215 variedades, 105 pertenecen a fase III, 48 en el proyecto de mutagénesis, 44 están en fase IV y 18 en fase V establecido en franjas. En el ingenio Quebrada Azul se establecieron 99 nuevas variedades, 19 son variedades en fase III, 47 son materiales en fase IV de investigación y 33 en fase V (fase final) en franjas. Adicionalmente se trasladó a campo un vivero primario en Quebrada Azul y otro para Ingenio Cutris, de aquí se obtendrá la serie LAICA 26 para la región.

Además de las 305 variedades establecidas en el 2024, se cuenta con 560 variedades en distintas etapas de evaluación. En el 2024 se evaluó dos viveros primarios, logrando obtener de aquí 66 nuevas variedades LAICA serie 24 de la Zona Norte. En conjunto al ingenio Cutris, para el mes de noviembre y diciembre se realizó la evaluación agronómica a 3 ensayos de fase III: Uno cuenta con 77 variedades, siendo todas LAICA, principalmente de la serie 21. En otro se encuentran 55 variedades, de las cuales 49 son sigla LAICA y 4 son sigla CG, 1 MEX y 1 RB. Por último, una fase III de variedades LAICA con 53 materiales en evaluación.

Cuadro 7. Variedades de caña de azúcar seleccionadas para ensayos de fase V para la región norte, año 2024.

VARIEDAD	HEMBRA	MACHO	INGENIO
B 77-95	Desconocido	Desconocido	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 00-301	CTC 93-811	Desconocido	Cutris
LAICA 01-604	Q 96	SP 70-1143	Quebrada Azul
LAICA 07-801	SP 81-2068	Policruce	Cutris

LAICA 08-361	RD 75-11	RB 83-102	Cutris
LAICA 08-390	B 76-259	MEX 79-431	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 09-370	SABORIANA	TCP 87-3388	Cutris
LAICA 10-207	B 77-95	SP 82-1176	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 11-27	RD 75-11	Policruce	Cutris
LAICA 12-340	CO 421	TCP 87-3388	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 12-344	CO 421	TCP 87-3388	Quebrada Azul
LAICA 15-256	LAICA 04-244	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 15-259	LAICA 04-250	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 15-601	LAICA 01-604	SP 85-3877	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 15-613	B 76-259	RB 94-7520	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 15-618	B 76-259	RB 94-7520	Quebrada Azul
LAICA 15-624	RB 93-509	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 15-627	RB 93-509	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 15-629	Q 132	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 15-632	Q 132	?	Cutris
LAICA 16-49	LAICA 03-805	Desconocido	Quebrada Azul y Cutris
LAICA 16-655	Q 96	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 16-655	Q 96	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 16-658	LAICA 03-805	Policruce	Quebrada Azul
LAICA 18-64	CT 14442	LAICA 10-34	Cutris
LAICA 18-74	MEX 79-431	CT 10333	Cutris
LAICA 20-618	LAICA 01-604	CP 87-1248, LAICA 06-328	Cutris
PR 80-2038	Desconocido	Desconocido	Quebrada Azul
TWI 08-10	Desconocido	Desconocido	Cutris

En el mes de diciembre, se realizó la evaluación a 3 ensayos de fase III establecidos en conjunto con Quebrada Azul: Uno cuenta con 28 variedades, de las cuales, 19 son sigla LAICA, 2 RB, 2 MEX, 2 ECU, 2 CP y 1 TW. En otro se evaluaron 20 variedades, 18 sigla LAICA, 1 PR y 1 B. Por último, se realizó la evaluación a 87 variedades, siendo la mayoría LAICAS serie 21 y 22. Con respecto a la fase V (en franjas) establecidas en Quebrada Azul y Los Chiles se cuenta con un grupo de 29 variedades según se muestra en el cuadro 7. En este grupo se observa un gran potencial, gracias a la genética de progenitores como LAICA, SP y RB, ya que combinan características como la rusticidad, la maduración temprana, precocidad y una buena concentración de azúcar, lo cual les permite adaptarse bien a suelos de baja fertilidad natural y a las condiciones de la región. Producto de la división de selección en dos condiciones, por un lado, Cutris en Los Chiles y por otra parte Quebrada Azul en alrededores de Platanar, podemos observar que solo algunas variedades se repiten como alternativas a futuro para cada lugar.

REGIÓN PACIFICO SECO

En la región **Pacífico Seco (Guanacaste y Puntarenas)**, se establecieron para el año 2024 un total de 242 nuevas variedades de caña de azúcar.

En Azucarera El Viejo, se seleccionaron 63 materiales del vivero primario para la fase III nacional y 48 materiales para la fase III de variedades extranjeras. En Ingenio Taboga, se seleccionaron 44 materiales en fase III de variedades extranjeras, 49 en fase III nacional y 38 materiales del proyecto de mutagénesis. Adicionalmente, se trasladó un vivero primario con 6.324 plántulas a El Viejo y otro con 5.171 plántulas a El Palmar (Puntarenas), ambos correspondientes a la serie LAICA 2026.

En el año 2024, además de las 242 variedades reproducidas, contamos con 336 variedades en etapa de evaluación. Durante este año, se evaluaron un total de dos viveros primarios para la obtención de 112 nuevas variedades de caña de azúcar, todas de la sigla LAICA serie 24. Estas variedades se encuentran distribuidas en dos ubicaciones: una parte se ubica en la finca de la Universidad Técnica Nacional (UTN) Cañas y otra parte en la finca de Azucarera El Viejo en Filadelfia.

En enero del 2024 se realizó una segunda evaluación agronómica a la fase IV ubicada en CATSA, la cual cuenta con 50 variedades y se ha recomendado la reproducción de 18 materiales dentro de esa fase. En marzo, se realizó la primera evaluación agronómica de la fase IV establecida en finca T de CATSA, la cual cuenta con 22 variedades, 12 sigla LAICA, 3 RB, 3 CP, 2 CG, 1 MEX y 1 LTMEX.

En diciembre se realizó en Ingenio El Viejo la evaluación a un grupo de 44 materiales extranjeros, principalmente 30 MEX, también 6 B, 3 BR, 2 CP, 2 CC y 2 BJ. Adicionalmente, se llevó a cabo la evaluación de 26 variedades en franjas ubicadas en finca Chapernal de Ingenio El Palmar, 7 sigla LAICA, 7 CP, 4 RB, 3 LTMEX, 1 ECSP, 1 EC, 1 BT, 1 ECU, 1 B.

Cuadro 8. Promedio de tres cosechas en 12 variedades de caña de azúcar, en interacción con insumos orgánicos, suelo Inceptisol finca UTN, abril 2024.

Variedad	Kg sacarosa/t	t caña/ha	t azúcar /ha
LAICA 15-327	129,15	123	15,92
CP 15-2223	114,44	131,87	15,19
LAICA 15-337	126,55	118,76	15,07
CP 93-1011	115,69	129,6	15,01
BJ 9765	105,32	134,24	14,12
DB 83-144	111,46	125,48	13,99
NA 85-1602	129,07	107,94	13,97
LAICA 08-361	112,97	121,94	13,76
LAICA 15-329	117,98	106,95	12,66
BR 9414	101,94	119,33	12,19
LAICA 15-342	106,33	101,77	10,81
B 06-521	119,88	90,14	10,79
Promedio	115,90	117,59	13,62
% CV	8,86	15,62	18,8

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo de fase final (Cuadro 8), establecido en la finca de la Universidad Técnica Nacional (UTN) en Cañas, Guanacaste, se identificaron variedades con un desempeño superior en comparación con el testigo NA 85-1602, tanto en contenido de azúcar como en producción de caña.

El rendimiento del testigo NA 85-1602 se registró en 13,97 toneladas de azúcar por hectárea (t azúcar/ha). No obstante, diversas variedades evaluadas demostraron un mayor potencial productivo, destacándose las siguientes:

- LAICA 15-327: 15,92 t azúcar/ha
- CP 15-2223: 15,19 t azúcar/ha
- LAICA 15-337: 15,07 t azúcar/ha
- CP 93-1011: 15,01 t azúcar/ha

Estas variedades registraron un incremento en rendimiento de entre 7,4% y 14% con respecto al testigo, evidenciando su mayor potencial en la producción de azúcar por unidad de superficie.

Los intervalos de confianza (IC) confirman esta tendencia (Figura 10), mientras que el testigo presenta un rango de 12,28 – 15,66, las variedades de mayor rendimiento tienen límites superiores más altos, como LAICA 15 327 (14,23 – 17,61) y CP 15 2223 (13,50 – 16,88), lo que sugiere una producción más estable y con menor riesgo de obtener valores bajos en condiciones similares, en especial con la variedad LAICA 15-327.

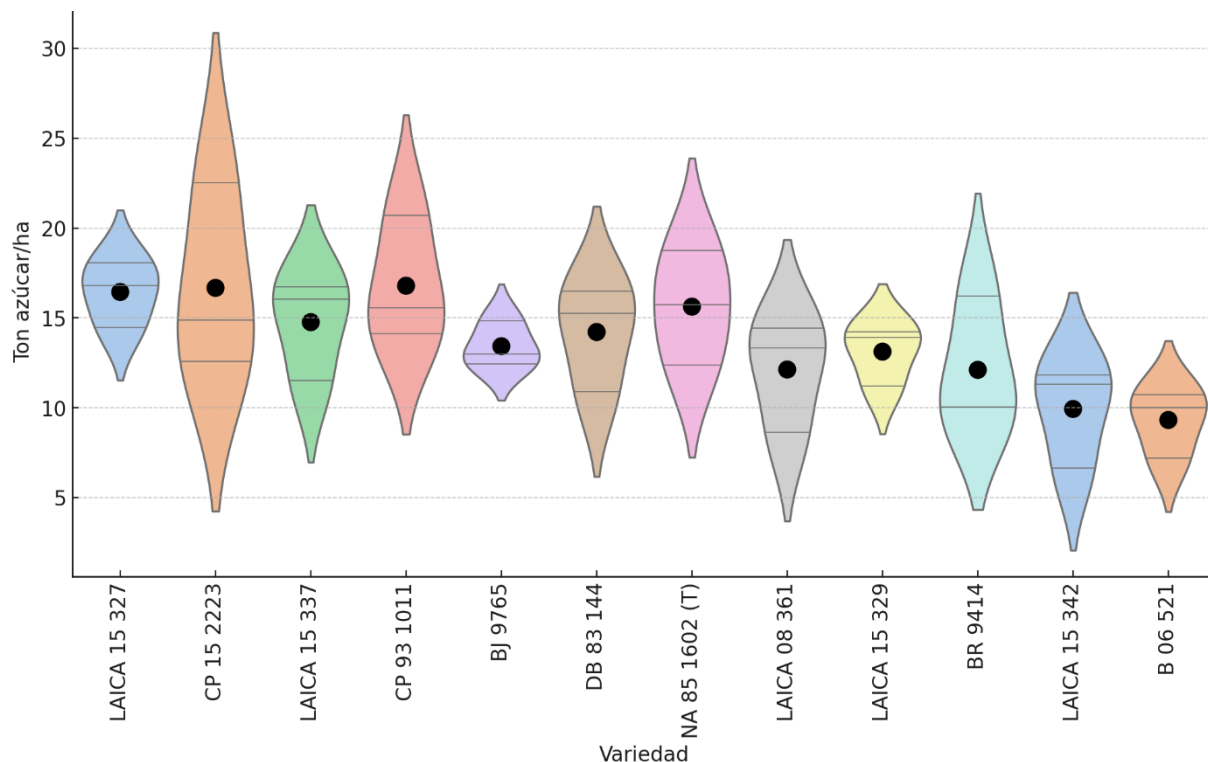


Figura 10. Desempeño en toneladas de azúcar por hectárea para 12 variedades de caña, tres cosechas, suelo Inceptisol finca UTN, abril 2024

Cuadro 9. Evaluación agroindustrial de 15 variedades de caña de azúcar en interacción con insumos orgánicos, suelo vertisol, tercera cosecha, 2024

Variedad	Kg sacarosa/t	t caña/ha	t azúcar /ha
LAICA 15 327	135,37	129,34	17,54
LAICA 08 361(T)	125,32	133,19	16,69
LAICA 15 337	134,83	123,33	16,65
LAICA 06 311	128,76	119,47	15,27
LAICA 10 809	132,59	113,72	15,12
BJ 9765	122,84	122,02	15,05

CP 15 2223	125,31	119,56	14,92
CP 93 1011	126,13	113,39	14,35
LAICA 10 207	131,25	106,46	13,99
DB 83 114	111,1	120,19	13,33
LAICA 15 342	111,18	112,48	12,43
BR 9414	116,11	106,66	12,38
LAICA 15 329	123,08	97,58	12,09
B 06 521	122,52	95,88	11,74
LAICA 05 805	118,98	97,45	11,51
Promedio	124,36	114,05	14,20
% CV	7,54	14,36	15,86

En la tercera cosecha de la fase V, establecida en La Soga, Bagaces, en un suelo de orden Vertisol, se obtuvieron resultados significativos en términos de rendimiento de caña y producción de azúcar. Según el análisis de medias presentado en el Cuadro 9, la variedad LAICA 15-327 mostró el desempeño más alto en las variables evaluadas, alcanzando 135,37 kg de sacarosa por tonelada de caña (kg sacarosa/t), 129,34 toneladas de caña por hectárea (t caña/ha) y 17,54 toneladas de azúcar por hectárea (t azúcar/ha), superando en todas las categorías al testigo LAICA 08-361.

Asimismo, la variedad LAICA 15-337 presentó un comportamiento muy similar al testigo, con un rendimiento en azúcar de 16,65 t azúcar/ha y 134,83 kg sacarosa/t, posicionándose como una alternativa competitiva. Otras variedades, como LAICA 06-311, LAICA 10-809 y CP 15-2223, también mostraron valores cercanos en rendimiento de azúcar, aunque ligeramente inferiores.

De acuerdo con la Figura 4, el testigo LAICA 08-361 registró un rendimiento de 16,69 t azúcar/ha, mientras que LAICA 15-327 obtuvo el mayor rendimiento con 17,54 t azúcar/ha, con un intervalo de confianza de $\pm 1,98$, lo que indica estabilidad en su producción. De manera similar, LAICA 15-337 alcanzó 16,65 t azúcar/ha, con un intervalo de confianza de $\pm 1,85$, situándose muy cerca del testigo y mostrando consistencia en los datos.

Por otro lado, las variedades LAICA 06-311 y LAICA 10-809 presentaron rendimientos de 15,27 y 15,12 t azúcar/ha, respectivamente, con intervalos de confianza de $\pm 1,92$ y $\pm 1,83$. Aunque estos valores se ubican ligeramente por debajo del testigo, ambas variedades se mantienen dentro de un rango competitivo.

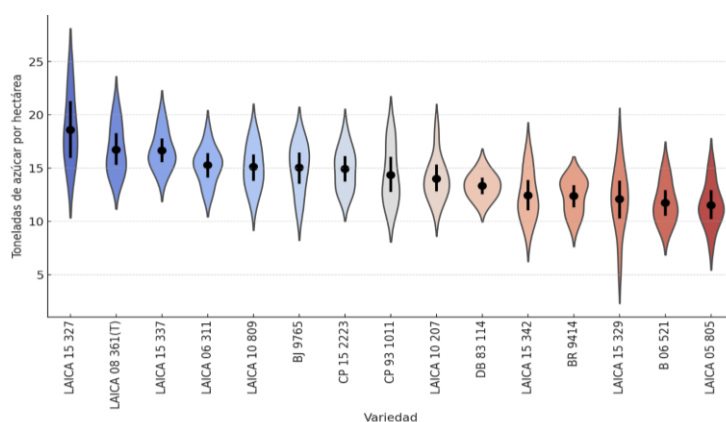


Figura 11. Desempeño en toneladas de azúcar por hectárea para 12 variedades de caña, tres cosechas, suelo Inceptisol finca UTN, abril 2024

Liberación semi-comercial de variedades

Las pruebas semi-comerciales de variedades de caña de azúcar representan una etapa crucial en el proceso de adopción de nuevos materiales, los cuales han superado previamente todas las fases de selección y han demostrado un incremento en la producción de azúcar por unidad de área. En esta etapa, los ingenios y productores evalúan las variedades a pequeña escala para determinar su comportamiento en diferentes localidades de siembra, así como los factores que pueden mejorar o afectar su desempeño agronómico.

El año 2024 ha sido particularmente exitoso para el programa de variedades, destacándose por la liberación semi-comercial de un conjunto significativo de nuevos materiales. En el Cuadro 10 se presenta la lista de variedades que, durante este año, han mostrado características favorables y han sido reproducidas por los ingenios con el propósito de ampliar su evaluación en aspectos relacionados con el manejo agronómico, la cosecha y otros factores clave para su desarrollo y adopción a mayor escala.

Cuadro 10. Liberación de variedades semi-comerciales en las regiones cañeras de Costa Rica

Región	Variedad
Sur	LAICA 10-207
	LAICA 06-328
	LAICA 11-661
	LAICA 08-390
	LAICA 04-303
Juan Viñas	LAICA 15-215
	LAICA 15-230
	LAICA 15-209
	LAICA 15-216
Turrialba	SP 78-4764
	LAICA 05-805
Valle Central	LAICA 11-27
	LAICA 11-37
Pacífico Central	CP 15 2223
	CP 15 2257
	RB 04 1596
	RB 04 1604
Guanacaste Este	LAICA 15-327
	LAICA 15-337
	LAICA 15-334
Guanacaste Oeste	LAICA 09-374
	LAICA 08-361
	RB 04 1596
	RB 04 1604
	LAICA 15-327
	LAICA 15-334

Programa de Productividad Agrícola

El presente informe del Programa de Productividad Agrícola del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) expone los principales resultados obtenidos en el año 2024. La optimización productiva del cultivo de caña de azúcar es determinante para la sostenibilidad y competitividad del sector. A través de estudios en las principales zonas productoras, se han evaluado aspectos esenciales como manejo agronómico, nutrición, relación suelo-agua-planta, control de malezas y cosecha

Para incrementar significativamente la producción de caña de azúcar, no basta con variedades de alto rendimiento y condiciones agroclimáticas favorables; es esencial implementar prácticas de manejo adaptadas a las necesidades específicas del cultivo en todas sus etapas. Aspectos clave como preparación del suelo, siembra, fertilización, control de malezas y uso de enmiendas orgánicas son fundamentales para mejorar la productividad y longevidad de las plantaciones.

Este informe, elaborado con el apoyo del personal de LAICA DIECA, presenta resultados de investigaciones realizadas en las regiones cañeras del país. Estas investigaciones, basadas en consultas con productores y técnicos, abordan problemas prioritarios del cultivo mediante metodologías rigurosas y análisis científicos, garantizando información confiable y profesional. Estos resultados han sido posibles gracias al esfuerzo conjunto de equipos técnicos, ingenios, cámaras de productores, empresas privadas y colaboradores, a quienes se extiende un especial agradecimiento. El informe reafirma el compromiso de DIECA con la investigación aplicada y la transferencia de conocimientos para potenciar la eficiencia y sostenibilidad del sector cañero.

REGIÓN SUR

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE BIOESTIMULANTES EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), PORVENIR, FINCA MONTES, LA FORTUNA DE SAN PEDRO, ZONA SUR

Los bioestimulantes se han consolidado como una herramienta esencial para potenciar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, optimizando la absorción de nutrientes y fortaleciendo la resistencia al estrés abiótico. En este estudio, se evaluó el efecto de distintos bioestimulantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), con el objetivo de determinar su impacto en el rendimiento productivo y su adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de la Zona Sur.

Para ello, se estableció un ensayo de investigación en Porvenir, Finca Montes, La Fortuna, San Pedro. La siembra se realizó el 5 de julio de 2023, utilizando la variedad LAICA 07-801. El experimento se diseñó con 12 tratamientos, distribuidos en 4 bloques con 4 repeticiones. Cada parcela tuvo una superficie de 45 m², con un surco entre bloques y una distancia de 2 metros entre parcelas.

Cuadro 1. Lista de tratamientos y dosis de fertilización empleada.

Tratamientos	Fertilización
1) Testigo	Manejo de finca
2) Blue N	100%
3) DIECA 1 Fca. San Pedro Org	50%
4) DIECA 2 D 0719 Bac3	50%
5) Nutrifert	100%
6) UPL	100%
7) Suplidora Verde	75%
8) Sembrador	100%
9) BioEco	100%
10) MM (2 aplicaciones)	75%
11) MM (3 aplicaciones)	50%
12) 2TM Biocarbón	75%

Resultados primer cosecha (caña planta)

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura 1), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los

tratamientos. No obstante, los tratamientos T11, T6 y T3 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T2, T12 y T8.

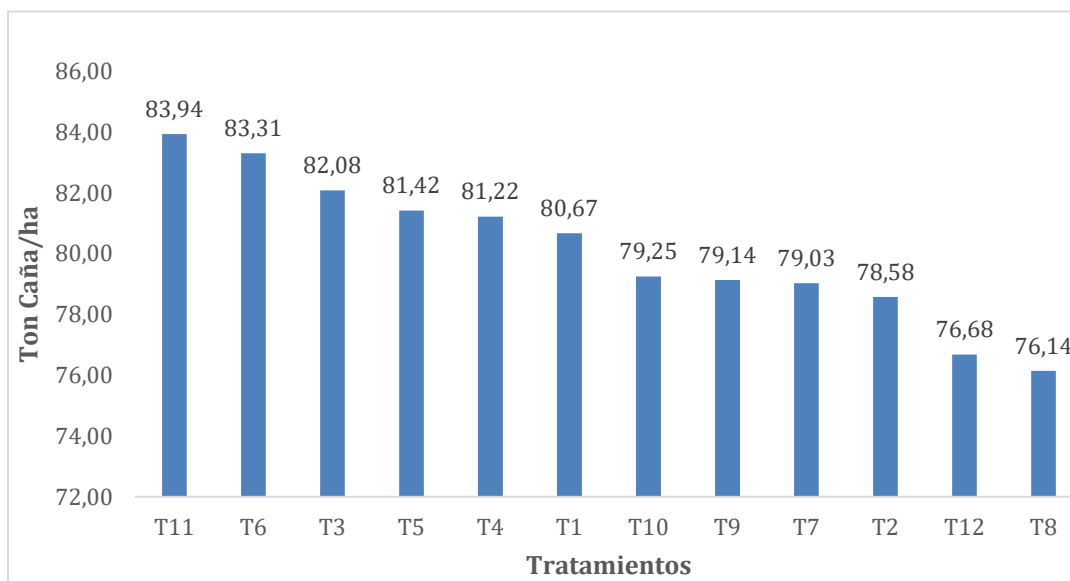


Figura 1. Rendimiento agrícola de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 2), los tratamientos T6, T4 y T5 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T3 y T12.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 2), los tratamientos T6, T4 y T5 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T3 y T12.

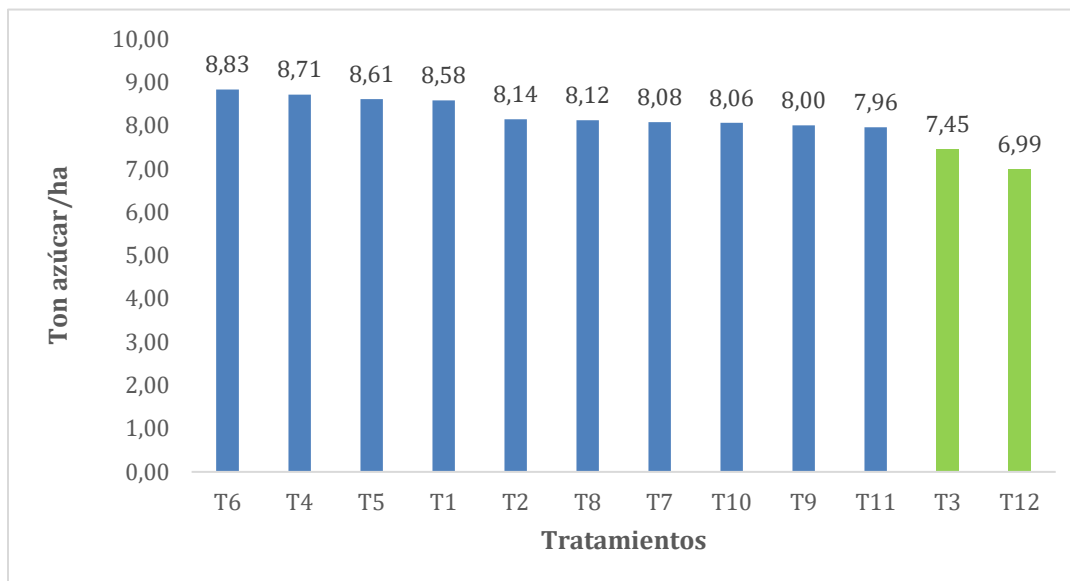


Figura 2. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 3) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, los tratamientos T4, T8 y T1 registraron los valores más altos en

comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T12, T11 y T3.

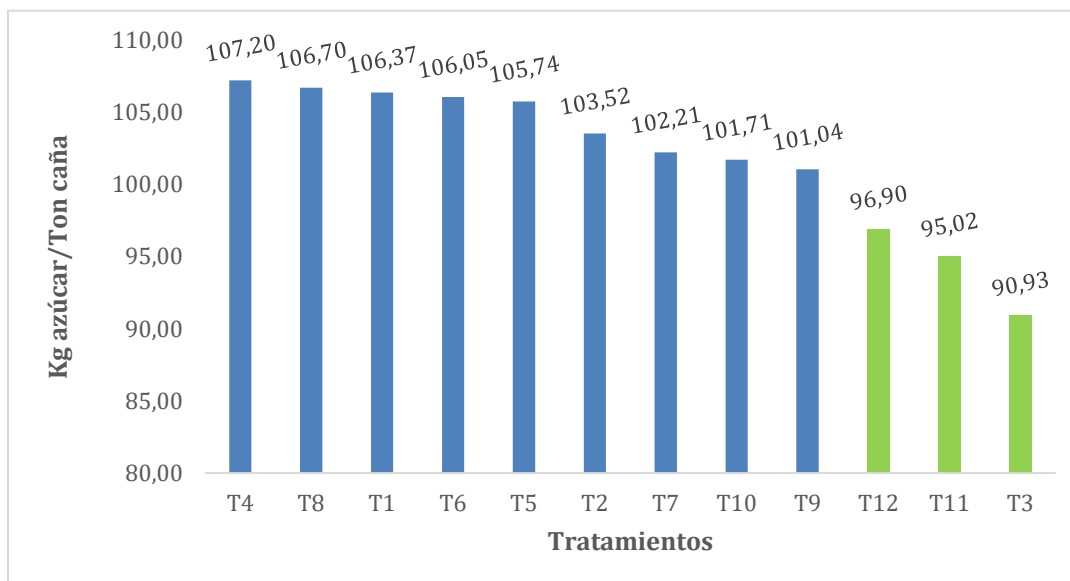


Figura 3. Rendimiento industrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE FUENTES NITROGENADAS EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), PORVENIR, FINCA MONTES, LA FORTUNA DE SAN PEDRO, ZONA SUR

El ensayo tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes fuentes nitrogenadas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la zona sur de Costa Rica, específicamente en Porvenir, Finca Montes, La Fortuna de San Pedro. La evaluación de la fertilización nitrogenada en este cultivo resulta crucial para optimizar el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento productivo de la caña de azúcar, permitiendo un manejo eficiente de los recursos y una mayor sustentabilidad en la producción.

El ensayo se estableció el 5 de julio de 2023, utilizando la variedad LAICA 07-801, la cual ha demostrado buenas características agronómicas en la región. Se diseñó un experimento con 8 tratamientos, organizados en 4 bloques con 4

repeticiones cada uno. Cada unidad experimental abarca un área de 45 m², con una configuración de 1 surco entre bloques y una separación de 2 metros entre parcelas, garantizando así una adecuada comparación entre los tratamientos evaluados.

El estudio de fuentes nitrogenadas en la caña de azúcar es de suma importancia para determinar el tipo y la dosis de fertilizante más eficiente en esta región, contribuyendo a mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo. Con los resultados de este ensayo, se podrá brindar información técnica clave para la toma de decisiones en el manejo nutricional de la caña de azúcar, beneficiando tanto a productores como a la industria azucarera en general.

Cuadro 2. Lista de tratamientos y dosis de fertilización empleada.

Tratamientos	Fertilización
1) Testigo	Manejo de finca
2) Nitroextend	100%
3) Blue N	100%
4) N. Orgánico 20% Sanskar (20-0-0)	70%
5) Nano Urea	50%
6) Nitroextend-S (Urea azufrada 38-0-0-7.7S)	100%
7) Nutrex Agrotico (15,3-20,2-15,1)	NA
8) Nitroextend	80%

Resultados primer cosecha (caña planta)

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura 4), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los

tratamientos. No obstante, los tratamientos T6, T3 y T5 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T1, T7 y T2.

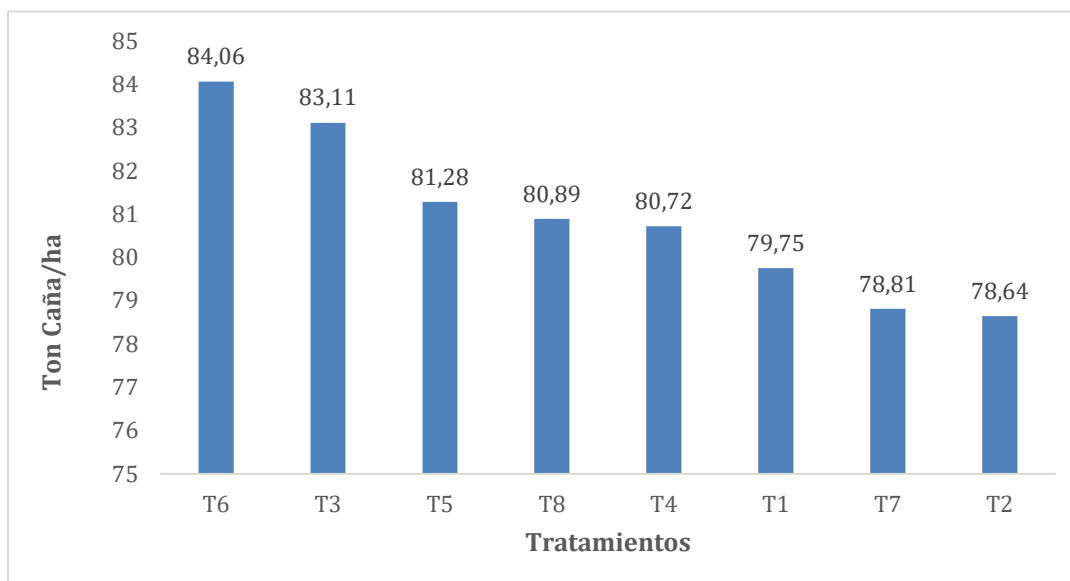


Figura 4. Rendimiento agrícola de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de fuentes nitrogenadas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 5), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, los tratamientos T3, T1 y T5 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T2, T4 y T7.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 5), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, los tratamientos T3, T1 y T5 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T2, T4 y T7.

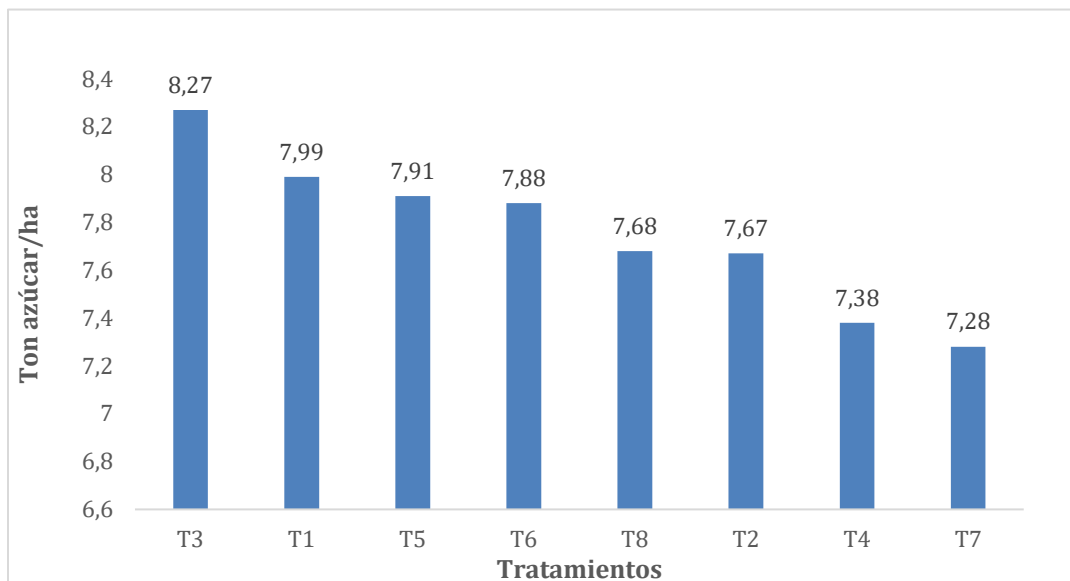


Figura 5. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de fuentes nitrogenadas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 6) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, los tratamientos T1, T3 y T2 registraron los valores más altos en comparación

con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T8, T6, T7 y T4.

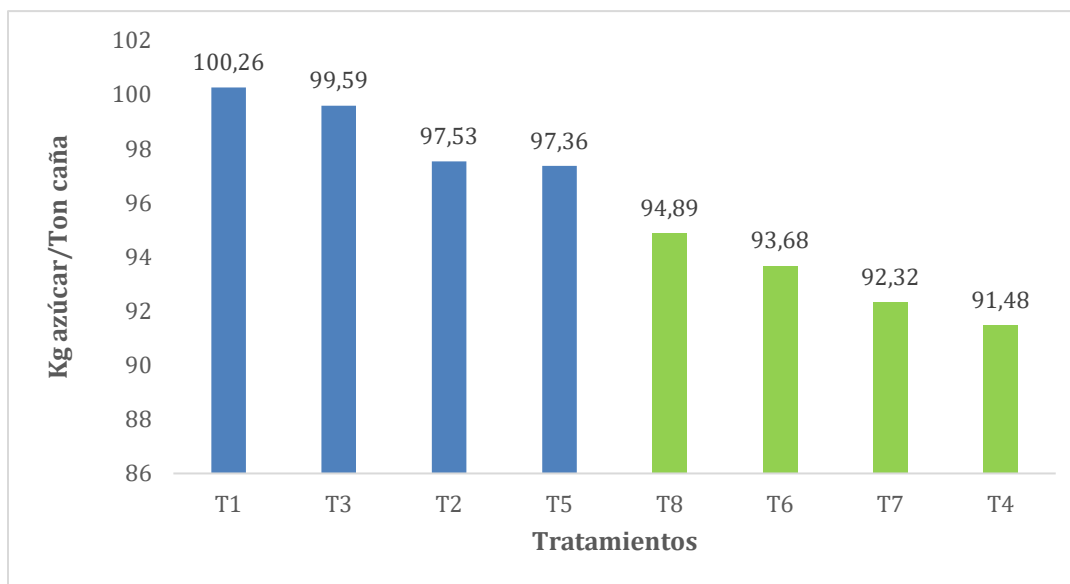


Figura 6. Rendimiento industrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de fuentes nitrogenadas. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS DE SIEMBRA DE CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), PORVENIR, FINCA MONTES, LA FORTUNA DE SAN PEDRO, ZONA SUR

El ensayo tiene como objetivo evaluar los métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la zona sur de Costa Rica, específicamente en Porvenir, Finca Montes, La Fortuna de San Pedro. La evaluación de diferentes técnicas de siembra es fundamental para determinar el sistema más eficiente en cuanto a establecimiento, crecimiento y rendimiento del cultivo.

El ensayo se estableció el 5 de julio de 2023, utilizando cuatro variedades: SP 78-4764, LAICA 10-207, LAICA 04-303 y LAICA 08-390. Se diseñó un experimento con 12 tratamientos, organizados en 4 bloques con 4 repeticiones cada uno. Cada unidad experimental abarca un

área de 45 m², con una configuración de 1 surco entre bloques y una separación de 2 metros entre parcelas, garantizando así una adecuada comparación entre los tratamientos evaluados.

El ensayo incluye la evaluación de tres tipos de siembra: 2 chorros, 3 chorros y siembra transversal a 40 cm por variedad. El estudio de estos métodos permitirá identificar la técnica de establecimiento más adecuada para mejorar la eficiencia y productividad del cultivo en la región.

Con los resultados de este ensayo, se podrá brindar información técnica clave para la toma de decisiones en el manejo agronómico de la caña de azúcar, beneficiando tanto a productores como a la industria azucarera en general.

Cuadro 3. Lista de tratamientos empleados.

Tratamientos
1) SP 78-4764 (Transversal 40cm)
2) SP 78-4764 (2 Chorros)
3) SP 78-4764 (3 Chorros)
4) LAICA 10-207 (Transversal 40cm)
5) LAICA 10-207 (2 Chorros)
6) LAICA 10-207 (3 Chorros)
7) LAICA 04-303 (Transversal 40cm)
8) LAICA 04-303 (2 Chorros)
9) LAICA 04-303 (3 Chorros)
10) LAICA 08-390 (Transversal 40cm)
11) LAICA 08-390 (2 Chorros)
12) LAICA 08-390 (3 Chorros)

Resultados primer cosecha (caña planta)

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura 7), los tratamientos T6, T5 y T3 registraron los

valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T9, T7 y T4.

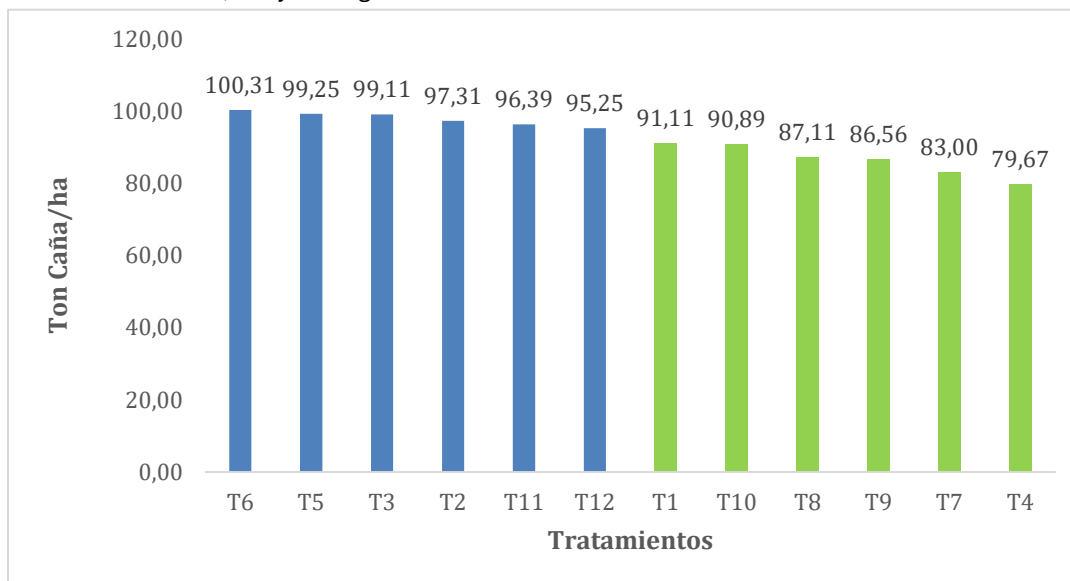


Figura 7. Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 8), los tratamientos T5, T6 y T3 registraron los valores

más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T8, T9 y T7.

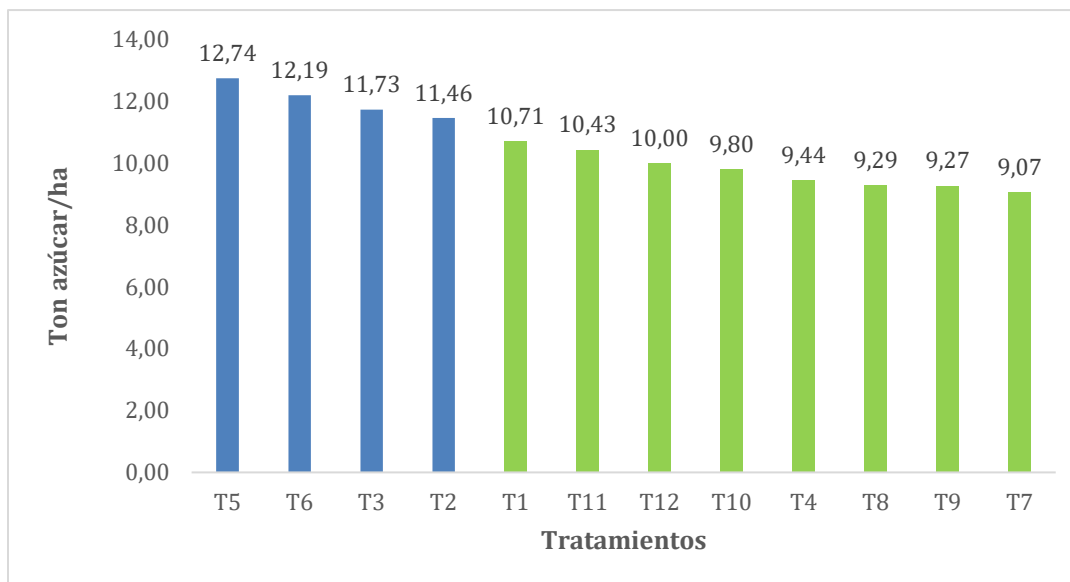


Figura 8. Rendimiento agroindustrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 9) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, los tratamientos T5, T6 y T4 registraron los valores más altos en comparación

con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T9, T8 y T12.

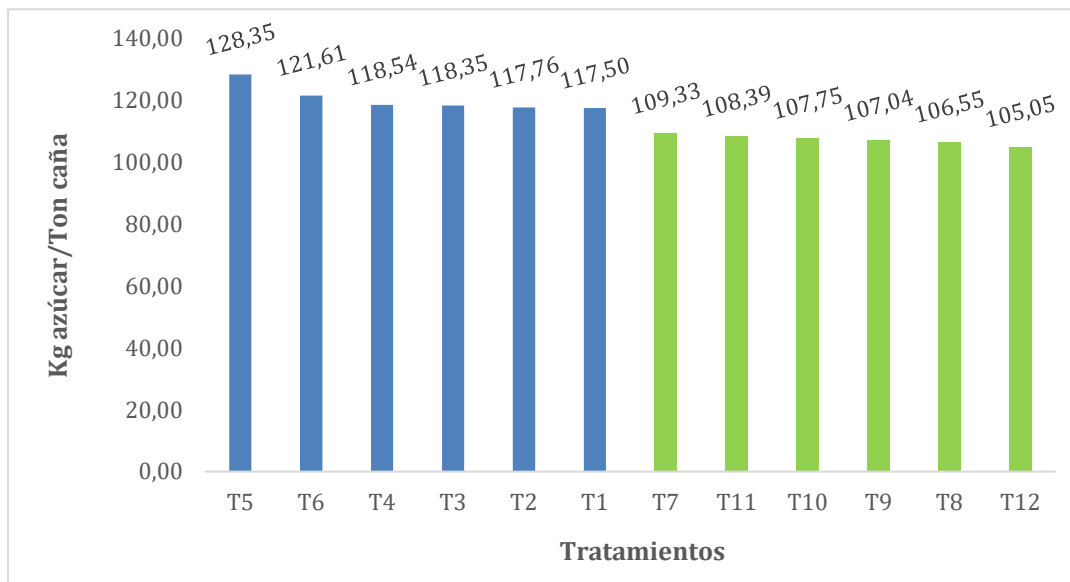


Figura 9. Rendimiento industrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en cuatro variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

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

Este ensayo se evaluó la respuesta productiva de la caña de azúcar a la aplicación de distintos bioestimulantes en la zona sur, específicamente en Finca La Ceniza. Se utilizó la variedad LAICA 07-801, sembrada en el año 2022, con un diseño experimental de 12 tratamientos, 4 bloques y 4 repeticiones. Cada parcela tuvo un área de 56,25 m², con 1 surco entre bloques y 2 metros entre parcelas.

Los bioestimulantes han demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar el rendimiento y la calidad de la caña de azúcar. Derivados de sustancias naturales, estos productos estimulan respuestas fisiológicas en las plantas, fortaleciendo su resistencia a condiciones adversas. Su uso favorece el

crecimiento radicular, optimiza la absorción de nutrientes y mejora la tolerancia al estrés abiótico. Además, contribuyen a una mayor acumulación de sacarosa, impactando positivamente en la calidad del azúcar producido.

Este estudio resalta la importancia de optimizar el uso de bioestimulantes para maximizar los beneficios agronómicos y económicos en la producción de caña de azúcar. A medida que avanza la investigación, se espera que estos productos desempeñen un papel clave en la promoción de prácticas sostenibles y en la mejora continua de la productividad del sector cañero.

Cuadro 4. Lista de tratamientos, dosis y porcentaje de fertilización empleada.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN TRATAMIENTOS
T1	Cropcell NPK-líquido + 0% fertilización
T2	ác. húmicos aplicación (100 kg/ha) + 50 % fertilización
T3	Microorganismos de montaña + 50 % fertilización
T4	Microorganismos de montaña + biocarbón + 50 % fertilización
T5	Sembrador foliar + 100 % fertilización
T6	Sembrador drench + 100 % fertilización
T7	Testigo (Manejo Finca)
T8	DIECA bacterias + 50% fertilización
T9	Agro pro root feed dry (5 kg/ha) + 100 % fertilización
T10	ác. húmicos aplicación (100 kg/ha) testigo + 100 % fertilización
T11	Agroinnova bioagenasol (500 kg/ha) + 100% fertilización
T12	Biocontrol fij. N (2 L/ha) + 50 % fertilización

Resultados segunda cosecha (1ª Soca)

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura 10), los tratamientos T5, T11 y T9 registraron los

valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T2 y T1.

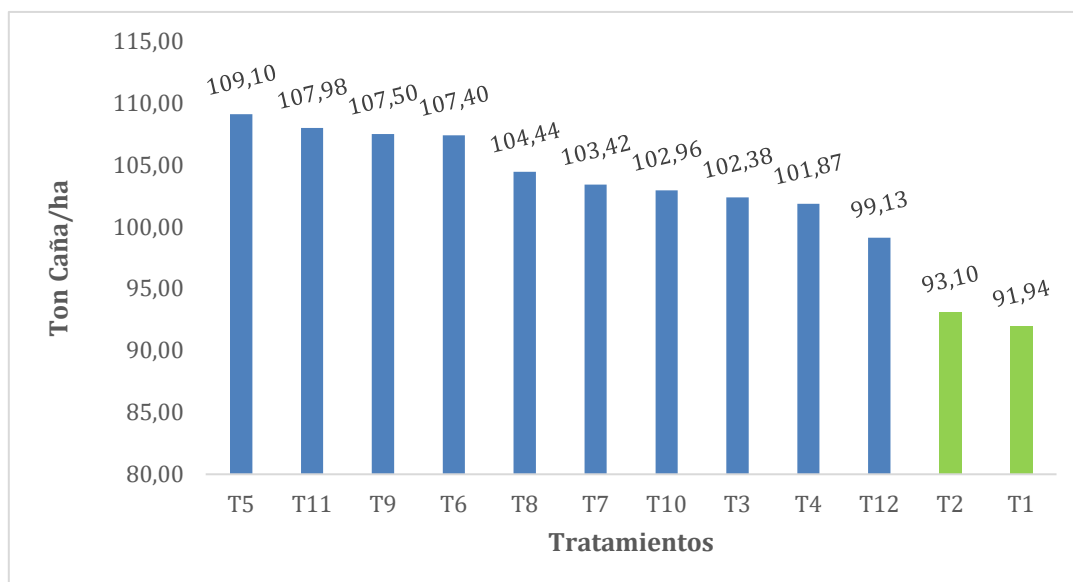


Figura 10. Rendimiento agrícola de la caña de azúcar var. LAICA 07- 801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 11), los tratamientos T5, T11 y T9 registraron los valores

más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T4, T2 y T1.

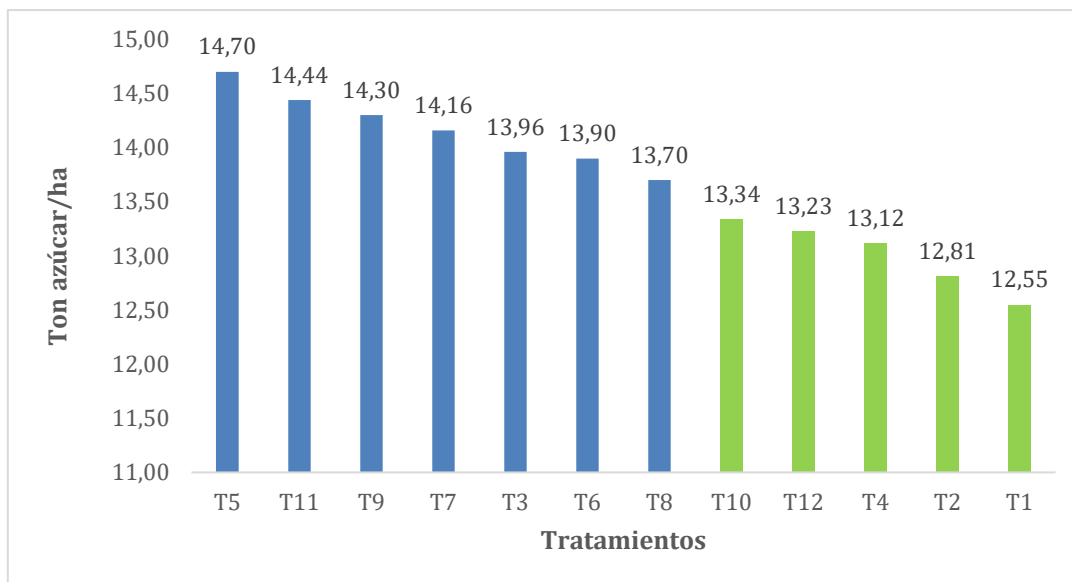


Figura 11. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 12) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, los tratamientos T2, T7 y T1 registraron los valores más altos en comparación

con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T10, T6 y T4.

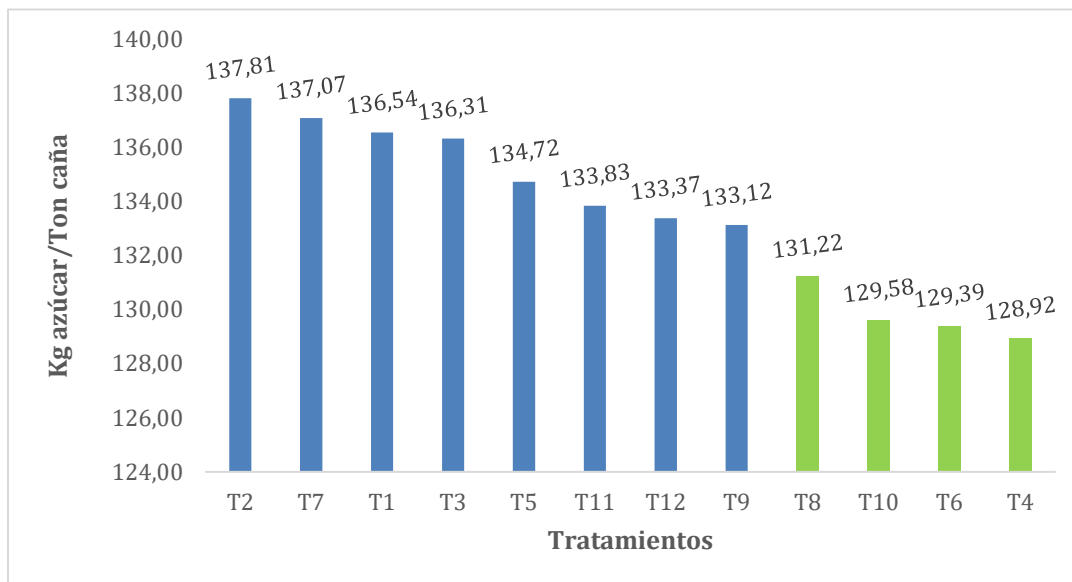


Figura 12. Rendimiento industrial de la caña de azúcar var. LAICA 07-801 obtenido tras la aplicación de distintos bioestimulantes. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS DE SIEMBRA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum*), FINCA OASIS, LA CENIZA, ZONA SUR**

Para este ensayo 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. La siembra se realizó en el año 2022, con un diseño experimental de 12 tratamientos, 4 bloques y 4 repeticiones. Cada parcela tuvo un área de 56,25 m², con 1 surco entre bloques y 2 metros entre parcelas.

Los métodos y sistemas de siembra desempeñan un papel clave en la eficiencia y productividad del cultivo. Este estudio analiza diversas prácticas que influyen en el establecimiento exitoso de la caña, resaltando la importancia de seleccionar el método más adecuado según las condiciones específicas del terreno.

Se examinaron diferentes técnicas, como la siembra a dos y tres chorros, siembra en H y siembra transversal. Cada uno de estos enfoques impacta en la calidad de la plantación, la germinación y la eficiencia en el uso de recursos. Además, la elección del sistema de siembra influye en la gestión agronómica posterior, afectando la densidad de plantación, la competencia con malezas y la uniformidad del cultivo.

Comprender estas opciones permite a los productores optimizar la producción de caña de azúcar, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas agrícolas y contribuyendo al desarrollo de un sistema productivo más rentable.

Cuadro 5. Lista de tratamientos.

Tratamiento	Descripción tratamiento por variedad	
1	Siembra convencional (2 cañas)	LAICA 07-801
2	Siembra convencional (3 cañas)	LAICA 07-801
3	Siembra transversal (35 cm)	LAICA 07-801
4	Siembra en H	LAICA 07-801
5	Siembra convencional (2 cañas)	RB 98-710
6	Siembra convencional (3 cañas)	RB 98-710
7	Siembra transversal (35 cm)	RB 98-710
8	Siembra en H	RB 98-710
9	Siembra convencional (2 cañas)	LAICA 04-44
10	Siembra convencional (3 cañas)	LAICA 04-44
11	Siembra transversal (35 cm)	LAICA 04-44
12	Siembra en H	LAICA 04-44

Resultados segunda cosecha (1ª Soca)

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura

13), los tratamientos T4, T9 y T12 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T1, T7 y T5.

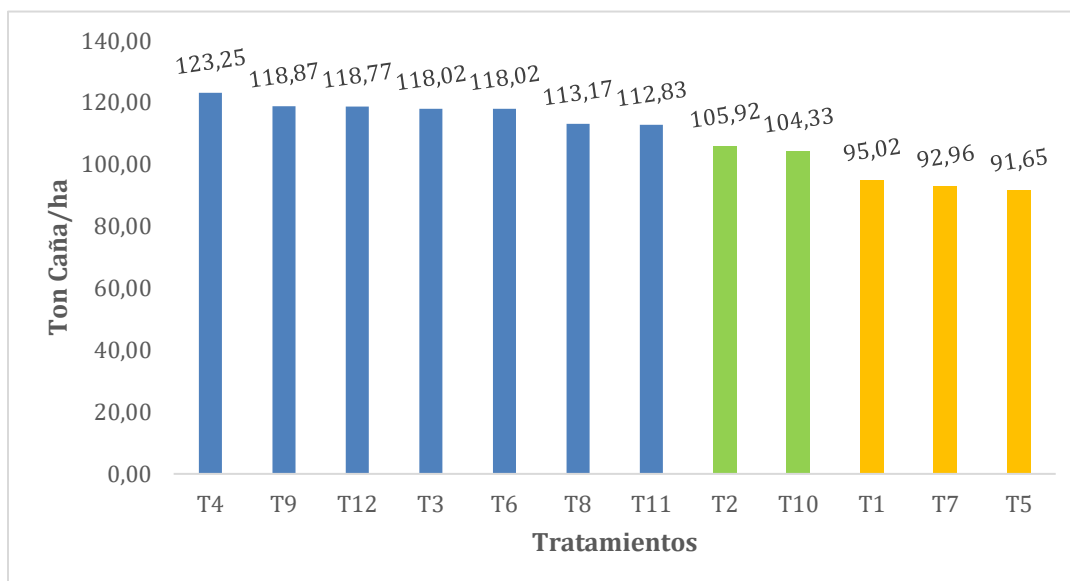


Figura 13. Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 14), los tratamientos T4, T9 y T12 registraron los valores

más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T1, T5 y T7.

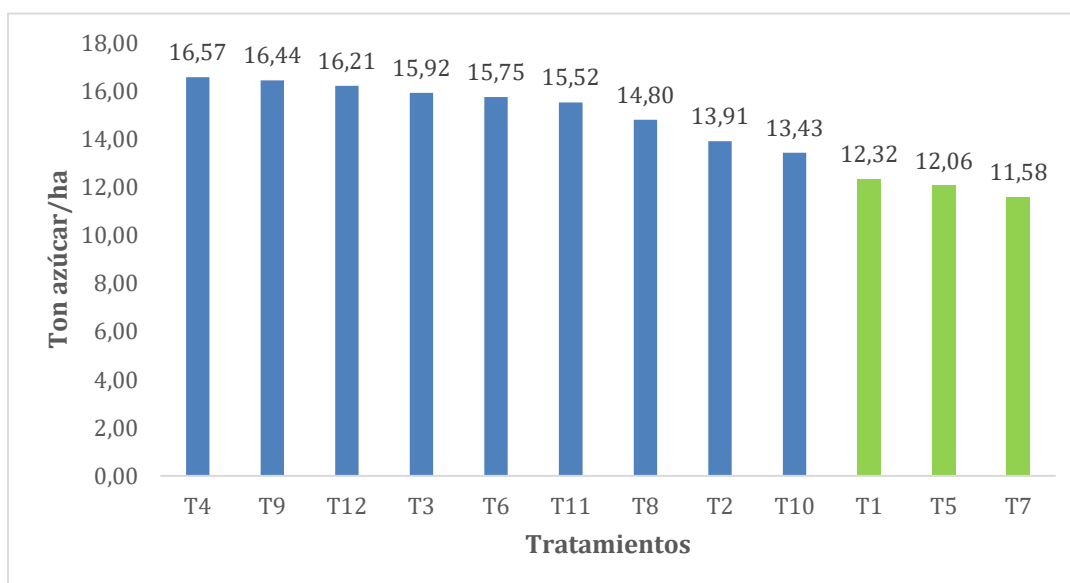


Figura 14. Rendimiento agroindustrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 15) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, los tratamientos T9,

T11 y T12 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T1, T10 y T7.

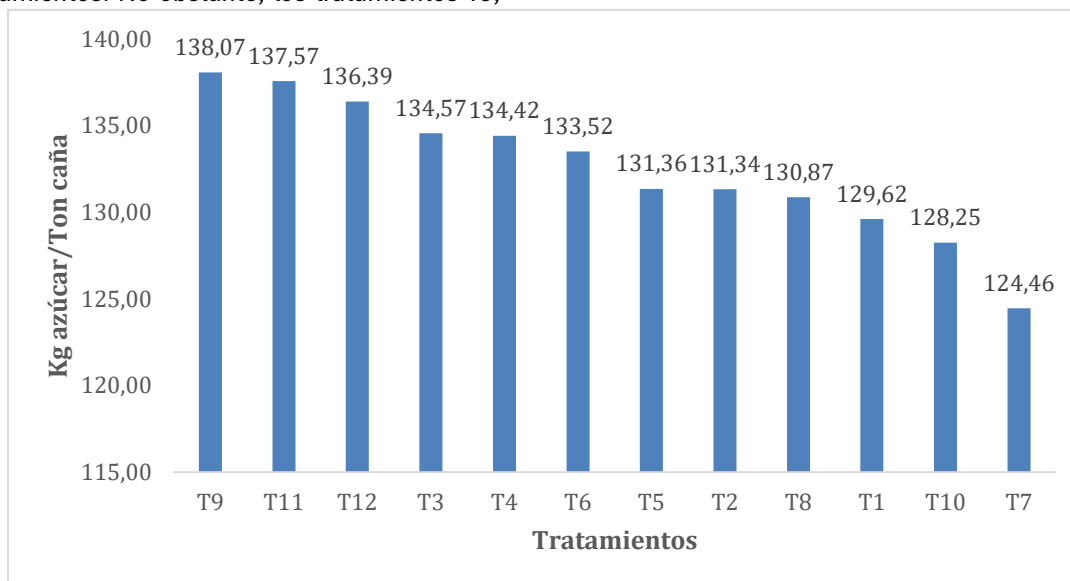


Figura 15. Rendimiento industrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la zona sur. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

REGIÓN TURRIALBA

EVALUACIÓN DE MÉTODOS Y SISTEMAS DE SIEMBRA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), EN LA REGIÓN DE TURRIALBA, FINCA COOPECAÑITA

Dicho ensayo de investigación tiene como objetivo evaluar la importancia de distintos sistemas y métodos de siembra en caña de azúcar, comparando las técnicas de 2 chorros, siembra en H y siembra transversal a 35 cm. El estudio se llevó a cabo en la región de Turrialba, en Finca Coopecañita R.L., utilizando tres variedades: LAICA 07-203, B76-259 y LAICA 05-805. La siembra se realizó en septiembre de 2022 sobre un suelo de tipo Inceptisol.

El diseño experimental incluyó 9 tratamientos, distribuidos en 4 bloques con 4 repeticiones cada uno. Cada parcela tuvo un área de 75 m², con una separación de 1 surco entre bloques y 2 metros

Cuadro 6. Lista de tratamientos.

entre parcelas. Este enfoque permitió analizar el desempeño de cada sistema de siembra en términos de establecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.

Los sistemas de siembra desempeñan un papel crucial en la optimización del crecimiento y rendimiento de la caña de azúcar. Este estudio proporciona información clave para mejorar la eficiencia agronómica, facilitando la toma de decisiones para productores y técnicos del sector. Los resultados contribuirán a la selección de las mejores prácticas, promoviendo una producción sostenible y rentable en la región.

Tratamiento	Descripción de tratamientos por variedad	
1	Siembra convencional (2 cañas)	LAICA 07-203
2	Siembra transversal (35 cm)	LAICA 07-203
3	Siembra en H	LAICA 07-203
4	Siembra convencional (2 cañas)	B 76-259
5	Siembra transversal (35 cm)	B 76-259
6	Siembra en H	B 76-259
7	Siembra convencional (2 cañas)	LAICA 05-805
8	Siembra transversal (35 cm)	LAICA 05-805
9	Siembra en H	LAICA 05-805

Resultados primer cosecha

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura

16), el tratamiento T1 registra el valor más alto en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T9, T4 y T8.

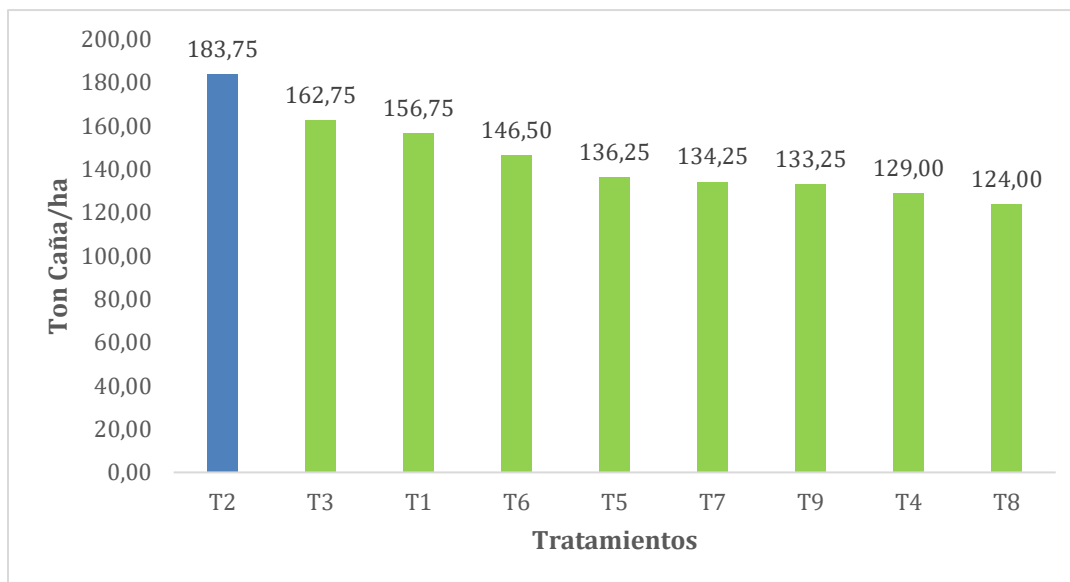


Figura 16. Rendimiento agrícola obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la región de Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 17), los tratamientos T2, T3 y T1 registraron los valores

más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T9, T4 y T8.

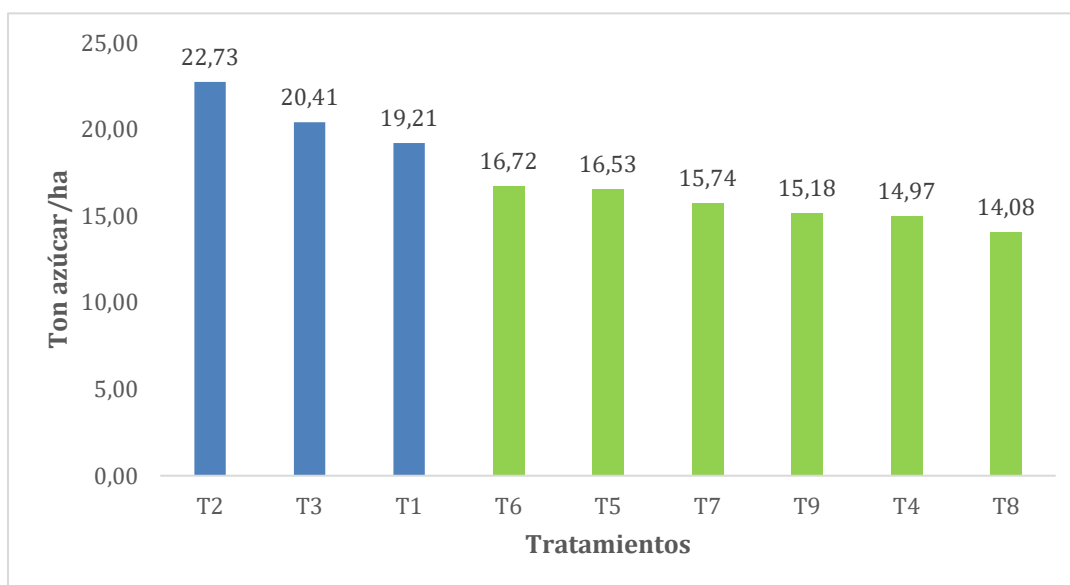


Figura 17. Rendimiento agroindustrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la región de Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la (Figura 18) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, los tratamientos T3, T2 y T1 registraron los valores más altos en comparación

con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T6, T9 y T8.

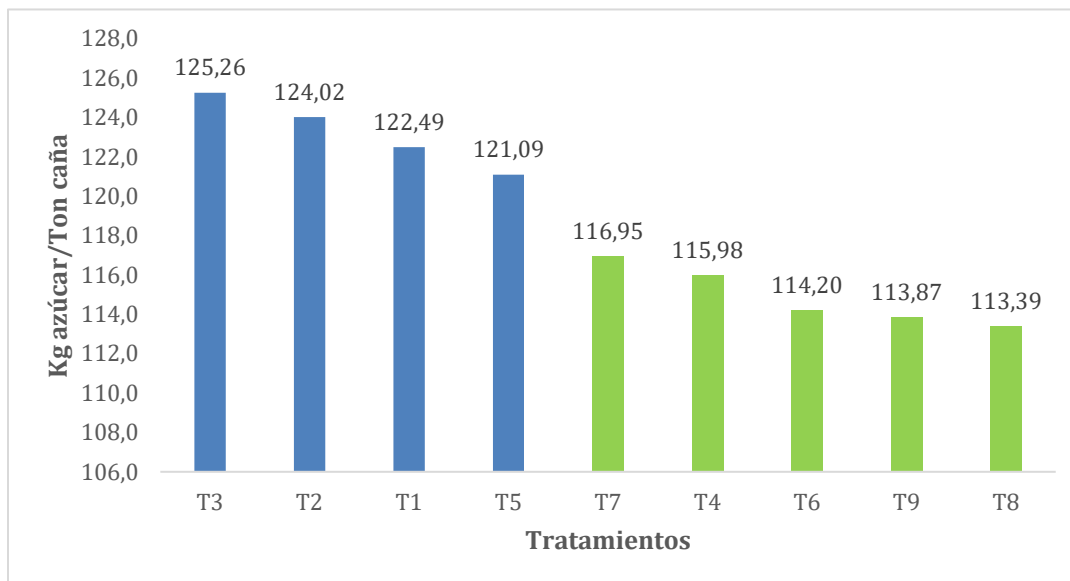


Figura 18. Rendimiento industrial obtenido en distintos métodos y sistemas de siembra en tres variedades de caña de azúcar en la región de Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), MEDIANTE EL USO DE PRODUCTOS SOSTENIBLES EN FINCA LA ISABEL, TURRIALBA

Este ensayo se ubica en Finca La Isabel, Turrialba, con el objetivo de evaluar la reducción de la fertilización en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) mediante el uso de productos sostenibles. El estudio se realizó en un suelo de tipo Inceptisol, utilizando la variedad LAICA 07-203, sembrada en octubre de 2022.

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar, con 9 tratamientos y 4 repeticiones, distribuidos en 4 bloques. Cada parcela tuvo un área de 56,25 m², con 1 surco entre bloques y una separación de 2 metros entre parcelas.

El uso de productos sostenibles, como biofertilizantes, bioestimulantes y enmiendas orgánicas, representa una alternativa para optimizar la nutrición del cultivo, reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y mejorar la salud del suelo. Este estudio busca generar información clave sobre su impacto en el rendimiento de la caña de azúcar y la sostenibilidad del sistema productivo.

Los resultados permitirán orientar estrategias agronómicas para mejorar la eficiencia en el manejo de fertilización, promoviendo una producción más sostenible y rentable en la región.

Cuadro 7. Lista de tratamientos, dosis y porcentaje de fertilización empleada.

Tratamientos	Descripción de tratamientos
T1	Fertilización convencional reducida al 50%
T2	Fertilización convencional reducida al 75%
T3	Fertilización convencional 100% (Testigo)
T4	Fertilización convencional reducida al 50% + Fijadoras N DIECA (Cn 1x10 ⁹ UFC/ml de caldo) + Solubilizadoras P DIECA (Cn 1x10 ⁹ UFC/ml de caldo)
T5	Fertilización convencional reducida al 75% + Fijadoras N DIECA (Cn 1x10 ⁹ UFC/ml de caldo) + Solubilizadoras P DIECA (Cn 1x10 ⁹ UFC/ml de caldo)
T6	Fertilización convencional al 75% + 6L/ha Magic Green (Aplicación dividida en 2)
T7	Paquete nutricional Cropcell
T8	Fertilización convencional reducida al 50% + 50 % paquete nutricional Cropcell
T9	Fertilización convencional 100% + Tratamiento ABOPAC (Terratop, 20 Kg/ha)

Resultados primer cosecha

Según los resultados obtenidos en la producción agrícola toneladas de caña por hectárea (Figura 19), no se observaron diferencias

estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, los tratamientos T8, T2 y T6 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T4, T9 y T7.

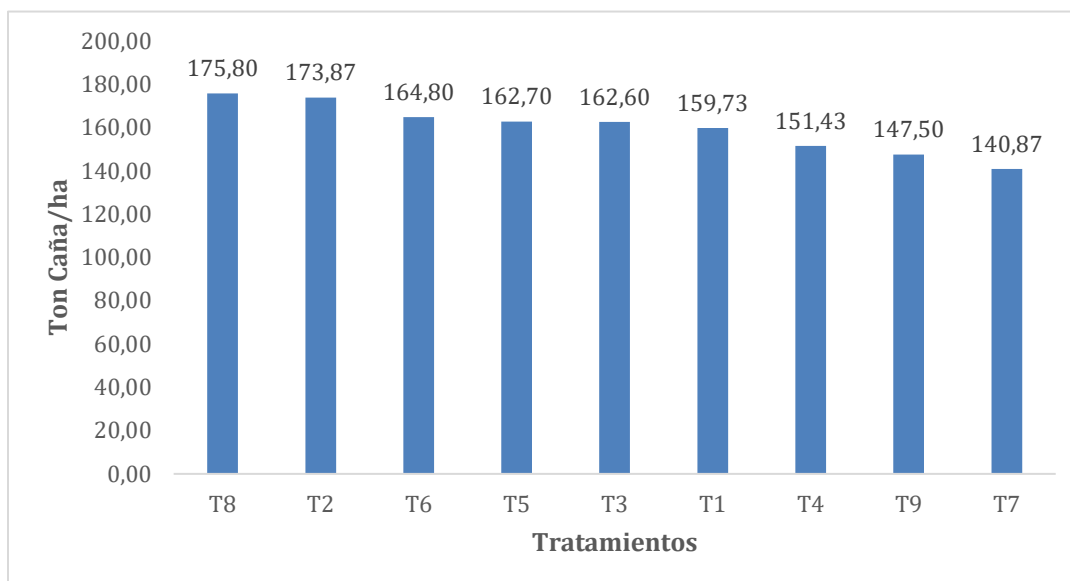


Figura 19. Rendimiento agrícola de la caña de azúcar obtenido tras la reducción de la fertilización y aplicación de distintos productos sostenibles, en Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

En la variable agroindustrial toneladas de azúcar obtenidas por hectárea (Figura 20), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No

obstante, los tratamientos T8, T5 y T2 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T4, T9 y T7.

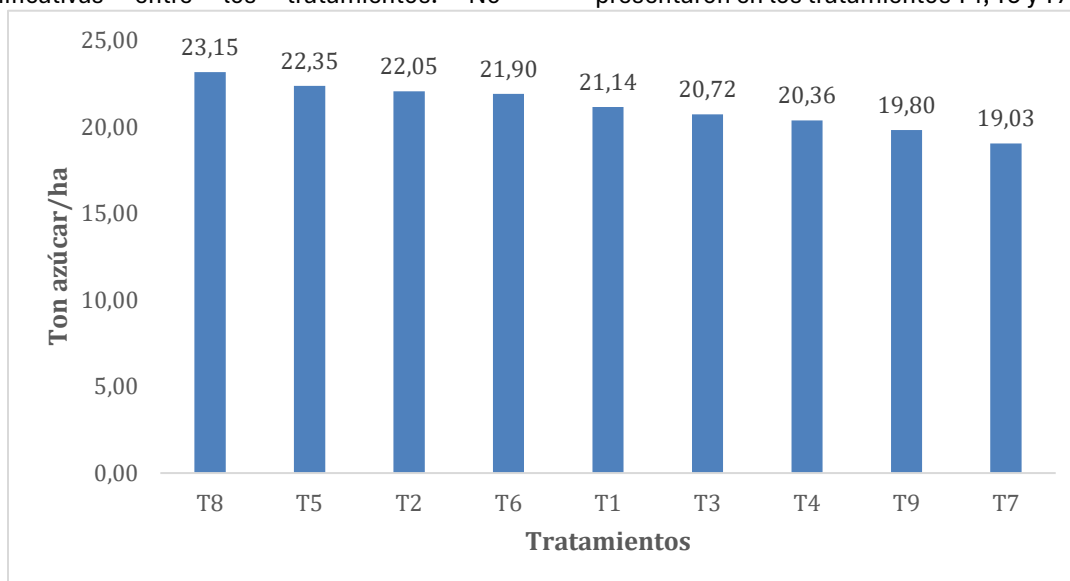


Figura 20. Rendimiento agroindustrial obtenido tras la reducción de la fertilización y aplicación de distintos productos sostenibles en Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza

En la (Figura 21) se muestran los resultados del rendimiento industrial kilogramos de azúcar por tonelada de caña, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, los tratamientos T5,

T7 y T4 registraron los valores más altos en comparación con los demás, mientras que los valores más bajos se presentaron en los tratamientos T1, T2 y T3.

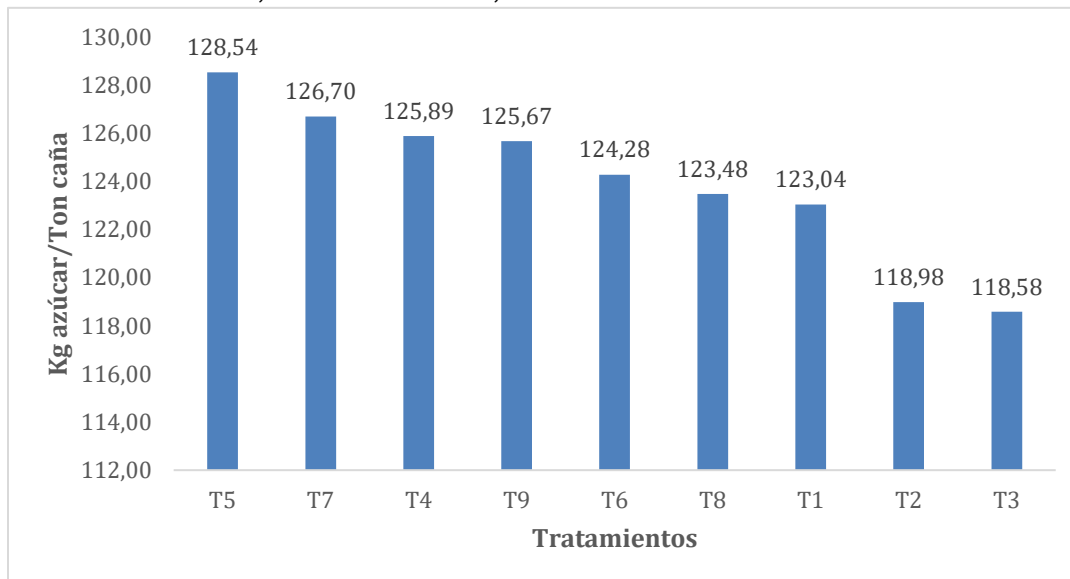


Figura 21. Rendimiento agroindustrial obtenido tras la reducción de la fertilización y aplicación de distintos productos sostenibles en la región de Turrialba. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

VALLE CENTRAL

EFICIENCIA DEL CONTROL DE MALEZAS MEDIANTE COBERTURA VEGETAL DE *Crotalaria juncea* Y FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*) EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), BAJO DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA EN GRECIA**Introducción**

Este ensayo tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del control de malezas en caña planta mediante el uso de *Crotalaria juncea* como cobertura vegetal viva, aplicando tres densidades de siembra (40, 50 y 60 plantas por metro lineal), además de la siembra de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) a 50cm entre puntos. Se analizó la competencia ejercida por estas coberturas sobre las malezas para determinar su impacto en la reducción de su proliferación.

Metodología

El ensayo se estableció en parcelas de cinco surcos con cinco metros de largo, con 1 surco entre bloques y 2 metros entre parcelas. Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. La evaluación se realizó a los 15, 22, 30 y 50 días después de la siembra (DDS), utilizando una cuadrícula de 1 m² para muestrear aleatoriamente cuatro puntos por parcela, cuantificando la cantidad de malezas por metro cuadrado.

Cuadro 8. Descripción de los Tratamientos empleados.

Número de tratamiento	Descripción
T1	<i>C. juncea</i> sembrada a 40 plantas por metro lineal
T2	<i>C. juncea</i> sembrada a 50 plantas por metro lineal
T3	<i>C. juncea</i> sembrada a 60 plantas por metro lineal
T4	Frijol Caupí (<i>V. unguiculata</i>) a 50 cm entre punto de siembra
T5	Testigo (sin cobertura viva)

Nota: Los tratamientos **T1**, **T2** y **T3** se sembraron a doble hilera en el entresurco, mientras que para **T4** utilizaron tres semillas por punto de siembra.

Resultados

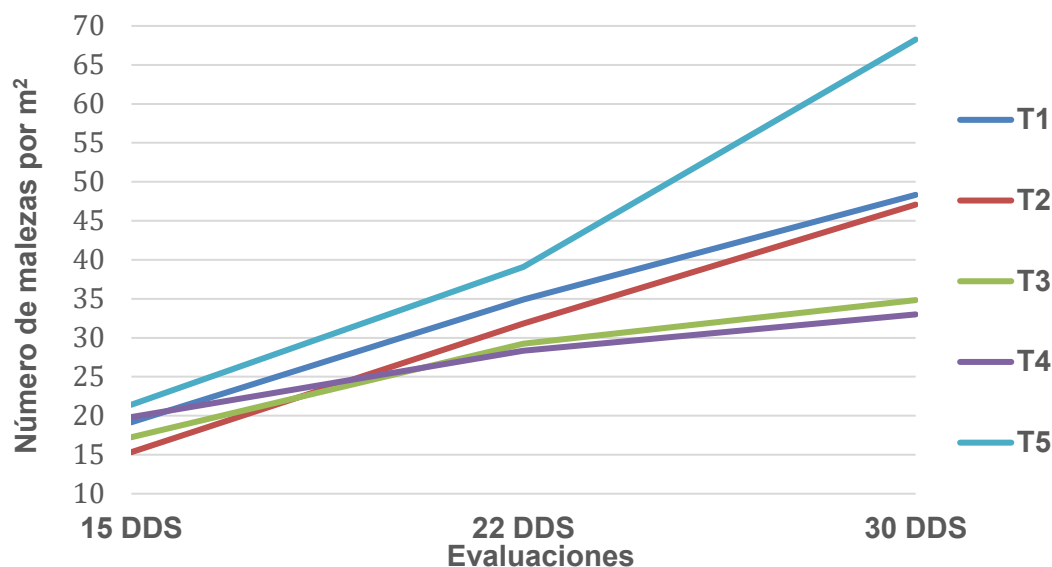


Figura 22. Evaluación del control de malezas mediante cobertura vegetal de *crotalaria juncea* y frijol caupí (*Vigna unguiculata*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), bajo distintas densidades de siembra en Grecia.

Discusión

Los datos obtenidos muestran una correlación entre el aumento en densidad de siembra de *Crotalaria juncea* y la reducción de malezas. Se observó que los tratamientos con mayor densidad de siembra generaron una mayor cobertura foliar, reduciendo la disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa para las malezas. En particular, el frijol caupí (T4) demostró la mayor capacidad supresora, posiblemente debido a sus hojas más anchas y su mayor cobertura. Los tratamientos con 40 y 50 plantas de *Crotalaria* (T1 y T2) también

presentaron una reducción significativa de malezas en comparación con el testigo (T5), confirmando el efecto positivo de las coberturas vivas en el control de malezas.

Conclusiones

Las coberturas vivas demostraron ser una estrategia efectiva para el control de malezas en caña de azúcar en fase de caña planta. La siembra de *Crotalaria juncea* a 60 plantas por metro lineal presentó el mejor desempeño entre los tratamientos con *Crotalaria*, mientras que el frijol caupí fue el tratamiento más efectivo en la supresión de malezas.

EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE HONGOS Y BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO, DIECA

Como parte del proceso de selección preliminar de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en caña de azúcar, durante el año 2024 se establecieron dos ensayos a nivel de invernadero en DIECA. Esta iniciativa busca desarrollar alternativas para complementar la nutrición del cultivo y, al mismo tiempo, reducir la aplicación de fertilizantes sintéticos.

Metodología del Ensayo

Recolección de suelo y preparación de almácigos. Se recolectó suelo del Orden Inceptisol, proveniente de la zona de Grecia, para el llenado de bolsas de almácigo de 6 x 8", donde se establecieron las plantas de caña de azúcar.

Fertilización de las Plantas

Se realizaron dos fertilizaciones con dosis reducidas al 50% de la fertilización convencional.

Primera fertilización: Aplicada a la tercera semana después de la siembra, utilizando DAP (18-46-0) a razón de 1,0 g por planta, excepto en los tratamientos con fertilización al 0% y 100%.

Segunda fertilización: Aplicada a la sexta semana después de la siembra, utilizando Urea (46% N) a

razón de 0,5 g por planta, con la misma excepción en los tratamientos mencionados.

Inoculación de Microorganismos

Las cepas de bacterias seleccionadas fueron previamente aisladas y reproducidas. Se realizaron dos inoculaciones en horarios de la tarde para evitar el impacto del calor:

Primera inoculación: A los 22 días después de la siembra.

Segunda inoculación: A los 45 días después de la siembra.

Dos semanas antes de la aplicación, las bacterias se inocularon en agar nutritivo, y una semana previa a la aplicación, en caldo nutritivo. Posteriormente, se aplicaron 5 mL por planta del caldo nutritivo con bacterias, excepto en los tratamientos de fertilización al 0% y 100%.

Cosecha y Evaluación de Biomasa

A los 90 días después de la siembra, se realizó la cosecha de las plantas por tratamiento. Se obtiene la materia seca (MS) y se comparan los tratamientos en función de la biomasa producida.

Cuadro 9. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo 1 (2024).

Tratamiento	Consecutivo	identificación	Microorganismo	Concentración	Dosis
1	1	D 0719-LB1	Lactobacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
2	2	D 0719-LB2	Lactobacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
3	5	D 0719-LB4	Lactobacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
4	6	D0220-R12025	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
5	8	D 0719-LB3	Lactobacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
6	9	D0220-R12015	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
7	10	D0220-R12016	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
8	11	D 0719-LB5	Lactobacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
9	13	D0220-R12030	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
10	14	D0220-R12031	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
11	15	D0220-R1208	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
12	16	D0420-R12024	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
13	17	D 0719-Bac1	Bacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
14	18	D0220-R12032	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
15	19	D 0719-BFN2	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
16	20	D 0719-BFN3	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
17	21	D0420-R12022	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
18	23	D 0719-Bac14	Bacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
19	24	D 0719-Bac12	Bacillus sp	1x10 ⁸ UFC/mL	5mL por planta
20	NA	MTR3	Trichoderma sp	1x10 ⁸ Conidios por mL	4 mL por planta
21	NA	MTR4	Trichoderma sp	1x10 ⁸ Conidios por mL	4 mL por planta
22	NA	MTR9	Trichoderma sp	1x10 ⁸ Conidios por mL	4 mL por planta
23	NA	MTR16	Trichoderma sp	1x10 ⁸ Conidios por mL	4 mL por planta
24	NA	Beauveria bassiana D0109	Beauveria bassiana	9x10 ⁶ Conidios por mL	15mL por planta
25	NA	Beauveria bassiana D0314	Beauveria bassiana	9x10 ⁶ Conidios por mL	15mL por planta
26	NA	Metharizium anisopliae D0317	Metharizium anisopliae	9x10 ⁶ Conidios por mL	15mL por planta
27	NA	Metharizium anisopliae D0523	Metharizium anisopliae	9x10 ⁶ Conidios por mL	15mL por planta
28	NA	Testigo 0% Fertilización	NA	NA	NA
29	NA	Testigo 50% Fertilización	NA	NA	NA
30	NA	Testigo 100% Fertilización	NA	NA	NA

NOTA: N/A no aplica.

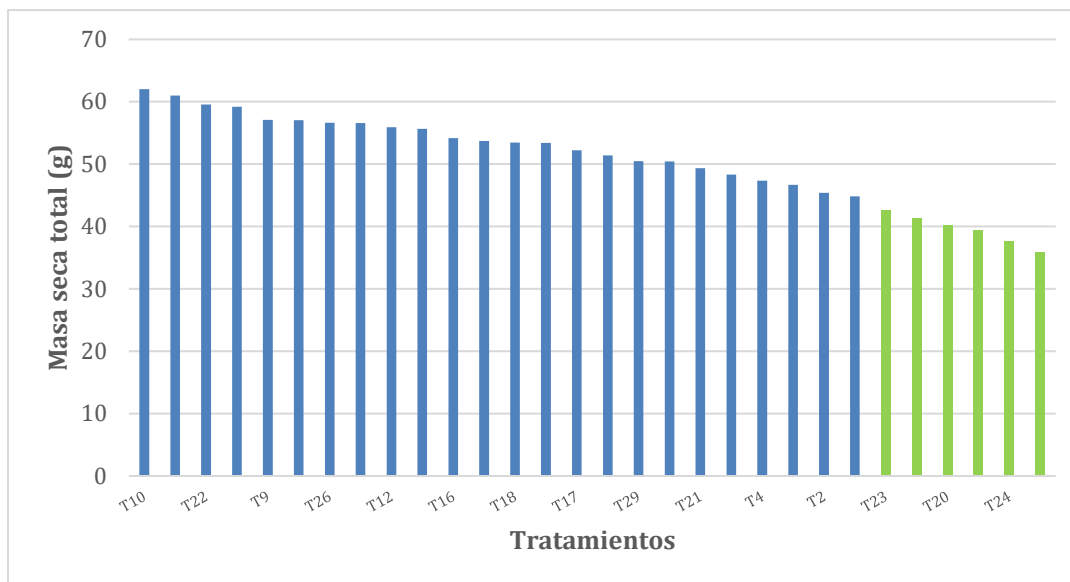


Figura 23. Resultados ensayo 1 (2024). Masa seca total de la caña de azúcar var. LAICA 12-340 obtenido tras la aplicación de distintos microorganismos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

Cuadro 10. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo 2 (2024).

Tratamiento	Consecutivo	Identificación	Microorganismo	Concentración
T1	36	D 0719-Bac-18	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T2	44	D 0719-Bac19	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T3	32	D 0719-B-EL1	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL
T4	34	D 0719-Bac16	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T5	43	D 0719-B-EL3	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL
T6	46	D 0719-Bac21	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T7	47	D 0719-Bac23	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T8	31	D 0719-Bac-ENDO6	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T9	40	D 0719-B-EL2.0	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL
T10	35	D 0719-Bac17	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T11	45	D 0719-Bac20	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T12	38	D 0719-Bac-ENDO4	<i>Bacillus</i> sp.	1x10 ⁸ UFC/mL
T13	37	BAC-ANT 37	Bacteria desconocida	1x10 ⁸ UFC/mL
T14	N/A	Biol de rastrojo 0% Fert	N/A	N/A
T15	N/A	Biol de rastrojo 100% Fert	N/A	N/A
T16	N/A	Biol de MM 0% Fert	N/A	N/A
T17	N/A	Biol de MM 100% Fert	N/A	N/A
T18	N/A	0% de Fertilización	N/A	N/A
T19	N/A	50% de Fertilización	N/A	N/A
T20	N/A	100% de Fertilización	N/A	N/A

NOTA: N/A no aplica.

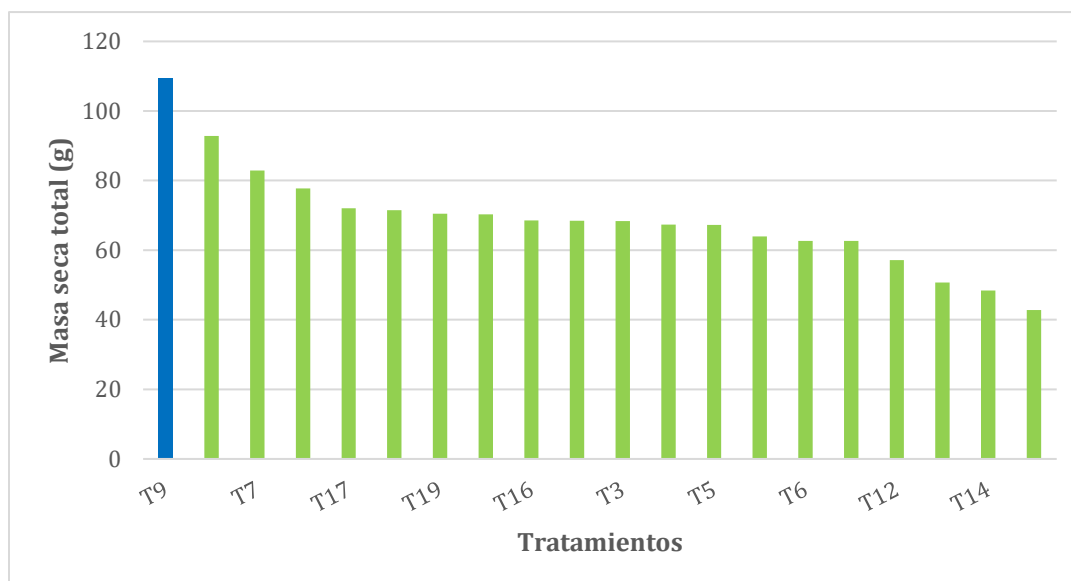


Figura 24. Resultados ensayo 2 (2024). Masa seca total de la caña de azúcar var. LAICA 12-340 obtenido tras la aplicación de distintos microorganismos. Colores distintos presentan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < \alpha$; donde $\alpha = 0,05$) según prueba de separación de medias DGC a un 95% de confianza.

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

El Programa de Semilleros de DIECA ha desarrollado importantes avances en la producción y distribución de plántulas de caña de azúcar mediante técnicas biotecnológicas como el cultivo de tejidos (*in vitro*) y yemas extraídas, tratadas térmicamente. Estas metodologías aseguran calidad fitosanitaria y pureza genética en las variedades utilizadas, factores clave para mejorar la productividad y rentabilidad del sector.

El trabajo realizado ha permitido atender problemáticas relacionadas con plagas y enfermedades, además de fomentar el mejoramiento y aumento de los rendimientos

agroindustriales. Además, la implementación de semilla básica mejorada es fundamental para garantizar un sistema de propagación eficiente, permitiendo el desarrollo de plantaciones más uniformes, resistentes y productivas. Durante el 2024, se ejecutaron acciones operativas que contribuyeron significativamente a este objetivo, gracias al esfuerzo constante del equipo técnico y el respaldo de ingenios, cámaras de productores y empresas privadas. A todos ellos se les extiende un sincero reconocimiento por su apoyo determinante en la ejecución de estos proyectos.

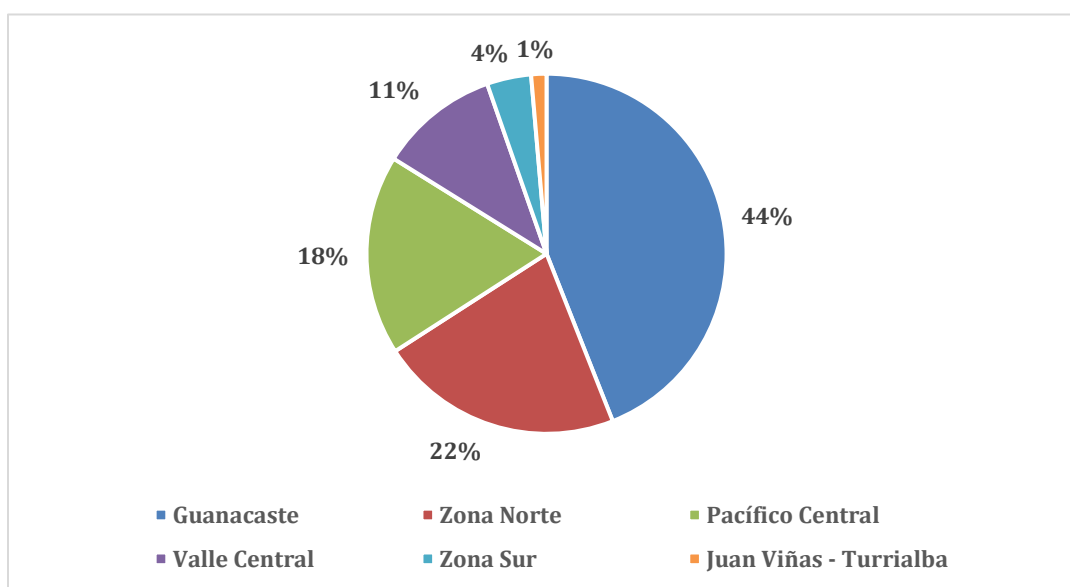


Figura 25. Repartición de plántulas de caña de azúcar provenientes de cultivo *in Vitro* y yemas extraídas tratadas térmicamente en el año 2024.

En el (Cuadro 11), se puede observar la producción y entregas de plántulas provenientes de cultivo *in Vitro* y yemas extraídas tratadas térmicamente comprendida entre los periodos

2019 y 2024. La sección del cuadro titulada “material no asignado”, corresponde a plántulas que se encontraba en el invernadero al momento del cierre de año.

Cuadro 11. 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	2024
Guanacaste	<i>in vitro</i>	14 768	6 368	12 580	10 479	80 251	32 162
	Yemas	-	-	10 202	88 551	118 276	135 931
Pacífico	<i>in vitro</i>	-	-	1 513	-	13 650	20 179
Central	Yemas	-	-	5 746	38 913	52 332	48 448
Zona Sur	<i>in vitro</i>	6 545	31 734	-	24 700	4 000	8 659
	Yemas	-	-	20 710	-	5 200	6 526
Zona Norte	<i>in vitro</i>	39 200	29 469	2 400	19 200	20 675	45 923
	Yemas	-	-	43 692	11 628	42 800	37 731
Juan Viñas - Turrialba	<i>in vitro</i>	1 474	53 400	2 680	21 200	790	1 960
	Yemas	-	-	3 724	2 369	4 200	3 289
Valle Central	<i>in vitro</i>	16 619	3 529	11 490	22 485	20 524	6 731
	Yemas	-	-	17 574	6 752	35 550	34 485
Material no asignado	<i>in vitro</i>	50 646	101 705	90 306	86 098	52 378	45 172
	Yemas	-	-	-	79 171	62 378	85 456
SUB – TOTAL	<i>in vitro</i>	129 252	226 205	120 969	184 162	192 268	160 787
	Yemas	-	-	101 648	227 384	320 736	351 866
TOTAL		129 252	226 205	222 617	411 546	513 004	512 653

Programa de Fitosanidad

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 2024, 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.

Intensidad de Infestación de Plagas en Frentes de Cosecha

Con el objetivo de contar con datos actualizados sobre el estado fitosanitario de la caña de azúcar al momento de la cosecha, durante el año 2024 se llevó a cabo una evaluación detallada del nivel de infestación de plagas de tallo en frentes de cosecha pertenecientes a cinco ingenios azucareros, distribuidos en cinco regiones cañeras del país.

La metodología consistió en muestreos directos en campo, cuantificando el porcentaje de infestación por cada una de las principales cinco plagas de tallo: *Diatraea* spp. (barrenador común), *Sigmodon hirsutus* (rata cañera), *Telchin atymnius* (barrenador gigante), *Metamasius sericeus* (picudo rayado) y *Heterotermes* spp. (termitas).

Resultados por ingenio y región

A continuación, se detallan los resultados obtenidos por ingenio evaluado:

Región Pacífico Central – Ingenio El Palmar

- *Diatraea* spp.: 1,20%
- *Sigmodon hirsutus*: 0,80%
- *Telchin atymnius*: 0%
- *Metamasius sericeus*: 0%
- *Heterotermes* spp.: 0%

Se identificó una incidencia moderada de *Diatraea* y *Sigmodon*, sin presencia de otras plagas en este frente.

Región Norte – Ingenio Cutris

- *Diatraea* spp.: 2,41%
- *Sigmodon hirsutus*: 1,20%
- *Telchin atymnius*: 0,02%
- *Metamasius sericeus*: 0,21%
- *Heterotermes* spp.: 0,52%

Se evidencia una mayor diversidad de plagas activas, con presencia de los cinco organismos evaluados. Respecto a *Diatraea*, se tienen los niveles de intensidad de infestación más altos. Destaca la detección de *Heterotermes* spp. y *Metamasius sericeus*, lo que indica la necesidad de fortalecer el monitoreo de estas plagas.

Región Norte – Ingenio Quebrada Azul

- *Diatraea* spp.: 1,00%
- *Sigmodon hirsutus*: 0,20%
- *Telchin atymnius*: 1,20%
- *Metamasius sericeus*: 0,10%
- *Heterotermes* spp.: 0%

Este es el único sitio donde *Telchin atymnius* alcanzó su mayor incidencia, prácticamente igualando a *Diatraea* spp. El comportamiento de esta plaga debe ser vigilado debido a su impacto destructivo en zonas específicas del norte.

Región Sur – Ingenio El General

- *Diatraea* spp.: 2,13%
- *Sigmodon hirsutus*: 0,01%
- *Telchin atymnius*: 0%
- *Metamasius sericeus*: 0,79%
- *Heterotermes* spp.: 0,21%

Se registró un importante porcentaje de infestación de *Diatraea* spp. en los cinco ingenios, seguido por un nivel significativo de *Metamasius sericeus*. Estos resultados justifican la priorización de actividades de control biológico en esta región.

Región Atlántica – Ingenio Juan Viñas

- *Diatraea* spp.: 2,10%
- *Sigmodon hirsutus*: 0,10%
- *Telchin atymnius*: 0%
- *Metamasius sericeus*: 0,10%
- *Heterotermes* spp.: 0,29%

La presencia de *Diatraea* continúa siendo elevada en esta zona, en concordancia con los altos niveles de parasitismo previamente documentados. Se recomienda mantener y reforzar las liberaciones de *Cotesia flavipes* en esta región.

Conclusiones generales

La plaga más común fue *Diatraea* spp., presente en todos los frentes evaluados, con una intensidad media entre 1,0% y 2,41%.

Sigmodon hirsutus mostró incidencia en la mayoría de los ingenios, aunque a niveles bajos, excepto en El Palmar y Cutris.

La presencia de *Telchin atymnius* en el ingenio Quebrada Azul, presenta un valor elevado de intensidad de infestación (1,20%), lo cual debe ser monitoreado cuidadosamente debido al daño que provoca esta plaga y las pocas herramientas de control que se tienen.

Metamasius sericeus y *Heterotermes* spp. tuvieron presencias puntuales, pero no despreciables, destacando su potencial como plagas emergentes.

Estos resultados son esenciales para reorientar estrategias regionales de control, priorizar recursos y evaluar la efectividad de las medidas fitosanitarias implementadas al cierre del ciclo de cultivo.

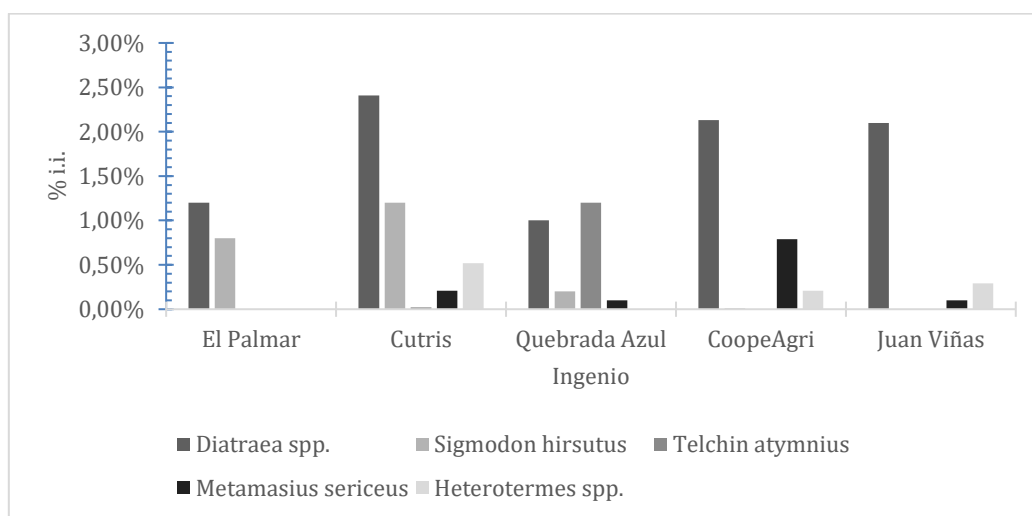


Figura 2. Porcentaje de la Intensidad de Infestación de las principales plagas de tallo en frentes de cosecha.

Barrenador Común del Tallo

(*Diatraea* spp.)

El barrenador común del tallo, perteneciente al género *Diatraea*, representa una de las principales amenazas para la producción de caña de azúcar a nivel global, y Costa Rica no es la excepción. En el territorio nacional, se ha identificado una importante incidencia de esta plaga, destacando como especie predominante *Diatraea tabernella*, aunque en ciertas regiones también se presenta *Diatraea saccharalis*.

Estrategia Nacional de Manejo

El control biológico constituye la principal estrategia de manejo en Costa Rica, centrado en la liberación programada del parasitoide *Cotesia flavipes*. Este agente de control ha demostrado ser altamente eficaz y ambientalmente seguro, logrando niveles sostenidos de control poblacional de *Diatraea* spp.

Durante el periodo actual, el rango de parasitismo efectivo registrado a nivel nacional osciló entre el 28% y el 55%, resultado que evidencia el impacto positivo del programa de liberación y su consolidación como una herramienta clave del manejo integrado de plagas (MIP) en caña de azúcar.

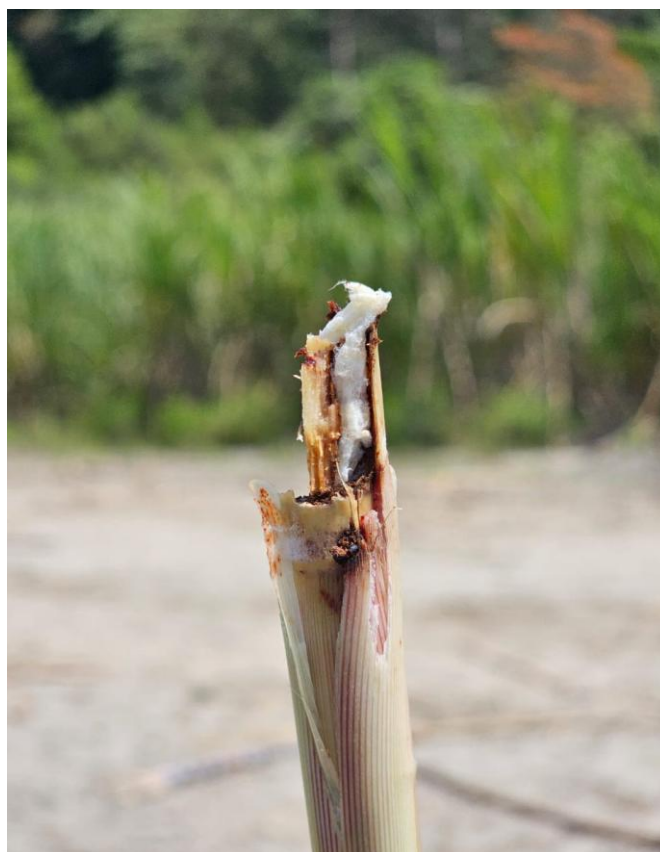


Figura 3. Larva de *D. tabernella* parasitada por *C. flavipes*, Ingenio Juan Viñas, Región Atlántica.

La liberación de *C. flavipes* se ejecuta de forma puntual, una vez que los muestreos en campo confirman una densidad poblacional igual o superior a 1,500 individuos por hectárea, lo cual permite focalizar recursos y maximizar la efectividad del control biológico.

Regiones destacadas

Entre las regiones cañeras del país, la Región Atlántica, en especial el área de influencia del Ingenio Juan Viñas ha sobresalido por alcanzar los índices más altos de parasitismo, reflejo del adecuado seguimiento técnico, condiciones ambientales favorables y compromiso regional con las prácticas de MIP.

Presencia de otros enemigos naturales

Además de *Cotesia flavipes*, el monitoreo del programa permitió detectar la actividad de otros parasitoides nativos o complementarios, que actúan sobre diferentes estadios del ciclo biológico de *Diatraea* spp. Entre ellos destacan:

Diptera: *Billaea claripalpis*

Este parasitoide de la familia Tachinidae mostró una incidencia significativa, con un parasitismo estimado del 22% en la Región Norte y del 11% en las regiones del Valle Central, Atlántica y Sur. Su acción contribuye al control natural de larvas más desarrolladas de *Diatraea*.

Braconidae: *Alabagrus* sp. y *Agathis* sp.

Estos dos braconidos fueron registrados en regiones específicas, con niveles de parasitismo del 7% en el Valle Central y del 16% en la Región Sur, complementando la acción de *C. flavipes* al atacar distintos estadios larvales.

Himenópteros oofágos: *Trichogramma* sp. y *Telenomus* sp.

Se documentaron posturas parasitadas de *Diatraea* spp. en la Región Sur, evidencia de la acción de estos himenópteros especializados en huevos, lo cual podría representar un control temprano importante, y un potencial candidato para estrategias futuras de conservación o uso comercial.

Valoración general

El conjunto de estos datos evidencia que el control biológico del barrenador común del tallo en Costa Rica está respaldado por un sistema robusto de monitoreo y liberación, así como por la acción sinérgica de múltiples enemigos naturales. El programa no solo ha logrado mantener bajo control poblaciones de *Diatraea* spp., sino que también ha favorecido la conservación de biodiversidad funcional dentro de los agroecosistemas cañeros. La continuidad y fortalecimiento de estas estrategias será clave para enfrentar las variaciones climáticas y posibles rebrotes.

Salivazo

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

El salivazo constituye una de las plagas más relevantes en el cultivo de caña de azúcar en diversas regiones del país, especialmente en zonas con condiciones de alta humedad y suelos compactados. Su ciclo biológico y forma de alimentación afectan directamente la fisiología de la planta, provocando amarillamiento, reducción del desarrollo y, en infestaciones severas, pérdidas significativas de rendimiento. Durante el año 2024, el Programa de Fitosanidad ejecutó diversas acciones de monitoreo, intervención y evaluación, orientadas al manejo integrado de esta plaga.

Monitoreo y acciones de control

Se realizaron muestreos sistemáticos de ninfas y adultos en zonas históricamente afectadas por salivazo. Cuando las poblaciones superaron los umbrales de acción establecidos (0,2 ninfas o adultos por tallo), se implementaron medidas correctivas utilizando un enfoque de control integrado que combinó estrategias biológicas, químicas, agronómicas y culturales.



Figura 4. Plantación afectada por salivazo, Ingenio Taboga, Región Guanacaste.

Herramientas biológicas

El control biológico se centró en la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Cepa D0523), el cual ha demostrado eficacia contra la plaga. Las aplicaciones se realizaron en dosis de 5×10^{12} a 1×10^{13} conidios viables por hectárea, distribuidas entre los meses de julio a noviembre, coincidiendo con el pico poblacional de la plaga y condiciones ambientales favorables para la acción del hongo.

Herramientas químicas

En casos donde el nivel de infestación superó el umbral de daño económico y se consideró necesario un control rápido, se aplicó Tiametoxam 25 WG a una dosis de 200 g/ha, con una frecuencia de 1 a 3 aplicaciones según la severidad del brote. Estas intervenciones fueron empleadas de forma puntual y selectiva, minimizando el impacto ambiental.

Plan de Manejo Integrado Propuesto

Con base en la experiencia acumulada y en prácticas agronómicas regionales, se estructuró un Plan de Manejo Integrado del Salivazo, que fue compartido con técnicos y productores para su adopción en campo. Este plan incluye medidas calendarizadas durante el ciclo productivo:

- **Enero – Mayo: Rastra sanitaria**

Remoción del suelo con maquinaria para exponer huevos y ninfas a la acción del sol y enemigos naturales.

- **Mayo – Julio: Mejoras en drenaje**

Implementación de canales o desniveles que disminuyen la humedad del suelo, condición favorable para el salivazo.

- **Mayo – Julio: Desaporca y aporca**

Prácticas de remoción y acumulación de tierra para exponer y enterrar huevos o ninfas, respectivamente.

- **Mayo – Julio: Fertilización adecuada**

Fortalecimiento del cultivo para aumentar su tolerancia y recuperación frente al daño provocado por la plaga.

- **Junio – Octubre: Control de malezas**

Eliminación de plantas hospederas que sirven de refugio o alimento alternativo al salivazo.

- **Junio – Octubre: Muestreo de ninfas y adultos**

Evaluación periódica del nivel poblacional para determinar la necesidad de intervención.

- **Junio – Octubre: Colocación de trampas**

Uso de trampas adhesivas o de luz para capturar adultos, disminuir la reproducción y facilitar el monitoreo.

- **Julio – Octubre: Aplicación de *M. anisopliae***

Implementación de biocontrol cuando las condiciones lo permiten, buscando mantener la plaga por debajo del nivel de daño económico.

- **Julio – Noviembre: Muestreo pos-aplicación**

Evaluación de la efectividad de las estrategias empleadas, incluyendo tasas de mortalidad y recolonización.

- **Agosto – Noviembre: Aplicación de productos químicos (solo si es necesario)**

Recurso de última instancia, dirigido exclusivamente a lotes con infestación severa no controlada con medidas anteriores.

Conclusiones

La experiencia del 2024 reafirma la necesidad de mantener un enfoque integrado y proactivo en el manejo del salivazo, basado en la combinación de herramientas biológicas, químicas y agronómicas, respaldadas por monitoreo constante. El uso racional de productos, junto con la aplicación oportuna de biocontroladores y labores culturales, permite minimizar el impacto de la plaga sobre la producción, al tiempo que contribuye a la sostenibilidad del cultivo.

Se recomienda continuar con la evaluación del impacto de las estrategias empleadas, así como explorar nuevas cepas de hongos y prácticas de manejo que puedan reforzar el control en las regiones más afectadas.

Hormiga Loca (*Nylanderia fulva*)

La hormiga loca, *Nylanderia fulva*, continúa siendo una plaga emergente de gran importancia para el sector cañero costarricense. Su capacidad de expansión, comportamiento agresivo y tolerancia a condiciones adversas la convierten en una amenaza tanto para la producción agrícola como para áreas urbanas e industriales. En el año 2024, el Programa de Fitosanidad reforzó las acciones de monitoreo, recolección, diagnóstico y estudio de agentes naturales asociados a esta especie invasora.

Confirmación de la presencia del microsporidio *Myrmecomorba nylanderiae*

Uno de los hallazgos más relevantes del periodo fue la confirmación de la presencia del microsporidio *Myrmecomorba nylanderiae* en poblaciones de *N. fulva* en Costa Rica. Este patógeno intracelular ha sido reportado en estudios internacionales por su capacidad de debilitar y reducir poblaciones de hormiga loca, lo cual lo posiciona como un potencial agente de control biológico.

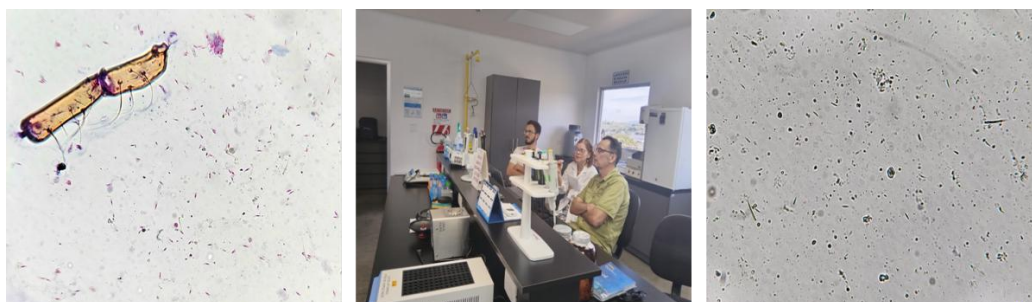


Figura 5. Microsporidio *Myrmecomorba nylanderiae*, Estación Experimental DIECA.

Para confirmar su presencia, se llevó a cabo una estrategia de vigilancia y muestreo activo en las principales zonas productoras de caña de azúcar, así como en zonas residenciales e industriales donde previamente se había reportado la presencia de la plaga.

Procedimientos de laboratorio y análisis molecular

Los procedimientos técnicos empleados para la identificación de *M. nylanderiae* incluyeron:

Aislamiento del material genético a partir de muestras de obreras, larvas, pupas y machos alados de *N. fulva*.

Uso de PCR convencional con cebadores específicos dirigidos a una región del gen 16S ribosomal del microsporidio.

Secuenciación de los productos de amplificación (amplicones) mediante el método Sanger.

Análisis bioinformático de las secuencias mediante BLASTn contra bases de datos del NCBI, lo que permitió confirmar la identidad de *M. nylanderiae* con alta similitud.

Adicionalmente, se empleó microscopía de luz para la visualización directa de estructuras compatibles con microsporidios en el interior de los tejidos infectados, aportando evidencia morfológica complementaria al diagnóstico molecular.

Resultados y distribución del patógeno

En múltiples muestras analizadas, se logró la detección positiva de *M. nylanderiae*, aunque de manera específica en hormigas obreras y machos alados. No se confirmó su presencia en estadios inmaduros como larvas o pupas. Estos resultados indican una distribución parcial del patógeno dentro de la colonia, lo que debe ser considerado al planificar estrategias de manejo biológico basadas en su propagación.

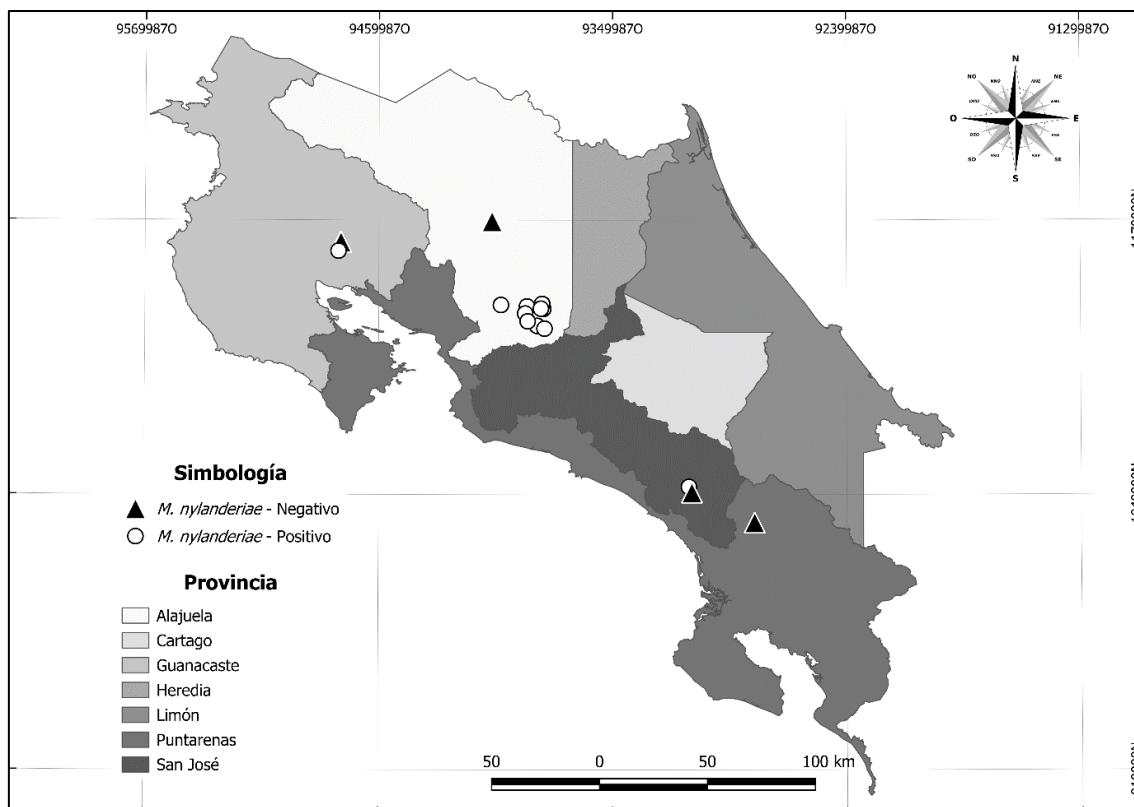


Figura 6. Distribución de *Myrmecomorpha nylanderiae* en Costa Rica. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).

Estrategia de traslocación experimental

Como parte de una estrategia piloto de manejo biológico natural, se plantea el traslado de nidos infectados desde la Región Valle Central, donde se confirmó la presencia activa del microsporidio, hacia la Región Guanacaste, con el objetivo de fomentar la dispersión natural del patógeno en poblaciones aún no infectadas de *N. fulva*. Esta acción será ejecutada de forma controlada, bajo lineamientos de bioseguridad, y con estricto seguimiento técnico y ecológico.

Monitoreo poblacional y seguimiento a largo plazo

Se establecerá un sistema mensual de monitoreo de la dinámica poblacional de *N. fulva* en distintas regiones cañeras, junto con análisis recurrentes para detectar la presencia y progresión de *M. nylanderiae*. Este sistema permitirá evaluar el impacto del microsporidio en campo y su potencial como herramienta de control biológico a largo plazo.

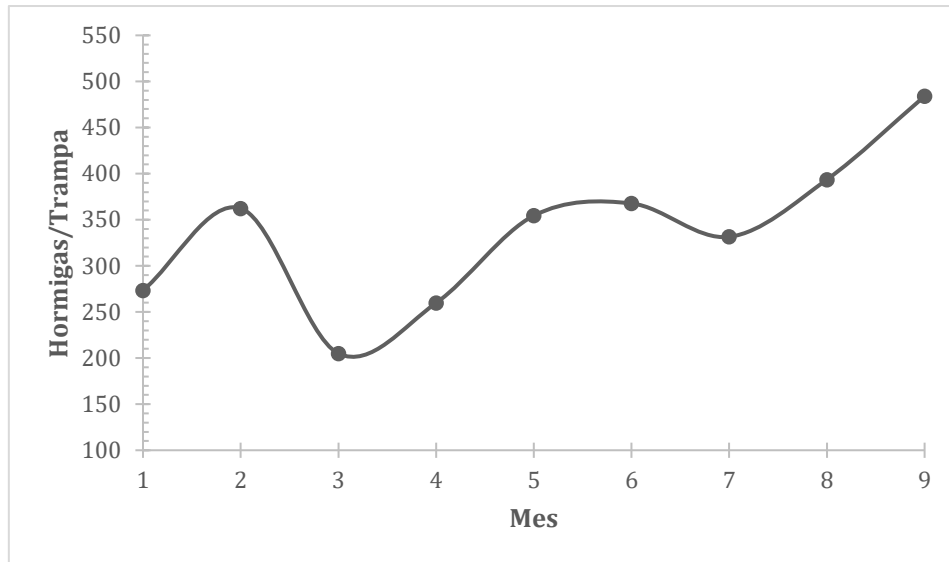


Figura 7. Dinámica poblacional de *Nylanderia fulva*, Región Guanacaste, Cañas, 2024-2025

Conclusiones

El hallazgo de *Myrmecomorba nylanderiae* en Costa Rica representa un hito importante en la búsqueda de soluciones sostenibles para el control de la hormiga loca. La integración de herramientas de diagnóstico molecular, análisis morfológico y estrategias de manejo basadas en enemigos naturales marca un avance significativo en el enfoque técnico y científico que el Programa de Fitosanidad impulsa frente a esta plaga invasora.

Picudo Rayado**(*Metamasius sericeus*)**

El picudo rayado, *Metamasius sericeus*, se ha consolidado como una plaga emergente de importancia creciente en la producción de caña de azúcar, especialmente en la Región Atlántica y la Región Sur. Su capacidad de causar daño directo al tallo, favorecer infecciones secundarias y persistir en condiciones húmedas lo convierte en un factor de riesgo fitosanitario que requiere atención continua.

Durante el año 2024, se dio seguimiento a esta plaga mediante la implementación de trampeo sistemático, con el objetivo de establecer su curva de dinámica poblacional y orientar futuras medidas de manejo preventivo y correctivo.

Incremento poblacional y necesidad de monitoreo

Desde el año 2023 se ha reportado un aumento progresivo en la población de *M. sericeus* en dos zonas cañeras del país, en particular en varias localidades de la Región Atlántica, Turrialba y la Región Sur.

Ante esta situación, se diseñó un protocolo de monitoreo a través de trampas semipermanentes, que permitiera recolectar datos sobre la dinámica de la población adulta durante un periodo anual.

Diseño del sistema de trampeo y metodología

El sistema implementado consistió en la colocación de cuatro trampas por hectárea, con las siguientes características:

Trampas de bambú como estructura principal, colocadas estratégicamente en zonas de alta incidencia.

Incorporación de atrayentes específicos

- Feromona de agregación Metalure (compuesta por 2-Methyl-5-hepten-4-ol y 4-methyl-5-nonanol).
- Kairomona comercial Weevil Magnet, reforzando la atracción de adultos.
- Trozo de caña de azúcar impregnado con melaza e insecticida, como cebo alimenticio, sustituido cada 15 días.

Los atrayentes sintéticos fueron renovados cada tres meses para asegurar su eficacia.

El conteo de individuos se realizó cada 15 días durante un año, registrando la cantidad de picudos capturados por trampa en cada localidad. Este protocolo permitió construir una curva de dinámica poblacional por región y estación del año.

Resultados del monitoreo y comportamiento poblacional

Los datos obtenidos permitieron establecer las siguientes tendencias:

En las cuatro localidades de la Región Atlántica monitoreadas, se identificó un pico poblacional de adultos en el mes de octubre (**Figura 8**).

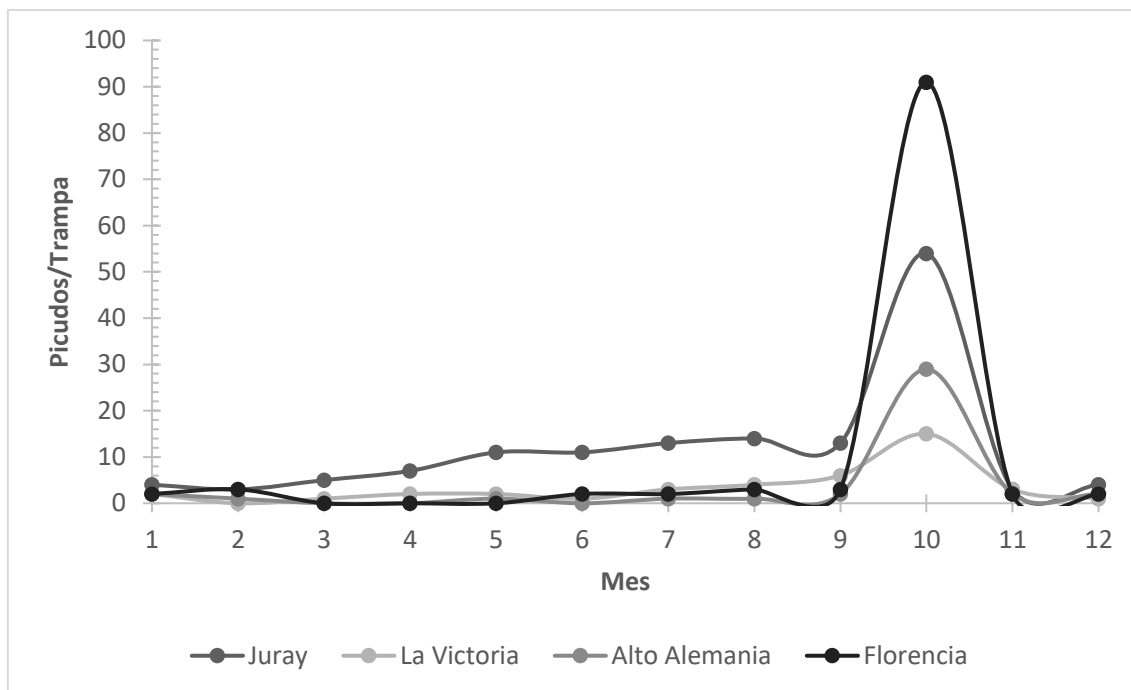


Figura 8. Dinámica poblacional de *Metamasius sericeus*, Región Atlántica, Turrialba, 2024.

En la localidad monitoreada en la Región Sur, se detectó un crecimiento exponencial de la población entre agosto y noviembre (**Figura 9**).

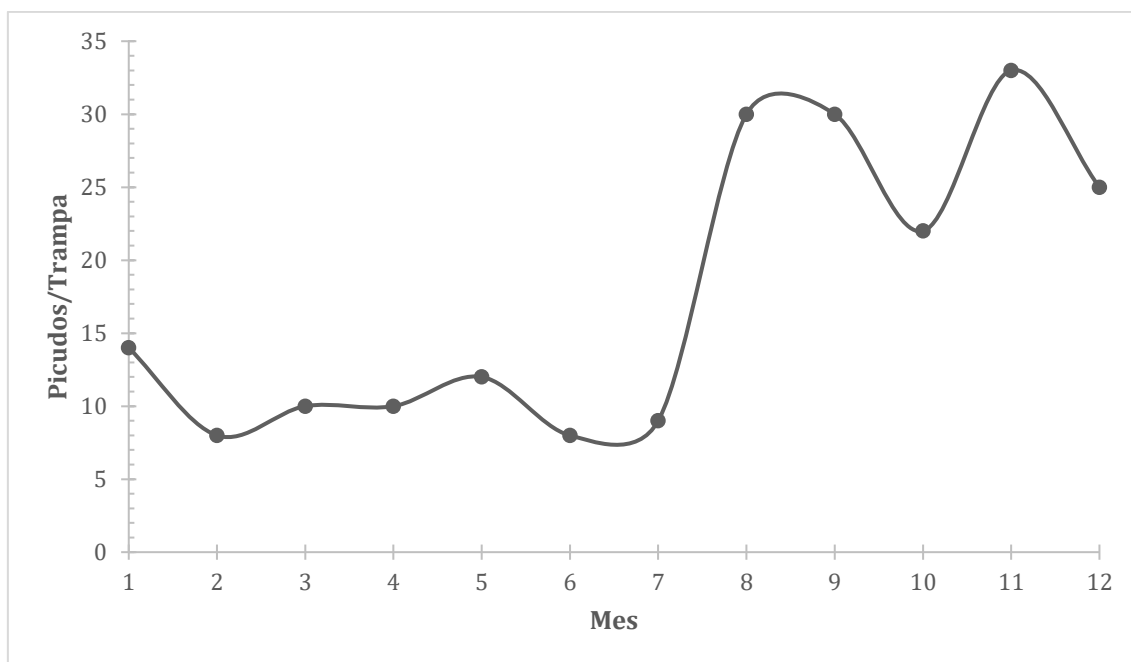


Figura 9. Dinámica poblacional de *Metamasius sericeus*, Región Sur, Pérez Zeledón, 2024.

Este comportamiento sugiere que *M. sericeus* presenta una dinámica estacional marcada, con mayor actividad reproductiva y movilidad de adultos en los meses más húmedos, lo que debe ser tomado en cuenta para programar acciones de control oportunas.

Consideraciones para el manejo futuro

Con base en los resultados obtenidos, se destacan las siguientes recomendaciones:

Mantener el sistema de trampas como herramienta de monitoreo poblacional preventivo, con énfasis en regiones con antecedentes de infestación.

Considerar el trampeo masivo en zonas de alta presión, acompañado de labores culturales como eliminación de residuos y mejora del drenaje, para reducir sitios favorables a la plaga.

Evaluar el impacto del trampeo sobre la población y explorar la posibilidad de combinación con control biológico, mediante hongos entomopatógenos o agentes naturales.

Conclusiones

El seguimiento poblacional del picudo rayado en 2024 permitió caracterizar su comportamiento estacional en dos regiones claves del país. Esta información resulta esencial para anticipar brotes, ajustar calendarios de manejo y fortalecer las estrategias de control integrado frente a esta plaga emergente.

Nematodos Fitopatógenos en Caña de Azúcar

(*Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp.)

Los nematodos fitopatógenos constituyen un problema subestimado en los sistemas de producción de caña de azúcar, con impactos importantes en el rendimiento agrícola y la sanidad del cultivo. Durante el año 2024, se inició una bioprospección de nematodos en dos regiones cañeras del país.

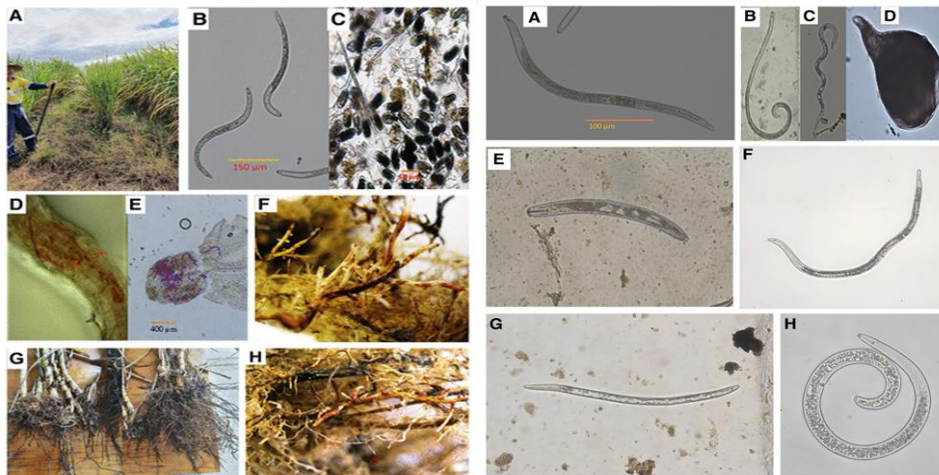


Figura 8. Nematodos fitopatógenos en caña de azúcar. Fuente: Parasitic Nematodes of Sugarcane: A Major Productivity Impediment and Grand Challenges in Management.

Síntomas asociados y efectos agronómicos

Los síntomas observados en campo a nivel radicular incluyen:

- Lesiones necróticas en raíces, en forma de pequeñas manchas oscuras que se expanden y coalescen con el tiempo.
- Pérdida progresiva de raíces funcionales, lo que compromete significativamente la absorción de agua y nutrientes.
- Mayor susceptibilidad a infecciones secundarias causadas por hongos y bacterias del suelo.
- Reducción del desarrollo vegetativo, observándose plantas con crecimiento limitado, enanismo y coloración clorótica.
- Disminución del número de brotes y macollas, con efectos directos en la densidad de plantas por hectárea.
- Reducción del peso de la caña y del contenido de sacarosa, con repercusiones económicas para los productores y los ingenios.

Estos efectos tienden a intensificarse en condiciones de estrés hídrico y suelos con una riqueza pobre del microbioma.

Bioprospección y análisis comparativo de sistemas de producción

Con el fin de conocer mejor la dinámica de los nematodos fitopatógenos en caña de azúcar, se llevó a cabo una colaboración con el Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC) de la Universidad de Costa Rica (UCR), realizando dos bioprospecciones en sistemas de cultivo convencionales y orgánicos.

Las actividades incluyeron la recolección de muestras de:

- Raíces de plantas de caña de azúcar.
- Suelo rizosférico asociado a dichas plantas.

Estas muestras fueron procesadas para extracción e identificación de nematodos a nivel de género. Se registraron diferencias notables en la composición y densidad poblacional entre ambos sistemas:

En el sistema convencional, las poblaciones del género *Pratylenchus* fueron tres veces superiores a las detectadas en la plantación orgánica.

Las poblaciones de *Meloidogyne* fueron menores en ambos sistemas, aunque se mantienen como un riesgo potencial debido a su capacidad de formar agallas y obstruir el flujo de nutrientes.

Este hallazgo sugiere una posible relación entre el tipo y manejo del suelo y la proliferación de nematodos, lo que subraya la necesidad de estrategias de manejo integrado que consideren prácticas conservacionistas y el uso de bioinsumos.

Recomendaciones preliminares

A partir de estos resultados, se recomienda:

Continuar con el monitoreo sistemático de nematodos en fincas cañeras, particularmente en suelos de textura liviana o con historial de enfermedades radiculares.

Promover el uso de rotaciones, coberturas vegetales y mejoradores biológicos del suelo como medidas preventivas.

Considerar la inclusión de nematocidas biológicos o agentes antagónicos como *Purpureocillium lilacinum*, *Bacillus* spp. o extractos botánicos en planes piloto de control biológico.

Conclusiones

Los nematodos fitopatógenos representan una amenaza silenciosa pero persistente en la producción de caña de azúcar. Su manejo efectivo dependerá de una vigilancia activa, diagnósticos tempranos y la implementación de un enfoque integrado que contemple tanto la salud del suelo como la sostenibilidad del sistema productivo.



PARTE III

UNIDAD BIOTECNOLÓGICA

RESUMEN

La Unidad Biotecnológica de DIECA constituye un componente estratégico para el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo tecnológico aplicado al cultivo de la caña de azúcar. Su labor complementa las actividades desarrolladas por los programas nacionales y las regiones cañeras, mediante el uso de herramientas especializadas orientadas al estudio, caracterización, diagnóstico, propagación y mejoramiento de materiales de interés para la agroindustria azucarera.

El trabajo de esta Unidad permite incorporar metodologías biotecnológicas que contribuyen a ampliar las capacidades de investigación de LAICA-DIECA y a generar información de apoyo para la toma de decisiones técnicas. Entre sus principales ámbitos de acción se encuentran las actividades de laboratorio asociadas con el manejo y análisis de material vegetal, la evaluación de características de interés agronómico, el apoyo a procesos de selección y mejoramiento, así como el desarrollo y aplicación de técnicas que favorecen una mayor precisión en los procesos de investigación.

Durante el año 2024, la Unidad Biotecnológica dio continuidad a diferentes actividades y proyectos vinculados con las necesidades del sector cañero nacional, brindando soporte técnico a investigaciones desarrolladas en otras áreas de DIECA y participando en iniciativas relacionadas con el desarrollo, evaluación y conservación de materiales de caña de azúcar. De igual manera, su trabajo facilitó la integración de información obtenida mediante métodos convencionales con herramientas biotecnológicas, fortaleciendo el enfoque multidisciplinario de la investigación institucional.

La articulación de esta Unidad con los programas técnicos, el personal regional y otras áreas especializadas permite aprovechar de manera más eficiente los recursos disponibles y responder a requerimientos específicos de investigación y diagnóstico. Esta coordinación contribuye a mejorar la calidad de la información generada, optimizar procesos y fortalecer la capacidad institucional para atender los retos productivos, sanitarios y tecnológicos que enfrenta la actividad cañera.

En esta tercera parte del informe se presentan las principales actividades, avances y resultados alcanzados por la Unidad Biotecnológica durante el año 2024, destacando su aporte al desarrollo científico y tecnológico de DIECA y su contribución al fortalecimiento de una agroindustria azucarera más innovadora, eficiente y sostenible.

Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal

La clonación de plántulas a partir de material vegetal colectado de campo es el proceso más importante del Laboratorio de Cultivo de Tejido Vegetal (LCTV) de DIECA. Considerando que la demanda del sector cañero por material ha venido aumentando, uno de los objetivos que se plantea es incrementar la producción de plántulas *in vitro*, y a la vez, optimizar el uso de recursos en el proceso. Para ello, se ha avanzado en la implementación de los Sistemas de Inmersión Temporal (SIT), lo que representa un cambio tecnológico que permitirá un mejor rendimiento en la propagación masiva, optimizando el uso de insumos y acelerando el proceso de multiplicación.

Asimismo, el LCTV constantemente realiza mejoras en los procesos mediante pruebas a pequeña escala y proyectos relevantes para el sector cañero. En esta línea, se ha continuado con las investigaciones sobre Crioconservación de Variedades de caña de azúcar, que busca preservar material genético de las variedades más importantes a largo plazo, para asegurar su disponibilidad a través del tiempo.

Complementariamente, el laboratorio mantiene un proyecto en conjunto con el Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Programa Variedades de DIECA, para el desarrollo de plántulas con mutaciones al azar, que está enfocado en generar variabilidad genética en la caña de azúcar de variedades específicas. Esta estrategia podría reducir el tiempo de obtención de nuevas variedades con potencial para mejorar la productividad, la resistencia a enfermedades y la adaptabilidad a condiciones agroclimáticas cambiantes, entre otros.

En cuanto a la producción de vitroplantas, a lo largo del año 2024, el LCTV se ha enfocado en entregar plántulas de caña de azúcar de alta calidad, que cumplan con los estándares fitosanitarios y genéticos necesarios para el sector. Durante este periodo, se produjeron más de 125.000 plántulas, distribuidas en 10 variedades, cada una con una producción que varía de 300 hasta 34.000 plántulas.

Este informe presenta los avances en los proyectos mencionados, así como los desafíos enfrentados y pasos siguientes para la implementación de cada uno y la mejora continua en la producción de plántulas de caña de azúcar mediante biotecnología aplicada.

OPTIMIZACIÓN DE LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR

El objetivo del proyecto es aumentar la producción de vitro plantas para satisfacer al máximo la demanda nacional, a la vez, reducir los costos de producción y la manipulación de los explantes mediante sistemas de inmersión temporal (SIT).

SIT es un modelo de producción de vitroplantas que consiste en sumergir los explantes en medio de cultivo líquido durante periodos definidos, lo que permite aumentar la superficie de contacto de las plántulas con los nutrientes del medio de cultivo, estimulando así su crecimiento y tasa de reproducción (Murrell, Flores-Mora, & Azofeifa, 2002).

Esta investigación se ha centrado en buscar los SIT disponibles en el mercado y en realizar pruebas a pequeña escala que permitan identificar cuál es el sistema que se adapta mejor a las condiciones del laboratorio y produce el mejor material, al menor costo. El proyecto consta de 3 fases: i) prueba del desarrollo de las plántulas en los SIT bajo diferentes parámetros, ii) evaluación de los tratamientos aplicados e iii) implementación del SIT que resulte más favorable.

Uno de los SIT evaluados y que ha dado resultados promisorios es Biocoupler™ que se compone de dos envases de vidrio unidos; uno conteniendo las plántulas, y otro conteniendo el medio de cultivo. Ambos frascos están separados por una tapa de rosca con una membrana que permite, al voltearlos, pasar el medio de cultivo a las plántulas por un espacio de tiempo definido, luego del cual se retorna a su posición original (Figura 1). Este sistema puede maximizar su operación con el uso de plataformas automatizadas BioTilt™ que permiten la oscilación programada de los Biocoupler™ sin necesidad de manipulación (volteo) por parte de los operadores.



Figura 1. Biocoupler™ volteo manual.

Algunas ventajas que ofrece este sistema en comparación a biorreactores tradicionales, es la simplicidad del equipo al no usar filtros ni compresores, un uso eficiente del espacio gracias a la posibilidad de apilar las plataformas, una mayor facilidad para mantener las condiciones asépticas al ser fácil de ensamblar-desensamblar y, por último, una reducción de los problemas asociados a la vitrificación e hiperhidrocididad, debido al tipo de aireación sin bombas ni filtros (Plant Cell Technology, s.f.).

Se realizaron pruebas con la variedad RB 86-7515 en diferentes tiempos de inmersión en el medio de cultivo MS modificado en estado líquido, preparado según el protocolo de DIECA. Los Biocoupler™ (500mL) se inocularon con 15 plántulas iniciales (“clusters” de 2-3 plántulas), y se mantuvieron durante 84 días en este sistema; al día 43 se dividió la cantidad de material aproximadamente a la mitad para trasladarlo a otro envase. Finalmente, una parte del ensayo se llevó a la etapa de aclimatación en invernadero y otro se enraizó en el laboratorio en bolsas de polipropileno (pp). El ensayo se evaluó en función de la cantidad final de plántulas producidas en invernadero, así como de la mortalidad y vigorosidad observable en las plántulas.

Entre los principales resultados, se encontró un mejor desarrollo en los tratamientos con menores tiempos de inmersión. En general, el desarrollo de raíz fue escaso (Figura 2.a), lo que puede estar relacionado a la formación de “cluster” en el medio líquido (Villegas-Ramírez, 2021) y una disponibilidad reducida de auxinas en el medio por el volumen de plantas aglomeradas. Del total de plántulas enraizadas en invernadero que al salir del laboratorio presentaban raíces de 5mm en promedio, se registró un 87% de sobrevivencia y una tasa de multiplicación de 3.5 en invernadero (Figura 2.b), en cuanto a la tasa de multiplicación *in vitro*, se registró un promedio de 27.7 plántulas por cada plántula inicial según el cálculo:

$$\text{Tasa de multiplicación} = \frac{\text{Plantas finales}}{\text{Plantas iniciales}}$$

La diferencia entre este y el tratamiento donde las plántulas se enraizaron en bolsas de polipropileno (pp) en el laboratorio fue de 8 plántulas por cada plántula inicial (tasa de multiplicación de 36.5). El enraizamiento de vitro-plántulas en bolsa de pp se ha venido incorporando debido a que resulta en material vegetal con mayor en menor tiempo; además, agiliza el proceso en la etapa de aclimatación al ser más sencilla su manipulación.



Figura 2. a. Sistema radicular formado en medio líquido en Biocoupler™, b. plántulas en aclimatación provenientes de tratamientos en Biocoupler™.

Cuadro 1. Principales índices productivos observados según método de producción utilizado (convencional y Biocouplers™), para producir 600 plántulas.

Variable	Método Convencional	Biocoupler™
Tiempo de producción (meses)	¹ 5	² 4
Volumen de medio de cultivo (L)	17	2.6
Tasa de multiplicación	³ 25	³ 36
Tiempo dedicado al proceso de multiplicación (horas)	20	5.66
Cantidad de plantas iniciales	58	15

Fuente propia de la investigación

¹Tiempo requerido para producir mínimo 600 plántulas

²Toma en cuenta el segundo enraizamiento del tratamiento 3

³Basado en RB 86-7515

Bajo este panorama, se comparó el rendimiento de la producción en Biocoupler™ enraizado en el laboratorio en bolsa pp con el proceso para obtener una cantidad similar de plántulas mediante el método convencional con medio semisólido, donde resalta optimización en los aspectos evaluados (cuadro 1).

La producción mediante el método convencional, aunque efectiva, tiende a ser de intensa y laboriosa debido al alto manipuleo que implica; además, debido al alto requerimiento de espacio y al alto costo de producción, la producción mediante este método es limitada (Posada-Pérez et al., 2003).

La implementación de SIT representa un avance importante en la sostenibilidad del proceso de producción de vitro-plantas de caña de azúcar, al optimizar recursos y generar mayor cantidad de material vegetal para satisfacer las necesidades del sector con plántulas de calidad que contribuyen a la productividad agrícola de manera responsable con el ambiente.

Se propone, finalmente, realizar pruebas complementarias con el BioTilt™ y desarrollar protocolos que permitan definir el volumen de medio de cultivo, la cantidad de inóculo inicial, y el medio ideal para propiciar el enraizamiento; además, realizar estas valoraciones para otras variedades de caña de azúcar de importancia comercial.

Los resultados de este proyecto muestran el gran potencial de los sistemas de inmersión

temporal para optimizar la producción de vitroplantas de caña de azúcar. La implementación del Biocoupler™ ha demostrado ser una alternativa eficiente, reduciendo la manipulación y los costos, al tiempo que mejora la tasa de multiplicación en invernadero. Aunque el desarrollo radicular sigue siendo un desafío en medios líquidos, el enraizamiento en bolsas de pp ha resultado una estrategia efectiva para fortalecer las plántulas antes de la aclimatación. Estos hallazgos abren la puerta a una producción más eficiente y sostenible, beneficiando a los ingenios con material vegetal de alta calidad.

CRIOCONSERVACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR: ESTRATEGIA PARA LA PRESERVACIÓN DEL GERMOPLASMA

El principal objetivo de este proyecto es conservar a largo plazo las principales variedades de caña de azúcar mediante técnicas de criopreservación para establecer un banco de germoplasma *in vitro*.

Los bancos de germoplasma se utilizan para la conservación de recursos genéticos en condiciones de laboratorio; permiten no sólo el almacenamiento, sino que facilitan el intercambio genético al ser muestras pequeñas; además, se requiere de poco espacio para conservar muchas variedades (Sánchez-Chiang & Jiménez, 2010).

La criopreservación implica un proceso que parte de la extracción de meristemos apicales (Figura 3) de plántulas de caña de azúcar obtenidas mediante reproducción vegetativa

de yemas laterales. Los meristemos se encapsulan formando una semilla sintética que sirve para proteger al tejido de la manipulación y el congelamiento. Luego, se someten a diferentes soluciones químicas que preparan al tejido para las bajas temperaturas de conservación criogénica, desplazando el agua que se encuentra intra e intercelularmente (Sánchez-Chiang & Jiménez, 2010). Finalizado este proceso, las semillas sintéticas se colocan en nitrógeno líquido hasta que se requiera su desalmacenaje. En ocasiones, las soluciones químicas pueden ser abrasivas y causar un daño irreversible que se traduce en la no regeneración del tejido vegetal posterior a la congelación. Dado esto, es imprescindible establecer un protocolo adecuado para el cultivo y tipo de tejido utilizado.



Figura 3. Extracción de meristemos apicales a partir de plántulas de caña de azúcar mediante estereoscopio. La imagen del extremo inferior derecho corresponde a un meristemo (0.5 mm aproximadamente).

Se han realizado pruebas y se han determinado 3 puntos clave para optimizar el protocolo: i) tamaño del explante inicial (meristemo apical); ii) la optimización composición de la solución vitrificadora; iii) el tiempo de exposición a la solución vitrificadora.

Las pruebas se han centrado en dos puntos: en determinar la curva de deshidratación para que la semilla sintética tenga un porcentaje de humedad de 30%; y, en la exposición de la semilla a la solución vitrificadora. A partir de la optimización de los puntos anteriores se procederá con la optimización del medio de cultivo para la regeneración del explante.

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Las pruebas realizadas en este proyecto han permitido identificar aspectos clave para implementar la crioconservación de variedades de caña de azúcar. El proyecto avanza hacia la consolidación de un sistema que garantice la disponibilidad de material vegetal de calidad para el futuro.

MUTAGÉNESIS RADIOINDUCIDA: INNOVACIÓN EN EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El proyecto tiene como objetivo establecer líneas mutantes de *Saccharum* sp. producidas por mutagénesis radioinducida con potencial para adaptarse a condiciones abióticas estresantes, disminuir floración y aumentar la productividad, entre otros aspectos.

La mutagénesis radioinducida consiste en someter callos embriogénicos provenientes de caña de azúcar a diferentes intensidades de radiación gamma (10 gy, 20 gy, 30 gy, 40 gy y 50gy), con el fin de inducir mutaciones al azar en el genoma de las células. Estas mutaciones se podrían traducir en adaptaciones ventajosas que podrían aumentar el rendimiento y/o producción en campo.

Para generar los mutantes se induce el callo embriogénico, que es un conjunto de células indiferenciadas totipotentes, lo que les permite regenerar una planta completa (González Paneque et al., 2002). El callo se irradia con rayos gamma a diferentes intensidades y luego se coloca en el medio de cultivo para que regenere el tejido vegetal. Posteriormente, el tejido regenerado se desarrolla y cuando se diferencia en una plántula completa, se toma como una línea mutante. El LCTV se encarga de multiplicar y aclimatar todas las líneas mutantes hasta tener una cantidad suficiente para los ensayos en campo; finalmente, el Programa Variedades evalúa la viabilidad de las líneas mutantes y determina si tienen adaptaciones aprovechables para el sector cañero.

En la primera fase del ensayo, se utilizó la variedad RB 86-7515, de la que surgieron 71 líneas mutantes que se distribuyeron en 5 regiones cañeras de Costa Rica y se encuentran en evaluación. Dentro de esta primera fase se incluyó también a la variedad CP 72-2086 que se multiplicará en el LCTV los primeros meses del año 2025, para posteriormente llevar los mutantes a campo.

Los resultados esperados incluyen la selección de mutantes sin floración o con un menor índice de floración, así como una mejor adaptabilidad a suelos ácidos (RB 86-7515). Complementariamente, en el año 2024 se implementó una variante del proyecto para seleccionar materiales con mayor adaptabilidad a la sequía en las variedades LAICA 08-361 y LAICA 00-301.

El proyecto de mutagénesis radioinducida en caña de azúcar sienta las bases para el desarrollo de variedades más adaptables y productivas, contribuyendo a la innovación en el mejoramiento genético. Con líneas mutantes ya en evaluación y nuevas variedades por incorporar en 2025, esta iniciativa abre la puerta a cultivos más eficientes y resilientes, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad del sector cañero a largo plazo.

PRODUCCIÓN DE VITROPLANTAS EN EL AÑO 2024

La producción de vitroplantas en el LCTV conlleva 4 fases principales:

i) Establecimiento, que se refiere al proceso de adaptación de los ápices meristemáticos a las condiciones de laboratorio (Figura 4); por ejemplo, procesos de desinfección rigurosos que pretenden eliminar microorganismos no deseados, medios de cultivo y manipulación del material vegetal que es clave para mantener la viabilidad.



Figura 4. Ápice de caña de azúcar adaptado a condiciones *in vitro*.

ii) Micropropagación, que consiste en subcultivos periódicos en medio de cultivo MS modificado para obtener un mayor número de

plántulas a partir del material inicial, manteniendo la uniformidad genética (Figura 5).



Figura 5. Plántulas de caña de azúcar en fase de multiplicación.

iii) Enraizamiento, inducido por hormonas, principalmente auxinas, para procurar el mayor porcentaje de adaptación al sustrato en la cuarta fase donde el desarrollo radicular es determinante al facilitar la absorción de agua y nutrientes (Figura 6).



Figura 6. Desarrollo radicular en plántulas de caña de azúcar producidas por cultivo *in vitro*.

iv) Aclimatación, en esta fase las plántulas se trasladan a un ambiente de invernadero (Figura 7) donde las plántulas activan su maquinaria fotosintética, fortalecen su estructura y

desarrollan los mecanismos necesarios para la siembra en campo.



Figura 7. Plántula producida por cultivo *in vitro* en fase de aclimatación en invernadero.

Además de estos procesos *in vitro*, un aspecto crítico es el material vegetal de inicio que recibe el laboratorio, ya que, a partir de este se obtienen los clones para establecer la producción. El material se obtiene del campo y debe ser de la mejor calidad sanitaria; libre de enfermedades y plagas. Asimismo, es muy importante la correcta identificación varietal cuando se hace la colecta del material vegetal en campo, garantizar que no hayan mezclas de variedades y se envíe al laboratorio de forma ordenada, y con una rotulación adecuada.

El presente informe considera únicamente la cantidad de plántulas sembradas en invernaderos de DIECA durante el año 2024. Las vitroplantas en proceso de establecimiento, micropropagación y enraizamiento, no se toman en cuenta en este reporte.

Las variedades entregadas corresponden a **B 77-95, LAICA 08-361, LAICA 08-390, NA 85-1602, LAICA 12-340, LAICA 10-809, CP 72-2086, RB 86-7515, LAICA 10-202, LAICA 15-327** y las líneas mutantes del proyecto de mutagénesis radioinducida. La cantidad total distribuida entre todas las variedades fue de **125.000 plántulas** (cuadro 2).

Posterior al periodo de aclimatación, las plántulas se llevan a campo donde terminarán su adaptación y se utilizarán para semilleros básicos de alta calidad (Figura 8).



Figura 8. Semilleros de caña de azúcar en campo, provenientes de cultivo *in vitro*.

Cuadro 2. Entrega de vitroplantas de caña de azúcar a invernadero según variedad durante el año 2024.

Variedad	Cantidad de plántulas entregadas a invernadero	Detalle porcentual
LAICA 08-390	34050	27,27
CP 72-2086	18320	14,67
LAICA 12-340	18158	14,54
LAICA 10-202	16900	13,53
RB 86-7515	9794	7,84
NA 85-1602	9523	7,63
Mutantes	7058	5,65
LAICA 15-327	6662	5,34
LAICA 10-809	2550	2,04
LAICA 08-361	1550	1,24
B 77-95	300	0,24
Total	124865	100

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- González Paneque, O. S., Silva Pupo, J. J., Espinosa Reyes, Á., Ros Araluce, C., Acosta Pompa, L., Meneses Rodríguez, S., & Hernández Espinosa, M. M. (2002). La embriogénesis somática en *Ipomoea*: una posibilidad para la multiplicación y conservación de los recursos vegetales. *Cuadernos de Biodiversidad*, (9), 15-20. Recuperado de https://www.academia.edu/85319407/La_embriog%C3%A9nesis_som%C3%A1tica_en_Ipomoea_una_posibilidad_para_la_multiplicaci%C3%B3n_y_conservaci%C3%B3n_de_los_recursos_vegetales
- Murrell, M., Flores-Mora, D. M., & Azofeifa, O. (2002). Establecimiento de un sistema de inmersión temporal para la micropropagación y el enraizamiento de *Bergenias* spp var. *Herbstblüte*. *Revista Tecnología En Marcha*, 15(4), Pág. 75–81.
- Posada-Pérez, L., Gómez-Kosky, R., Reyes, M., & Alvares Díaz, L. (2003). Empleo de los Sistemas de Inmersión Temporal (RITA) en la propagación de plantas vía organogénesis en caña de azúcar y bananos. *Bioteología Vegetal*, 3(1). Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/198>
- Plant Cell Technology. (s.f.). BioTilt™. Recuperado de <https://plantcelltechnology.com/pages/biotilt>
- Sánchez-Chiang, Neiva, & Jiménez, Víctor M. (2010). Técnicas de conservación in vitro para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 193-205. Recuperado en 18 de febrero de 2025, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100020&lng=es&tlng=es.
- Villegas-Ramírez, J. G. (2021). Empleo de Biorreactores de Inmersión Temporal (BIT) para la multiplicación in vitro de vainilla (*Vanilla planifolia Andrews*) y su caracterización morfogénica.

Laboratorio de Microbiología Cañera

El Laboratorio de Microbiología Cañera (LMC) de DIECA juega un papel fundamental en la investigación y el control de calidad de bioinsumos utilizados en el sector cañero-azucarero. Durante 2024 se llevaron a cabo rigurosos procesos para asegurar la efectividad en campo de parasitoides, hongos entomopatógenos y vitroplantas, todo esto en complemento con un sistemático monitoreo de la carga microbiológica ambiental en los laboratorios para garantizar condiciones óptimas de producción.

En el ámbito de la investigación, se trabajó en el desarrollo de formulaciones a base de hongos entomopatógenos, el aislamiento de microorganismos con potencial agronómico y la optimización del escalamiento productivo de bacterias promotoras del crecimiento vegetal. Estos avances buscan mejorar la eficiencia en el control biológico de plagas, desarrollar nuevos bioinsumos, reducir la carga química y mejorar la salud del suelo, en concordancia con las estrategias de sostenibilidad y conservación de los recursos en las fincas cañeras.

Asimismo, el laboratorio ofreció servicios microbiológicos dirigidos a productores, ingenios y laboratorios internos de DIECA, con énfasis en la evaluación de bioinsumos y la identificación de microorganismos de interés. Estas acciones promueven el cumplimiento de los estándares de calidad, aseguran la eficacia de los bioinsumos y contribuyen al desarrollo de soluciones biológicas más seguras y eficientes para la agricultura cañera.

CONTROL DE CALIDAD

Uno de los objetivos principales del Laboratorio de Microbiología Cañera (LMC), es garantizar la calidad de los bioinsumos producidos en DIECA. Por ello, desde 2005 se realizan rigurosos procesos de control de calidad de los parasitoides (*Cotesia flavipes*), hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) y vitroplantas generados en los laboratorios que conforman este departamento. Además, lleva a cabo simultáneamente evaluaciones periódicas de la carga microbiológica ambiental de cada uno de estos, para verificar las condiciones ideales de producción e investigación. La implementación rigurosa y sistemática de estos controles ha permitido cumplir con los procesos de mejora continua, asegurando así recursos de excelencia para el sector cañero azucarero nacional. El presente informe detalla los principales resultados de control de calidad obtenidos en el año 2024.

Parasitoide *Cotesia flavipes*

La producción masiva de *C. flavipes* debe considerar todos los aspectos biológicos del desarrollo del parasitoide para evitar afectar su tasa de natalidad durante el proceso productivo (Astola & Narrea, 2019). Por esta razón, la natalidad se establece como un parámetro clave en el control de calidad llevado a cabo por el LMC (Figura 1). La evaluación se realiza mediante el conteo y la clasificación de individuos (hembras, machos y fallidos) provenientes de muestras de cada lote generado por el Laboratorio de

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Producción de *Cotesia flavipes* (LCF) (Figura 2). Con este procedimiento, se obtiene información de la proporción de hembras con respecto a machos, el número total de avispas que emergen exitosamente y aquellas que no lo logran, en razón de cada larva de *Diatraea saccharalis* parasitada, así como el porcentaje de natalidad.

En el año 2024 se evaluaron 224 lotes de *C. flavipes* de un total de 229 lotes producidos por LCF (97,8% del total). El cuadro 1 muestra el promedio anual para cada parámetro evaluado. Los datos obtenidos reflejan una calidad constante alta y comparable a la de años anteriores, con valores que respaldan la eficiencia y consistencia del control biológico realizado por este organismo.



Figura 1. Proceso de control de calidad del parasitoide *C. flavipes* producido por LCF, DIECA.



Figura 2. Emergencia de *C. flavipes*. Macho adulto (a), hembra adulta (b) y fallido (c).

Cuadro 1. Promedio anual de los parámetros de control de calidad del parasitoide *C. flavipes* producido por LCF en el 2024.

Relación hembras/macho	N° avispas eclosionadas/ larva de <i>D. saccharalis</i>	N° avispas fallidas/ larva de <i>D. saccharalis</i>	Natalidad (%)
3,79	58,89	11,82	82,53

Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, son ampliamente utilizados en el control biológico de plagas artrópodos por su capacidad de causar muerte en los insectos (Motta-Delgado & Murcia-Ordoñez, 2011; Khoobdel et al., 2019). Dada su relevancia, estos microorganismos se cultivan a gran escala en laboratorios con el objetivo principal de obtener productos de alta calidad en términos de patogenicidad, concentración de conidios, capacidad germinativa y pureza microbiológica (Monzón, 2002). En este contexto, el LMC implementa estrictos procesos de control de calidad con el fin de asegurar el cumplimiento de los estándares y garantizar la eficacia en el campo. Para ello, se emplean

técnicas microbiológicas que permiten evaluar cada uno de los parámetros mencionados (Figura 3) en los lotes de hongo producidos por el Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos (LHE) de DIECA.

De este modo, en el 2024 se evaluaron 129 lotes de *M. anisopliae* (METADIECA) y 57 lotes de *B. bassiana* (BEAUVEDIECA) en su presentación a granel, lo que representa el 100% de los lotes producidos por el LHE. Los cuadros 2 y 3 se detallan los promedios anuales de los lotes analizados para cada hongo. Estos valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos óptimos para garantizar la efectividad del producto mediante una adecuada dosificación de aplicación en campo.

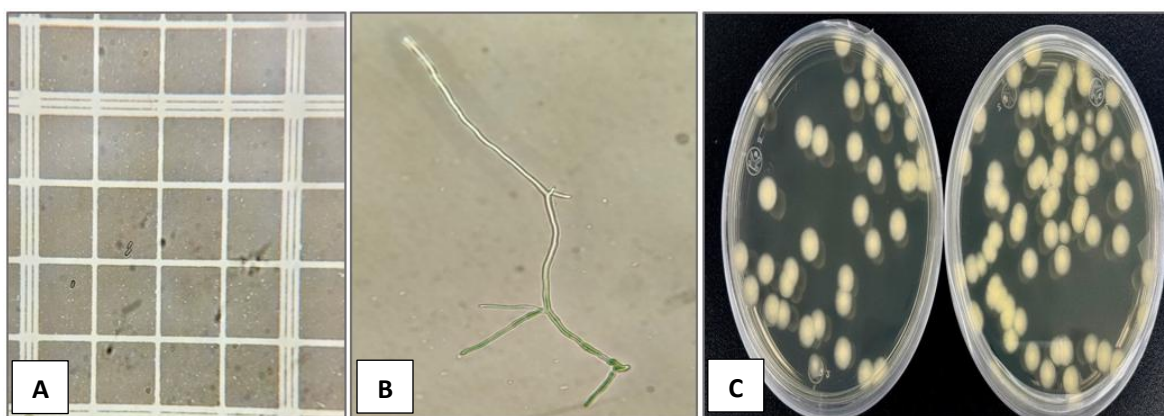


Figura 3. Pruebas microbiológicas para el control de calidad de lotes generados por el LHE, DIECA. (A) concentración de conidios, (B) viabilidad de conidios y (C) pureza microbiológica.

Cuadro 2. Promedio anual de los parámetros de calidad analizados para *Metarhizium anisopliae* durante el año 2024.

Concentración (conidios/g)	Viabilidad conidial (%)	Pureza microbiológica (%)
8,19x10 ⁸	95,43	96,09

Cuadro 3. Promedio anual de los parámetros de calidad analizados para *Beauveria bassiana* durante el año 2024.

Concentración (conidios/g)	Viabilidad conidial (%)	Pureza microbiológica (%)
2,55x10 ⁹	91,38	96,06

Cultivo de Tejidos Vegetales

Las vitroplantas tienen un papel importante y creciente en la agricultura por una ser fuente de recurso genético, capaces de ser producidas en masa con un coeficiente de multiplicación 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, el uso de un material aséptico es fundamental para aumentar la eficiencia del proceso y satisfacer las expectativas del consumidor final. En este contexto, el LMC implementa el control de calidad microbiológico como una herramienta clave durante las distintas etapas de este proceso, desde la introducción hasta el enraizamiento, para identificar la presencia de agentes contaminantes. Para ello, se realizan revisiones semanales alternadas en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos (LCT) de DIECA, con el objetivo de detectar, contabilizar y eliminar los frascos con plántulas *in vitro* contaminadas

por microorganismos (Figura 4). Los datos recopilados permiten calcular tanto el porcentaje total de contaminación como el porcentaje de éxito en la propagación de las variedades analizadas.

De esta manera, se evaluaron un total de 20.400 frascos durante el 2024, correspondientes a 9 variedades: LAICA 10-809, LAICA 08-361, CP 72-2086, RB 86-7515, LAICA 10-202, LAICA 15-327, NA 85-1602, LAICA 12-340 y LAICA 08-390. En el proceso productivo general, se obtuvo un porcentaje promedio de éxito del 72,60%, lo que implica que aproximadamente 15.422 frascos se mantuvieron asépticos a lo largo de la propagación. La variedad con el mayor éxito fue LAICA 08-390, con 95,07%, mientras que la de menor éxito fue LAICA 10-809, con 56,61% (Figura 4). Por otro lado, los microorganismos contaminantes más frecuentes fueron las bacterias (15,35%), seguido de las levaduras (7,73%) y, finalmente, los hongos (4,04%).

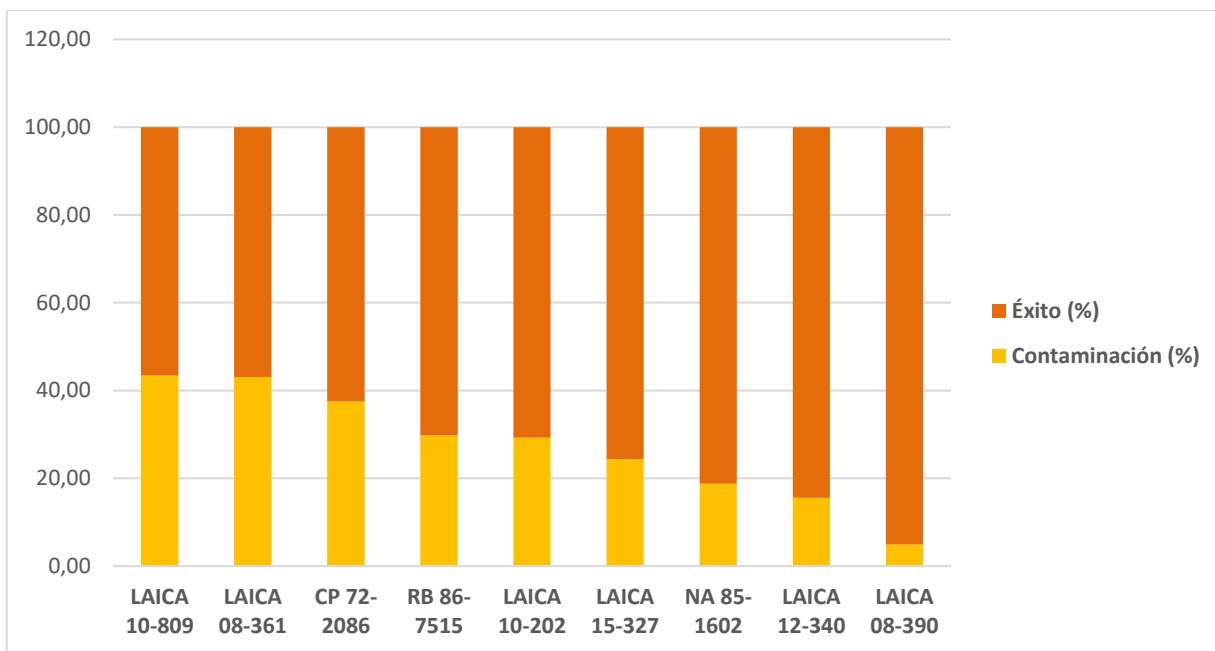


Figura 4. Niveles de éxito y contaminación porcentual de 9 variedades de caña de azúcar propagadas durante el año 2024 por el LCT.

Carga microbiológica ambiental

La contaminación por microorganismos representa uno de los principales desafíos para los laboratorios dedicados a la producción e investigación biotecnológica. Esta problemática no solo puede ocasionar posibles pérdidas económicas en los procesos productivos, sino que también pone en riesgo la confiabilidad de los datos obtenidos en investigaciones (Jiménez-Barboza & Gamboa-Villalobos, 2022; Pasquarella et al., 2000). Por esta razón, el LMC se enfoca en identificar factores abióticos y bióticos, así como situaciones, que puedan propiciar la contaminación en los laboratorios de DIECA. Las medidas preventivas adoptadas buscan evitar pérdidas en los sistemas y asegurar un ambiente de trabajo inocuo. Para ello se emplea el método de muestreo por sedimentación pasiva,

adaptado de la propuesta de Pasquarella et al., 2000, que permite obtener la cantidad de unidades formadoras de colonia (UFC) sedimentados por decímetro cuadrado de superficie por hora en cada área analizada.

Los datos recopilados durante el año 2024 mostraron un panorama positivo. En promedio, los Laboratorios de Microbiología Cañera, Biología Molecular (LMC-BM), Cultivo de Tejidos (LCT), Producción de Hongos Entomopatógenos (LHE) y de *Cotesia flavipes* (LCF), mantuvieron una carga microbiológica baja (entre 10-39 UFC/dm²/h), lo que indica un control efectivo sobre la calidad ambiental en las áreas evaluadas, asegurando así un entorno adecuado para el desarrollo de actividades científicas y productivas.

INVESTIGACIÓN

La investigación es un componente esencial en el Laboratorio de Microbiología Cañera (LMC), ya que ha permitido el estudio de las propiedades beneficiosas de microorganismos para el desarrollo de nuevos bioinsumos destinados al sector cañero-azucarero. En este contexto, se ha trabajado en la formulación de productos basados en hongos entomopatógenos y en procesos de bioprospección, que facilitan la identificación y selección de microorganismos con potencial agronómico. Además, se ha avanzado significativamente en la producción y escalamiento de estos microorganismos. Este enfoque ha generado nuevas oportunidades para mejorar tanto la productividad como la sustentabilidad del sector, mediante soluciones biológicas que contribuyen al crecimiento y protección de la caña de azúcar, así como a la reducción del impacto ambiental. A continuación, se detallan los principales avances alcanzados durante el año 2024 en este componente.

Productos formulados a base de hongos entomopatógenos

Los productos biológicos formulados ofrecen diversas ventajas para su aplicación en el campo. Estos insumos tienen la capacidad de resistir condiciones ambientales adversas, lo que les confiere una mayor estabilidad y efectividad. Además, presentan un tiempo de vida útil prolongado, mantienen las propiedades beneficiosas del componente biológico y aseguran una solubilidad eficiente en agua. Estos

productos son también fáciles de almacenar, rentables y, lo más importante, son amigables con el medio ambiente, lo que los convierte en una opción ideal para una agricultura sostenible (Ijaz et al., 2019)

Gracias a estas características, DIECA ha mostrado un gran interés en la obtención de un formulado a base de hongos entomopatógenos que facilite la aplicación de estos microorganismos y que cumpla con su objetivo principal de control biológico. En este sentido, el LMC dedicó esfuerzos en 2024 para desarrollar una formulación tipo polvo mojable a partir de un producto final obtenido mediante un sustrato líquido, aplicable tanto para *Beauveria bassiana* como para *Metarhizium anisopliae*. Como portador, se utilizó un lodo residual proveniente del proceso de obtención de azúcar líquido, brindando así una posible oportunidad de bio-circularidad en la agroindustria del azúcar.

Como resultado de diversas pruebas realizadas, se obtuvo un formulado con una calidad microbiológica alta, cuyos detalles se presentan en el cuadro 4. Con el objetivo de asegurar que este formulado mantiene la capacidad infectiva de *M. anisopliae* y *B. bassiana*, se utilizó como indicador de patogenicidad larvas de *Diatraea saccharalis*. Luego de 5 días de la inoculación de los formulados, se pudo comprobar un alto nivel de parasitismo por parte de ambos hongos: *M. anisopliae* (Figura 5A) y *B. bassiana* (Figura 5B), demostrando así el potencial entomopatógeno de ambos agentes de control biológico.

Cuadro 4. Parámetros microbiológicos de calidad analizados del formulado obtenido por el LMC, DIECA.

Hongo	Concentración (conidios/g)	Viabilidad conidial (%)	Pureza microbiológica (%)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	1,08x10 ¹¹	96,5	100
<i>Beauveria bassiana</i>	3,21x10 ¹¹	94,3	100



Figura 5. Larvas de *Diatraea saccharalis* colonizadas por los hongos entomopatógenos formulados: (A) *Metarhizium anisopliae* y (B) *Beauveria bassiana*.

Aislamiento y caracterización del género *Azospirillum*

El género bacteriano *Azospirillum* ha sido objeto de numerosos estudios debido a su potencial en la fijación de nitrógeno y su estrecha asociación con gramíneas. Además, se han reportado otras propiedades relevantes para la promoción del crecimiento vegetal, tales como la producción de fitohormonas, la solubilización de fósforo inorgánico, la mejora de la resistencia frente a estrés abiótico y la inducción de resistencia sistémica en las plantas (Fukami et al., 2018).

Estas características han generado un notable interés en el aislamiento de este grupo bacteriano con el objetivo de desarrollar

bioinsumos que contribuyan a reducir el uso de fertilizantes químicos en el cultivo de caña de azúcar. Por esta razón, el LMC implementó un protocolo de aislamiento basado en el descrito por Baldani et al. (2014) para la búsqueda de este género (Figura 6). Como resultado, en 2024 se lograron obtener 45 aislamientos, de los cuales 16 han sido identificados molecularmente. Aunque los primeros intentos realizados por aislar a esta bacteria han sido infructuosos, se han encontrado otros grupos de microorganismos conocidos por su capacidad de fijación de nitrógeno, como *Herbaspirillum* spp. (Matteoli et al., 2020). Se espera hallar el género en los aislamientos restantes no identificados o continuar con las actividades de bioprospección.

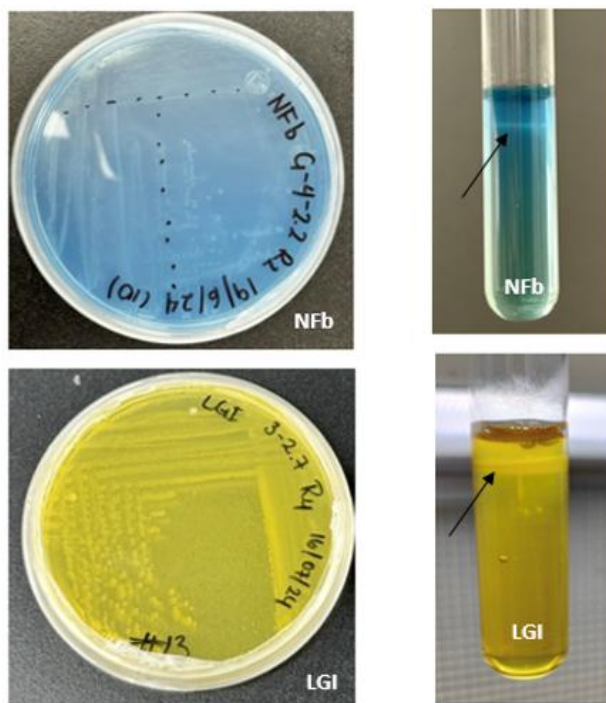


Figura 6. Medios de cultivo para el aislamiento de *Azospirillum* spp.: sólido (izquierda) y semi-sólido (derecha).

Escalamiento productivo de bacterias promotoras de crecimiento

Los mecanismos beneficiosos que presentan las bacterias promotoras de crecimiento vegetal han impulsado su uso en el desarrollo de biofertilizantes. Estos insumos han demostrado mejorar el rendimiento de los cultivos en un rango del 10 al 40%, lo que los convierte en un recurso valioso para la agricultura sostenible (Ammar et al., 2023). Es fundamental reconocer que, para obtener un biofertilizante efectivo y seguro, se requiere seguir un proceso riguroso y bien estructurado que abarque todas las etapas clave, desde el aislamiento hasta la producción a gran escala del microorganismo.

Con este objetivo, el LMC llevó a cabo múltiples ensayos en el 2024 para optimizar la producción

de bacterias con potencial, seleccionadas mediante experimentos en invernadero y campo. Tras varias pruebas en biorreactores tipo “air lift” de 88 L de capacidad, se logró establecer un protocolo eficiente para la producción a gran escala de las bacterias, que permitió obtener un producto final con una concentración en promedio de 1×10^{10} UFC/mL.

Además de lograr un producto de alta concentración y pureza microbiológica, la investigación desarrollada permitió también optimizar la desinfección de los biorreactores, la preparación del medio de cultivo, el inóculo inicial, el tiempo de fermentación (crecimiento) y el control de calidad del producto final (Figura 7). Estos primeros pasos servirán de base para una futura masificación a gran escala a nivel de fincas.



Figura 7. Proyecto de escalamiento productivo de bacterias benéficas: (A) Biorreactores y (B) Producto final.

SERVICIOS MICROBIOLÓGICOS

Como parte del compromiso con la promoción de la investigación y el desarrollo del sector cañero-azucarero, el LMC brinda asistencia en diversas áreas relacionadas con las funciones del laboratorio. Esto incluye la prestación de servicios microbiológicos tanto internos, realizados para los laboratorios de DIECA, como externos, dirigidos a ingenios y productores dentro del sector. En el marco de estas actividades, en el 2024 se analizaron un total de 159 muestras, de las cuales 38 fueron de origen externo y 121 internas. Los análisis más frecuentes incluyeron la evaluación de la concentración de grupos funcionales de microorganismos, el control de calidad de bioinsumos a base de hongos, y el aislamiento e identificación de microorganismos específicos. Gracias a estas acciones, el LMC se consolida como una herramienta fundamental para el avance, la innovación y el desarrollo sostenible del sector cañero-azucarero, contribuyendo al fortalecimiento de prácticas agrícolas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

CONCLUSIONES

El LMC ha consolidado su compromiso con la excelencia en la producción de bioinsumos, la investigación aplicada y la prestación de servicios microbiológicos para el sector cañero-azucarero. A lo largo del 2024, se han fortalecido los procesos de control de calidad en la producción de parasitoides, hongos entomopatógenos y vitroplantas, garantizando insumos de alta eficacia y confiabilidad. Además, el monitoreo ambiental ha asegurado condiciones óptimas en los laboratorios, minimizando riesgos de contaminación y optimizando los procesos productivos. En el ámbito de la investigación, se han desarrollado nuevas formulaciones de hongos entomopatógenos y se ha avanzado en la bioprospección y escalamiento de microorganismos benéficos, promoviendo alternativas biológicas para una agricultura más sostenible. Finalmente, la oferta de servicios microbiológicos ha reforzado el vínculo con ingenios y productores.

Referencias bibliográficas

- Ammar, E. E., Rady, H. A., Khattab, A. M., Amer, M. H., Mohamed, S. A., Elodamy, N. I., Al-Farga, A., & Aioub, A. A. A. (2023). A comprehensive overview of eco-friendly bio-fertilizers extracted from living organisms. *Environmental science and pollution research international*, 30(53), 113119–113137. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30260-x>
- 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>
- Baldani, J. I., Reis, V. M., Videira, S. S., Boddey, L. H., & Baldani, V. L. D. (2014). The art of isolating nitrogen-fixing bacteria from non-leguminous plants using N-free semi-solid media: a practical guide for microbiologists. *Plant and soil*, 384, 413-431.
- Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>
- 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).
- 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.
- Matteoli, F. P., Olivares, F. L., Venancio, T. M., da Rocha, L. O., da Silva Irineu, L. E. S., & Canellas, L. P. (2020). *Herbaspirillum*. In *Beneficial Microbes in Agro-Ecology* (pp. 493-508). Academic Press.
- Motta-Delgado & Murcia-ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(2), 77-90.
- Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of hospital infection*, 46(4), 241-256.
- 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.

Laboratorio de Biología Molecular

Los desafíos a los que se enfrenta el sector productivo del país han sido asumidos en el sector Cañero por La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar apoyada en los objetivos estratégicos de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, en el fortalecimiento de los Programas y Laboratorios de Investigación, haciendo disponible la herramienta de la Biotecnología para la mejora continua del cultivo.

Desde el Laboratorio de Biología Molecular se ofrecen servicios que complementan los proyectos de investigación, el manejo integral de los problemas fitosanitarios del cultivo, el control de calidad de los procesos de producción de controladores biológicos y semilla limpia, así como el proceso de mejoramiento genético de las variedades de plantas. El trabajo mancomunado de los diferentes profesionales de DIECA representa un insumo para la permanencia y tecnificación del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.

DIAGNÓSTICO MOLECULAR DE LOS PRINCIPALES FITOPATÓGENOS DEL CULTIVO DE PLANTAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

Introducción

Los cultivos tropicales se ven fuertemente afectados por la variabilidad de plagas y enfermedades establecidas y emergentes, alrededor del 16% de las pérdidas en cultivos son causados por virus, bacterias y hongos, por tal razón representan un riesgo económico importante que debe ser atendido de una forma integral acoplando a los planes de manejo de enfermedades una detección precisa, sensible y rápida de los organismos causales. En la última década se ha puesto a disposición diferentes técnicas moleculares que han permitido una detección oportuna de patógenos (Strachan et al., 2022).

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Detección de virus mediante la técnica RT-qPCR

Sugarcane Yellow Leaf Virus (SCYLV) y *Sugarcane Mosaic Virus* (SCMV, Chavarría 2010) son dos virus ARN comunes que afectan el cultivo de la caña en Costa Rica. Para su detección y monitoreo en las plantas de cultivo *in vitro* se utiliza la técnica de retrotranscripción (ARN-ADN) PCRcuantitativo (qPCR), a partir de primers específicos tomados de la literatura y estandarizados en el laboratorio (Korimbocus et al., 2002 y Cheong et al. 2012, respectivamente). Durante el año 2024 el laboratorio analizó un total de 923 muestras, las cuáles se distribuyen según el cuadro 1, siendo nuevamente el SCYLV el virus con mayor incidencia en las muestras y la variedad CP 72-2086 la que se analizó en mayor proporción (Cuadro 2).

Cuadro 1. Total de muestras analizadas para cada virus y número de muestras positivas y negativas.

Resultado	SCYLV	SCMV
Positivo	590	331
Negativo	333	592
Total	923	

Cuadro 2. Total de muestras analizadas según la variedad de la planta de caña de azúcar.

Variedad	Muestras analizadas
CP 72-2086	371
LAICA 10-202	206
LAICA 12-340	96
LAICA 04-303	55
B 77-95	54
NA 85-1602	42
LAICA 04-44	33
RB 86-7515	27
LAICA 15-327	11
CG 02-163	10
LAICA 08-361	9
LAICA 10-809	6

Detección de bacterias mediante la técnica qPCR

La Escaldadura es una enfermedad causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans* Gram- ubicada como una de las tres principales enfermedades bacterianas del cultivo de caña (Kong et al., 2025). *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* es una bacteria Gram+ agente causal de la enfermedad conocida como Raquitismo de la

caña, la cuál habita en el xilema y es difícil diagnosticarla debido a la ausencia de síntomas en la planta (Chakraborty et al., 2024). Durante el año 2024 se estandarizará un procedimiento para la detección de estas bacterias por medio de la técnica PCR en tiempo real (Garces et al., 2013 y Young et al., 2017).

Cuadro 3. Primers utilizados para la detección de las bacterias patógenos en caña de azúcar.

Bacteria	Primer	Secuencia
<i>X. albilineans</i>	Xalb-XAprF6	5'-CGAGCAGGTGAAGGACAG-3'
	Xalb-XAprR6	5'-GCGATGGCCTAGGTACA-3'
<i>L. xyli</i> subsp. <i>xyli</i>	202F	5'-CGAACTTAGTACGCCTCGTTG-3'
	331R	5'-GGATTGCGTTCTCATCTCAGC-3'

Detección de hongos mediante la técnica PCR punto final

El 80% de las enfermedades que afectan los cultivos son producidas por hongos (Infante et al., 2009), en el caso de la caña de azúcar *Puccinia kuehnii* y *P. melanocephala* son agentes de la enfermedad conocida como Roya Naranja y Roya café, respectivamente, y pueden causar perdidas entre 10 y 40% en la producción de variedades susceptibles, por esa razón se han desarrollado marcadores específicos para su

detección oportuna a partir de muestras foliares (Cuadro 4, Glynn et al., 2010).

Conclusiones

El laboratorio de Biología Molecular cuenta con protocolos documentados de forma física y virtual, estandarizados para la detección molecular de los principales patógenos del cultivo de la caña de azúcar, sin embargo, se debe continuar con la actualización de los procedimientos e incrementar nuestra cartera de servicios para cubrir las necesidades de las investigaciones y del sector en general.

Cuadro 4. Primers utilizados para la detección de hongos patógenos en caña de azúcar.

Hongos	Primer	Secuencia
<i>P. kuehnii</i>	PKPmF	5'-AAGAGTGCACTTAATTGTGGCTC-3'
<i>P. melanocephala</i>	PKPmR	5'-TCCCACCTGATTGAGGTCT-3'

Referencias bibliográficas

- Korimbocus, J; Coates, D; Barker, I y N. Boonham. 2002. Improved detection of Sugarcane yellow leaf virus using a real time fluorescence (Taq Man) RT-PCR assay. *Journal of Virological Methods* 103 (2002) 109-120.
- Cheong, E. J; Mok, R. y R. Li. 2012. Elimination of five viruses from sugarcane using in vitro culture of axillary buds and apical meristems. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 109:439-445.
- Chakraborty, M., Bhuiyan, S.A., Strachan, S., Saha, S., Mhmudunnabi, R. G., Nguyen, N. T., Shiddiky, M. A. y R. Ford. 2024. A novel *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* quantitative LAMP-based diagnostic correlated with sugarcane ratoon stunting disease rating. *Crop and Pasture Science*.
- Kong, C. B., Wickramasinghe, K. P., Xu, C. H., Mao, J., Liu, H. B., Kumar, T., Lin, X. Q., Li, X. J., Tian, C., Zhao, P. F. y X. Lu. 2025. Recent advances in Sugarcane Leaf Scald Disease: Pathogenic Insights and Sustainable Management Approaches. *Plants*. 14, 508.
- Garces, F; Gutierrez, A. y J. Hoy. 2013. Detection and Quantification of *Xanthomonas albilineans* by qPCR and Potencial Characterization of Sugarcane Resistance to Leaf Scald. *Plant Disease*.
- Glynn, N; Dixon, L; Clastlebury, L; Szabo, L. y J. Comstock. 2010. PCR assays for the sugarcane rust pathogens *Puccinia kuehnii* and *P. melanocephala* and detection of a SNP associated with geographical distribution in *P. kuehnii*. *Plant Pathology*, 59, 703-711.
- Young, A. y C. Nock. 2017. Molecular Detection of Diverse *Leifsonia* Strains Associated With Sugarcane. *Plant Disease*. 1422-1431.
- Infante, D., Martínez, B., Gonzáles, E. y N. Gonzáles. 2009. *Puccinia kuehnii* (KRUGER) BUTLER y *Puccinia melanocephala* H. SYDOW y P. SYDOW. En el cultivo de la caña de azúcar. *Protección Veg.* Vol 24 No. 1: 22-28.
- Strachan, S., Bhuiyan, S., Thompson, N., Nguyen, N., Ford, R. y M. Shiddiky. 2022. Latent potential of current plant diagnostics for detection of sugarcane disease. *Current Research in Biotechnology* 4, 475-492.

**ESTANDARIZACIÓN DE LA DETECCIÓN
MOLECULAR DEL MICROSPORIDIO
Myrmecomorba nylanderiae CONTROLADOR
BIOLÓGICO DE LA HORMIGA LOCA (*Nylanderia
fulva*).**

Introducción

A finales del año 2016 se confirma la presencia de la hormiga loca en Costa Rica por parte del Servicio Fitosanitario del Estado (Resolución N°SENASA-SFE-DG-R001-2020) y ese momento El Programa de Fitosanidad de DIECA inició la búsqueda de estrategias de combate biológico para el control de la plaga.

Informe Anual de Labores 2024 - DIECA

Con la colaboración de la Universidad de Texas, USA, se importó el control positivo del microsporidio y se adquirió los marcadores moleculares específicos para implementar su detección específica en muestras de individuos de *N. fulva* (Plowes et al., 2015).

De seis controles positivos que se importaron de USA solamente uno obtuvo la banda esperada de 614 pb (Figura 1 y Cuadro 6) que corresponde al peso molecular esperado, posteriormente se analizaron muestras del Valle Central y se confirmó su identidad mediante secuenciación del producto de amplificación, obteniendo un 98,82% de identidad con *M. nylanderiae*.

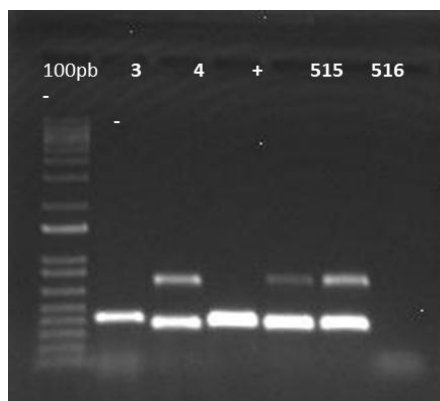


Figura 1. Electroforesis en gel de agarosa al 1% del producto de PCR. Se observa en la muestra 4 (Control positivo), 515 y 516 (muestras del Valle Central) dos bandas, la primera banda corresponde a 614pb (*M. nylanderiae*) y la segunda a 271 pb (*N. fulva*). Foto: Asist. Andrea Villalobos.

Cuadro 6. Marcadores específicos para la detección de *M. nylanderiae* y *N. fulva*.

Organismo	Primer	Secuencia
<i>M. nylanderiae</i>	V1	5'-CACCAGGTGATTCTGCCTGAC-3'
	PMP2	5'-CCTCTCCGGAACCAAACCCTG-3'
	NR614	5'-CCATGCTAGACCAGCCCAT-3'
<i>N. fulva</i>	EFA3F	5'-GACAATATGCTCGAGCCGTC-3'
	EFA3R	5'-CGAACCTTTGAAGACGGTGAA-3'

Conclusiones

Durante el 2025 se continuará brindando el servicio de detección del microsporidio con el objetivo de tamizar colonias con una alta infestación que sirvan como inóculo para el control de las poblaciones de hormiga loca en las fincas de caña de azúcar.

Referencias bibliográficas

Plowes, R; Becnel, J; LeBrum, E; Oi, D; Valles, M; Jones, N. y L. Gilbert. 2015.
Myrmecomorba nylanderiae gen. et sp. Nov., a microsporidium parasite of the tawny crazy ant *Nylanderiae fulva*.
 Journal of Invertebrate Pathology.

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

Introducción

La herramienta molecular es utilizada además como complemento en los procesos de producción de controladores biológicos, algunos

de los hongos importantes de detectar en dichos procesos en la actualidad son *Penicillium* spp. y *Nosema* spp. (Cuadro 7, Li et al., 2019 y Rahman et al., 2020). Además se colaboró con el Programa de Fitosanidad en la estandarización de la detección de *Beauveria bassiana* en muestras vegetales con el objetivo de monitorear la capacidad del establecimiento endófito del hongo (Cuadro 8, Wei y Liu 2021).

Cuadro 7. Primers utilizados para el control de calidad en el proceso de producción de *C. flavipes*.

Hongos	Primer	Secuencia
<i>Nosema</i> spp.	PapSSUrRNAF	5'-GTGCGGCTTAATTTGACTCAACG-3'
	PapSSUrRNAR	5'-CTATATGAGGGTCTCACATCTTG-3'
<i>Penicillium</i> spp.	Pen-ITSF	5'-ATTACCGAGTGAGGGCCCCT-3'
	Pen-ITSR	5'-TGACAAAGCCCCATACGCTC-3'

Cuadro 8. Primers utilizados para la detección de *B. bassiana*.

Hongo	Primer	Secuencia
<i>Beauveria bassiana</i> .	Bb.fw	5'-ATTCGAGGTCAACGTTTCAG-3'
	Bb.rv	5'-GAACCTACCTATCGTTGCTTC-3'

Conclusiones

Para la detección de *B. bassiana* en condición endófitas se debe mejorar el sistema de desinfección superficial de las muestras para evitar falsos positivos debido a que es frecuente que el hongo esté presente en los ambientes agrícolas debido a productos formulados a base del hongo. También para el caso de la detección de *Penicillium* spp. sería eficiente hacer su detección mediante la técnica de qPCR ya sea haciendo transferencia de los marcadores actuales de PCR convencional a qPCR o buscar nuevos marcadores.

Referencias bibliográficas

- Rahman, H; Yue, X; Ren, X; Zhang, W; Zhang, Q. y P. Li. 2020. Multiplex PCR assay to detect *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* species simultaneously. Food Additives and Contaminants: Part A.
- Wei, Q. y Y. Liu. 2021. Method for observing *Beauveria bassiana* colonization in plants. MethodsX 8.
- Li, P; Mi, R; Zhao, R; Li, X; Zhang, B; Yue, D; Ye, B; Zhao, Z; Wang, L; Zhu, Y; Bao,

C; Fan, Q; Jiang, X. y Y. Zhang. 2019. Quantitative real-time PCR with high-throughput automatable DNA preparation for molecular screening of *Nosema* spp. in *Antheraea pernyi*. Journal of Invertebrate Pathology.

DISPONIBILIDAD Y DEMANDA DE SERVICIOS EN EL LABORATORIO DE BIOLOGÍA MOLECULAR.

Durante el año 2024 se recibieron para análisis molecular un total de 2.500 muestras, los servicios más solicitados fueron la Detección de *Nosema* spp. y el tambizaje de los dos virus SCMV y SCYLV,

seguidos del servicio de secuenciación de hongos, bacterias e insectos, identificación de variedades de caña de azúcar, Detección de *L. xyli* y *B. bassiana*. Todos los servicios cuentan con un control de calidad del resultado, el cuál incluye controles internos de reacción (marcadores generales para virus, hongos y bacterias) así como controles positivos de ADN puro de las diferentes especies de microorganismos blanco.

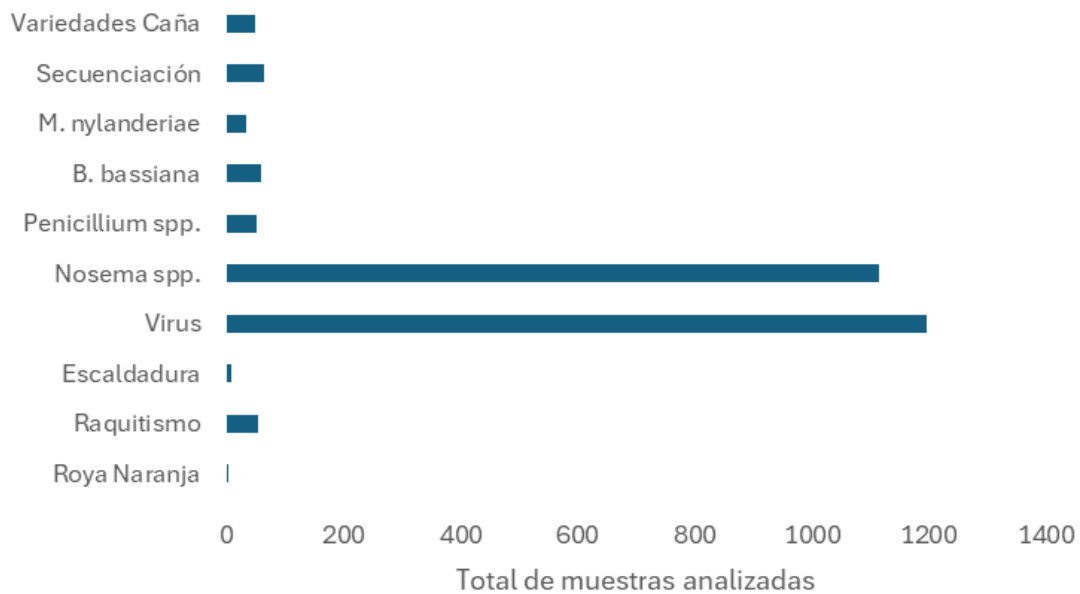


Figura 2. Total de muestras analizadas por tipo de servicio ofrecido en el laboratorio de Biología Molecular.

Laboratorios de Control Biológico

La producción de controladores biológicos desempeña un papel estratégico en la transformación de los sistemas agrícolas hacia modelos más sostenibles. Al aprovechar organismos vivos que actúan sobre las plagas de forma natural, se disminuye la dependencia de productos químicos, se reducen los riesgos para la salud humana y se protege la biodiversidad.

Esta práctica promueve un equilibrio ecológico en los agroecosistemas, lo que se traduce en una mayor resiliencia frente a amenazas fitosanitarias y climáticas. En este contexto, los laboratorios de producción se convierten en pilares fundamentales para garantizar la disponibilidad y calidad de estos agentes de control, fortaleciendo las capacidades del sector agrícola para enfrentar los desafíos actuales y futuros.

El **Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes*** cumple un rol esencial en el control biológico del barrenador común del tallo de la caña de azúcar (*Diatraea* spp.), una de las plagas más importantes del cultivo. Especializado en la cría del parasitoide *C. flavipes*, este laboratorio contribuye a un manejo más sostenible del cultivo. Las liberaciones de este agente de control biológico han demostrado ser altamente efectivas, fortaleciendo la sanidad de las plantaciones respecto a los daños ocasionados por el barrenador, y por ende coadyuvando en la expresión máxima de su productividad.

De forma complementaria, el **Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos** se dedica a la producción de distintas cepas eficientes de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Estos hongos son utilizados para el control de diversas plagas en la caña de azúcar y representan una alternativa ecológica y segura frente a los plaguicidas tradicionales. Su incorporación en estrategias de manejo integrado de plagas refuerza el compromiso por una agricultura más sostenible y respetuosa con el ambiente.

Durante el año 2024, ambos laboratorios han alcanzado **logros significativos** en la producción y distribución de biocontroladores en las diferentes regiones cañeras del país. Se fortalecieron las capacidades operativas, se optimizaron los procesos de entrega y se amplió la cobertura, incrementando el impacto positivo de estos agentes biológicos en el campo. Estas acciones han beneficiado directamente a productores e ingenios, consolidando el uso del control biológico como una herramienta clave para el manejo de plagas.

Laboratorio de Producción del Parasitoide *Cotesia flavipes*

Introducción

El Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* tiene como principal objetivo el fortalecimiento del manejo biológico del barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), una de las plagas de mayor impacto en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica. Durante el año 2024, este laboratorio continuó consolidando su papel estratégico como fuente principal de biocontroladores, aportando significativamente al manejo integrado de plagas en el país.

Producción Anual de *Cotesia flavipes*

En el periodo 2024, el laboratorio alcanzó una producción total de 46,5 millones de individuos de *C. flavipes*, marcando un récord productivo en la historia reciente del laboratorio. Esta cifra representa no solo un logro en términos productivos, sino también una respuesta a la creciente demanda por parte del sector agrícola azucarero, que ha reconocido la eficacia de este parasitoide en el control del barrenador del tallo.

Para la producción de *C. flavipes* se utilizaron más de 600 000 larvas de *Diatraea saccharalis* como hospedero, criadas bajo condiciones controladas. Esta metodología ha sido optimizada a lo largo de los años para garantizar alta calidad biológica del parasitoide, así como eficiencia en el proceso de crianza.

Distribución de la Producción

Del total producido en 2024, aproximadamente 3,3 millones de individuos fueron utilizados dentro del laboratorio, principalmente en procesos de reproducción, control de calidad y ensayos internos. Los restantes 43,2 millones de parasitoides fueron liberados en campo (Figura 1), distribuyéndose entre productores e ingenios azucareros, como parte de los programas regionales de manejo integrado de plagas.

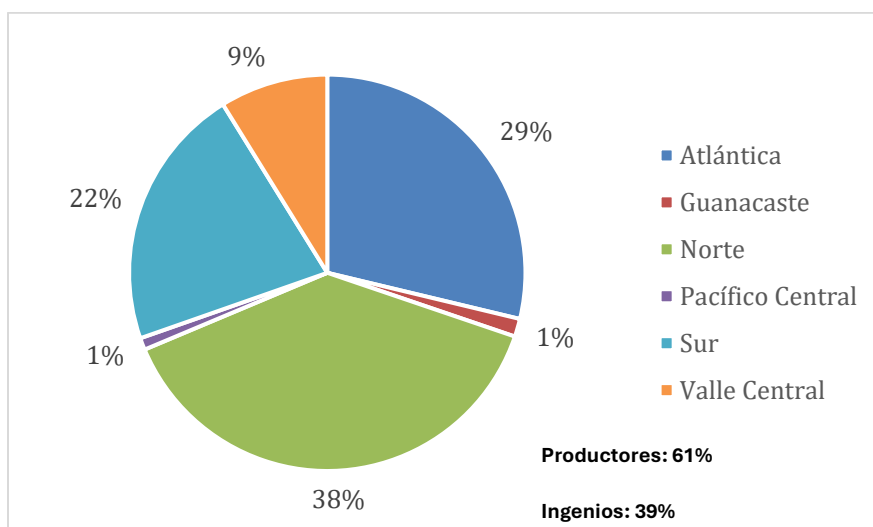


Figura 1. Porcentaje de entregas por Región del parasitoide *C. flavipes*.

La distribución se concentró en cuatro de las seis regiones cañeras de Costa Rica, siendo las regiones Norte (San Carlos y Los Chiles), Atlántica (Turrialba y Juan Viñas) y Sur (Pérez Zeledón) las principales receptoras del parasitoide, debido a la alta incidencia de barrenador y la consiguiente demanda por el recurso biológico. Demás, esta focalización respondió a criterios técnicos y al análisis histórico de infestación en estas zonas.

Cobertura del Programa de liberación de *Cotesia flavipes*

Gracias al esfuerzo articulado entre el laboratorio, los técnicos de DIECA y los productores, durante el año 2024 se logró cubrir un estimado de 7,200 hectáreas de cultivo de caña de azúcar con liberaciones programadas de *C. flavipes*. Esta cobertura representa un impacto directo en la reducción de poblaciones del barrenador del tallo, disminuyendo así el uso de insecticidas químicos y promoviendo prácticas sostenibles de producción. Ha sido además muy evidente que el uso de este recurso protege a una variedad importante de controladores biológicos nativos de la plaga, entre estos *Billaea claripalpis*, *Telenomus* sp., *Trichogramma* sp., *Alabagrus* sp. y otros parasitoides y depredadores presentes en el agroecosistema de la caña de azúcar, fortaleciendo así el equilibrio ecológico y favoreciendo un control biológico natural más efectivo y duradero.

Análisis de Tendencia y Crecimiento Productivo

El análisis de la producción entre los años 2020 y 2024 muestra una clara tendencia al alza. En 2020, la producción era de 30 millones de individuos, cifra que ha incrementado en un 44% para alcanzar los 43,2 millones de individuos liberados en campo durante 2024 (**Figura 2**). Esta evolución positiva refleja el éxito del programa de detección temprana del microsporidio *Nosema* sp., que por muchos años afectó de forma significativa la productividad del proceso y la calidad del parasitoide. Además, la tendencia positiva pone de manifiesto la consolidación de una estrategia técnica eficiente y la confianza del sector cañero en los resultados del control biológico del barrenador con este parasitoide.

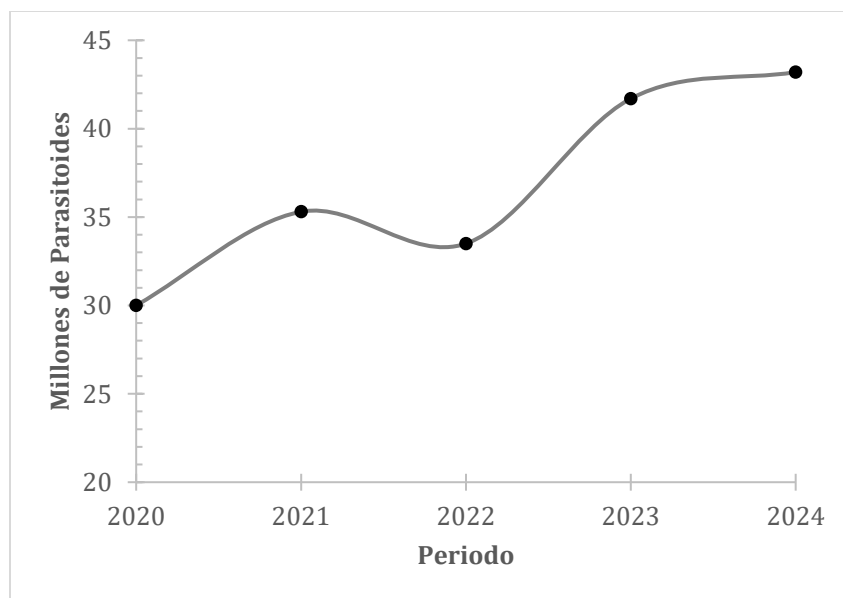


Figura 2. Producción del parasitoide *C. flavipes* de los últimos 5 años

Cabe destacar que el mayor crecimiento interanual se registró entre 2022 y 2023, con un aumento del 24,5%. Este repunte se atribuye a mejoras sustanciales en la capacidad instalada, el perfeccionamiento de los procesos de cría y una creciente adopción del control biológico por parte de los usuarios. La tendencia se ha mantenido estable y en ascenso durante 2024, consolidando un récord de producción y cobertura.

Conclusión y Perspectivas

El desempeño del Laboratorio de Producción de *Cotesia flavipes* durante 2024 ratifica el compromiso de DIECA con la producción agrícola sostenible y el manejo integrado de plagas. Los logros alcanzados reflejan no solo un aumento en la

capacidad técnica y operativa del laboratorio, sino también una mayor articulación con el sector productivo, que ha optado por soluciones biológicas de alta efectividad.

Para los próximos años, se prevé continuar con el fortalecimiento de la infraestructura del laboratorio, así como con el desarrollo de estrategias para ampliar la cobertura territorial y la capacidad de respuesta ante eventos de alta incidencia del barrenador. Asimismo, se continuará promoviendo la capacitación de productores y técnicos en el uso adecuado de *C. flavipes*, con miras a incrementar aún más la eficiencia y el impacto de este valioso programa.



Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos

Introducción

El Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos forma parte de la estrategia nacional de biocontrol impulsada por DIECA, orientada a reducir el uso de productos químicos sintéticos y fomentar el manejo sostenible de plagas en el cultivo de caña de azúcar. Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* se han consolidado como herramientas eficaces, inocuas y altamente compatibles con los sistemas agrícolas tropicales. Durante el año 2024, el laboratorio mantuvo niveles de producción importantes, reflejo del fortalecimiento técnico y operativo alcanzado en los últimos años.

Producción Anual de Hongos Entomopatógenos

Durante el año 2024, el laboratorio logró una producción total de 30 toneladas métricas de hongos entomopatógenos en base de arroz, el volumen más alto registrado en los últimos cinco años. De esta producción, 9,1 toneladas correspondieron a *Beauveria bassiana* (30,3%), mientras que 20,9 toneladas fueron de *Metarhizium anisopliae* (69,7%).

Ambos hongos se produjeron bajo estrictas condiciones de bioseguridad, con sistemas de incubación, secado y formulación que garantizan la viabilidad, concentración y pureza de los conidios. La base sólida de arroz fue seleccionada por su eficiencia en costos, su disponibilidad y su idoneidad como medio de cultivo para maximizar la esporulación.

Distribución de la Producción

La distribución de los hongos se realizó de manera estratégica en las seis regiones cañeras de Costa Rica (**Figura 3**), dando respuesta a las necesidades de los productores y los planes de manejo regionales. Las regiones de Guanacaste, Norte y Pacífico Central fueron las que presentaron mayor demanda y aplicación, debido a las condiciones agroecológicas favorables para el desarrollo de plagas susceptibles a estos entomopatógenos.

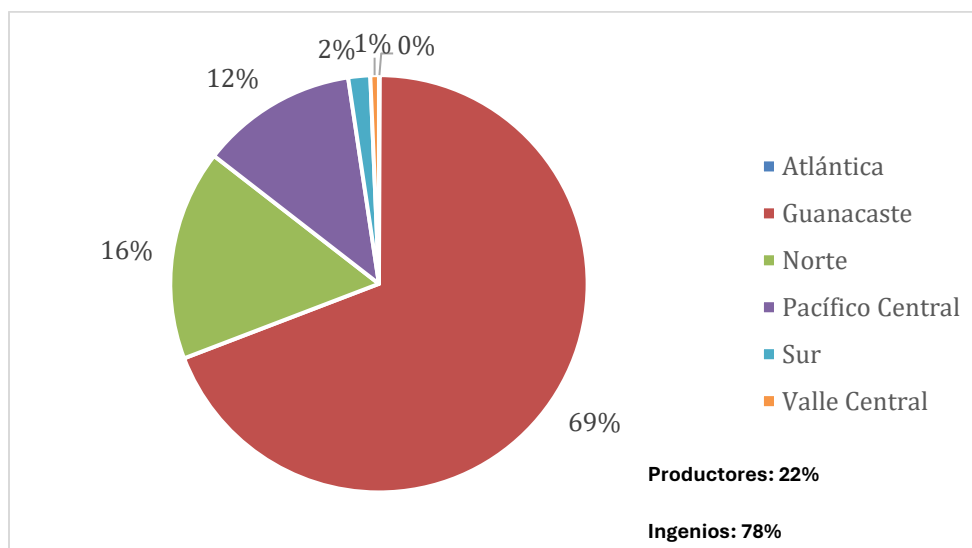


Figura 3. Porcentaje de entregas por Región de los hongos entomopatógenos.

La logística de distribución se apoyó en alianzas con ingenios, técnicos regionales y personal de campo capacitado, permitiendo una entrega oportuna y un uso eficiente de los hongos en los momentos críticos del ciclo de cultivo.

Cobertura del Programa de aplicación de hongos entomopatógenos

Se estima que la producción del 2024 permitió cubrir aproximadamente 6 000 hectáreas de cultivo de caña de azúcar a lo largo del país. Esta cobertura es resultado del esfuerzo conjunto entre DIECA y los sectores productivos, promoviendo una mayor adopción de estrategias de control biológico en zonas tradicionalmente dependientes de insecticidas químicos.

Las aplicaciones se dirigieron principalmente al control de salivazo (*Aeneolamia* spp.; *Zulia* sp.; *Prosapia* spp.), chinche de encaje (*Leptodictya tabida*) y áfidos (*Melanaphis sacchari*; *Sipha flava*), aprovechando el efecto patógeno y la persistencia de los hongos en el ambiente.

Análisis de Tendencia y Crecimiento Productivo

La producción de hongos entomopatógenos ha mostrado una recuperación sostenida desde el año 2021, cuando se registró una significativa disminución (17,4 toneladas). Desde entonces, el laboratorio ha implementado mejoras tecnológicas y operativas que han permitido aumentar la eficiencia de producción y asegurar la calidad del bioinsumo.

El año 2024 destaca particularmente por un crecimiento del 46% respecto al 2023, lo que representa el aumento más pronunciado del periodo analizado. Este crecimiento ha sido posible gracias a la optimización de los procesos de fermentación sólida, la estandarización de protocolos técnicos y una mayor articulación con el personal de campo para la planificación de la demanda.

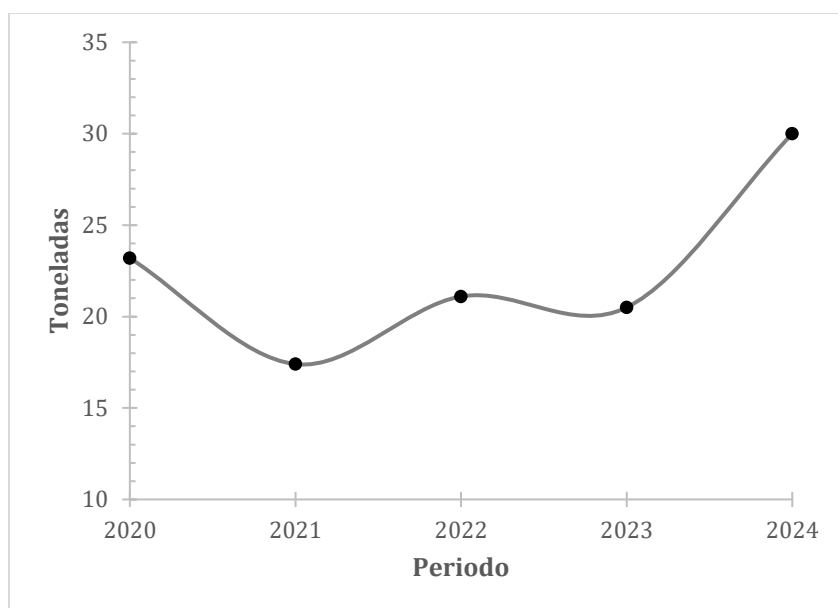


Figura 4. Producción de hongos entomopatógenos en sustrato arroz de los últimos 5 años.

La tendencia general evidencia un fortalecimiento institucional del laboratorio y una clara consolidación de su papel como proveedor confiable y estratégico de bioinsumos en la agroindustria azucarera.

Conclusión y Perspectivas

El desempeño del Laboratorio de Producción de Hongos Entomopatógenos durante 2024 reafirma su importancia dentro del sistema de manejo integrado de plagas del cultivo de caña de azúcar. La producción récord alcanzada este año refleja no solo una mejora técnica, sino también un aumento significativo en la confianza del sector cañero en el uso de alternativas biológicas para el control de plagas.

Para los próximos años, se plantea como meta seguir incrementando la capacidad instalada del laboratorio, ampliar la cobertura territorial y fomentar nuevas investigaciones que permitan evaluar la eficacia de nuevas cepas y formulaciones.

También se impulsará el fortalecimiento de capacidades entre los productores, con el fin de asegurar un uso técnico y efectivo de los hongos entomopatógenos en campo.

La sostenibilidad del sistema productivo nacional dependerá en gran medida de este tipo de tecnologías, por lo que el laboratorio continuará desempeñando un rol clave en la promoción de una agricultura resiliente, ambientalmente responsable y altamente productiva.





PARTE IV

EXTENSIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

RESUMEN

Las acciones de extensión y transferencia tecnológica representan un componente fundamental para acercar el conocimiento técnico desarrollado por LAICA-DIECA a los distintos actores del sector cañero nacional. Mediante actividades de capacitación, difusión de información, demostraciones prácticas e intercambio de conocimientos, se promueve la adopción de tecnologías, prácticas de manejo mejoradas y herramientas orientadas al fortalecimiento de la productividad y la eficiencia de la actividad cañera.

En esta sección se sintetizan las principales actividades de extensión, capacitación y transferencia de tecnología ejecutadas durante el año 2024 en las diferentes regiones productoras de caña de azúcar del país. Se contemplan, entre otras acciones, charlas técnicas, talleres, días de campo, jornadas demostrativas, actividades grupales y diversas modalidades de asistencia técnica dirigidas a productores, personal de ingenios y otros participantes vinculados con el sector.

Asimismo, se presenta información relacionada con la cobertura geográfica de estas iniciativas y los niveles de participación alcanzados durante el período. Como complemento, se incorpora una comparación de la asistencia registrada en las actividades de capacitación con respecto a años anteriores, con el propósito de observar su comportamiento y evolución en el tiempo.

Estas acciones forman parte del esfuerzo institucional de LAICA-DIECA por fortalecer la actualización técnica del sector cañero, facilitar la transferencia de conocimientos y tecnologías, e impulsar procesos de innovación y mejora continua que contribuyan al desarrollo sostenible de la producción nacional de caña de azúcar.

ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN

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

Cuadro 1. Resumen cuantitativo de las actividades de capacitación, información y asistencia técnica realizadas por LAICA-DIECA durante el año 2024.

Actividad	Nº Eventos	Asistencia		
		Número	Porcentaje	Promedio
GRUPALES				
Seminarios/Congresos	13	840	5,48	64,62
Cursos	8	462	3,01	57,75
Charlas	124	3 155	20,58	25,44
Días de Campo	10	600	3,91	60,00
Demostraciones de Método	71	717	4,68	10,10
Giras Técnicas	55	714	4,66	12,98
Participación en Ferias	2	580	3,78	290,00
Participación en Eventos de Capacitación	18	170	1,11	9,44
Reuniones	80	3 900	25,45	48,75
Visitas a DIECA	32	781	5,10	24,41
Subtotal	413	11 919	77,76	28,86
INDIVIDUALES				
Visitas Directas a Fincas	NA	1 162	7,58	NA
Atención en Oficinas (*)	NA	2 227	14,53	NA
Visitas a otras Regiones	NA	11	0,07	NA
Publicaciones	NA	8	0,05	NA
Subtotal	NA	3 408	22,24	NA
TOTAL	413	15 327	100,00	NA

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

Para efectos de comprender lo actuado, cabe anotar que las actividades de carácter grupal están representadas por los seminarios /congresos, los cursos, las charlas, los días de campo, las demostraciones de método, las giras técnicas con productores realizadas a nivel tanto intra como inter regional, también la participación que se tiene en ferias efectuadas en localidades productoras de caña de azúcar, la participación en eventos de capacitación, las reuniones y las visitas a DIECA. Sumado a ello, las acciones individuales corresponden por su parte a las visitas directas a fincas, la atención de productores personalmente en oficina o en su caso por vía telefónica, las visitas a otras regiones y las publicaciones.

Como se observa en el Cuadro 1, se realizaron durante el año 2024 un total de 413 actividades de carácter grupal, cuya cobertura y asistencia fue en total de 11 919 personas lo que representó un 77,76% del total de usuarios atendidos durante el período, lo cual es en definitiva bastante elevado y muy representativo. Complementariamente se atendió por

medio de acciones de carácter individual a 3 408 personas, que presentaron a su vez el 22,24% del total de usuarios beneficiados.

En total durante el año 2024 LAICA-DIECA logró atender y alcanzar mediante diferentes actividades, una cobertura de aproximadamente 15 327 personas, de las cuales el grupo mayoritario fue la de asistentes a las 80 reuniones realizadas, lo cual significó el 25,45% (3 900 personas). Le siguió en orden de importancia la participación en 124 charlas con una asistencia proyectada y estimada en 3 155 personas (20,58%); todo lo cual favoreció la imagen del Sector Azucarero Costarricense. También fue relevante la atención en oficinas con una sumatoria de 2 227 participaciones entre atenciones personales y atenciones telefónicas (14,53%) entre productores, técnicos y empresarios.

Resulta particularmente muy destacable, la gran cobertura alcanzada con las 124 charlas que se impartieron en diferentes localidades cañeras del país, lo que generó un excelente promedio de asistencia de 25 personas/charla. Los días de campo fueron muy importantes por la cantidad realizada (10) y la presencia de productores que se tuvo, los cuales alcanzaron una asistencia promedio de 60 usuarios por actividad, lo que ratifica nuevamente el interés de los productores por estar presentes en estas actividades de índole demostrativo y pragmático tan importantes. En cuanto a demostraciones de método la asistencia media fue de 10 personas lo que resulta interesante virtud de que permite un tratamiento más individual y personalizado de los asuntos técnicos tratados; en las 55 giras técnicas realizadas el promedio fue de 13 participantes/gira, ratificando un interés más personal por visitar proyectos tanto a nivel regional como en otras localidades.

Resulta claro que dicha asistencia es muy variable según la naturaleza y particularidad del evento realizado, como también de la región o localidad involucrada; aunque en términos generales son bastantes buenas y muy reveladoras de la reconocida capacidad de convocatoria que DIECA posee, para atraer productores a sus actividades.

La asistencia a todas las actividades realizadas en el año **2024** se considera muy satisfactoria, ya que al ubicarlas exclusivamente en las acciones de carácter grupal fue de **28,86**; valor inferior respecto al año 2023 de 34,04%; pero superior al año 2022 de 27,03%, respectivamente (Cuadro 2).

Se infiere que la asistencia a actividades grupales promedio alcanzado en el año 2024 es de acuerdo con lo expuesto en el Cuadro 2 la quinta más baja de los últimos 16 años.

Es importante mencionar que hubo en el periodo 2024 una participación importante 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 didáctica empleada.

Se mostró mejora en la respuesta de participación en los últimos tres periodos por temas de esfuerzo grupal de todo el equipo de trabajo de LAICA-DIECA, de manera que se intensificaron las actividades de capacitación y transferencia de tecnología que fueron programadas.

Cuadro 2. Promedio de asistencia a actividades de transferencia tecnológica según año. Período 2009-2024 (16 años).

Año	Asistencia Actividades Grupales
2009	50,60
2010	51,20
2011	63,60
2012	35,60
2013	27,40
2014	59,10
2015	31,10
2016	22,30
2017	35,70
2018	60,90
2019	64,20
2020	30,58
2021	20,89
2022	27,03
2023	34,04
2024	28,86
TOTAL	643,10
PROMEDIO	40,19

No puede ni debe dejar de comentarse lo concerniente a las localidades, didácticas y temáticas abordadas en las actividades desarrolladas, las cuales como lo demuestran los anexos que van del N° 1 al N° 11, es muy diversa y amplia, lo que da mucha variabilidad, amplitud y difusión a la labor desarrollada por LAICA-DIECA en materias de interés sectorial.

Al analizar la información por regiones productoras específicas, se tiene que la mayor cobertura aconteció en el Valle Central con 6 258 personas para un significativo 40,83% del total, como se indica en el Cuadro 3. Fue también relevante, la asistencia alcanzada en la región Sur, la cual fue del 13,47% (2 064 personas), seguida por la región Guanacaste con 1 990 personas para un 12,98%, que en el caso de la región Turrialba fue del 9,90% (1 518 participantes), en la región Norte del 6,57% (1007 personas) y la región Puntarenas un 1,72% (263 personas).

Cuadro 3. Detalle de la asistencia a actividades de capacitación según región y tipo de evento realizado. Año 2024.

Actividad	Asistencia/Región						Total
	Guanacaste	Puntarenas	Valle Central	Norte	Turrialba	Sur	
Seminarios/Congresos	196	28	266	108	69	173	840
Cursos	0	0	140	40	234	48	462
Charlas	558	82	784	259	203	1 269	3 155
Días de Campo	0	0	120	250	128	102	600
Demostraciones de Método	160	27	242	10	219	59	717
Giras Técnicas	351	17	151	92	35	68	714
Participación en Ferias	0	0	500	0	80	0	580
Participación en Eventos de Capacitación	19	0	122	8	11	10	170
Reuniones	372	65	2 986	100	170	207	3 900
Visitas a DIECA	0	0	781	0	0	0	781
Visitas Directas a Fincas *	327	43	163	136	365	128	1 162
Atención en Oficinas * (1)	413 (210)	106 (10)	465 (12)	286 (98)	246 (45)	336 (0)	1 852 (375)
Visitas a otras Regiones *	3	1	2	3	2	0	11
Publicaciones *	4	0	1	1	2	0	8
TOTAL	1 990	263	6 258	1 007	1 518	2 064	15 327
PORCENTAJE	12,98	1,72	40,83	6,57	9,90	13,47	100

*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.

Al ubicar y valorar por otra parte la asistencia de personas interesadas a las actividades grupales e individuales realizadas según región, se logran obtener datos importantes sobre el número de participantes y el porcentaje que ello implica a nivel de cada una de las regiones del sector cañero. De aquí se deduce el interés que muestra cada grupo de productores, técnicos y demás involucrados en la actividad productiva de Caña de Azúcar, con el fin de identificar aquella región en la que debe haber mayor enfoque de mejora en dicho tema, o bien, identificar aquella región o regiones en las que se debe mantener el esfuerzo participativo.

Con respecto a los resultados de asistencia a las actividades grupales e individuales, se expone a continuación el Cuadro 4:

Cuadro 4. Asistencia regional según actividades de capacitación grupal e individual realizadas por LAICA-DIECA durante el año 2024.

Región	Grupales		Individuales		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Guanacaste	1 656	10,80	957	6,24	2 613	17,05
Puntarenas	219	1,43	160	1,04	379	2,47
Valle Central	6 092	39,75	643	4,20	6 735	43,94
Norte	867	5,66	524	3,42	1 391	9,08
Turrialba	1 149	7,50	660	4,31	1 809	11,80
Sur	1 936	12,63	464	3,03	2 400	15,66
TOTAL	11 919	77,76	3 408	22,24	15 327	100

*Los porcentajes aplican en sentido horizontal para cada región.

Como se infiere de los resultados anteriores, existen grandes y marcadas diferencias en las tendencias seguidas en cada región productora de caña con relación a la cantidad y el tipo de capacitación que organizan y desarrollan, siendo que la mayor asistencia se alcanzó con las actividades de carácter grupal con la presencia proyectada de 11 919 personas para un significativo 77,76% del total de personas atendidas por LAICA-DIECA en todo el país.

Las actividades individuales representadas en este caso por las visitas directas a finca con el objeto de brindar Asistencia Técnica especializada en el cultivo, complementada con la atención personalizada o por vía telefónica en oficinas y las visitas a las instalaciones de DIECA ubicada en Grecia y el resto del país, implicaron el 22,24% de lo actuado, manifestado con la atención y asistencia de 3 408 personas.

Se infiere y concluye de lo anterior, que la gestión institucional que LAICA-DIECA desarrolla en materia de Transferencia de Tecnología en el cultivo de la caña de azúcar se ha fundamentado principalmente en actividades de índole grupal más que individual, lo que resulta importante no sólo por la relación y el contacto personal que se tiene con el productor, sino también por el hecho de mantener integrado al sector cañero. En materia de costos implícitos es también muy beneficiosa al ser la actividad grupal una didáctica relativamente menos onerosa respecto a la individual.

Entre zonas cañeras tradicionales, la región Puntarenas, mantuvo la menor atención y servicio al agricultor mediante la ejecución de actividades de índole tanto individual como grupal. El porcentaje de asistencia para la región Puntarenas fue de un 2,47%, para la región Norte un 9,08%, para la región Turrialba un 11,80%, para la región Sur un 15,66%, para la región Guanacaste un 17,05% y para la región Valle Central un 43,94%, siendo esta última la región de mayor participación.

Específicamente para las actividades grupales, el orden ascendente fue el siguiente: Región Puntarenas con un 1,43%, región Norte con un 5,66%, región Turrialba con un 7,50%, región Guanacaste con un 10,80%, región Sur con un 12,63% y

región Valle Central con un 39,75%. En lo que respecta a actividades individuales, el orden ascendente fue el siguiente: Región Puntarenas con un 1,04%, región Sur con un 3,03%, región Norte con un 3,42%, región Valle Central con un 4,20%, región Turrialba con un 4,31% y región Guanacaste con un 6,24%.

Cotejando esas relaciones se concluye que el mejor equilibrio entre sus actividades lo mantuvo región Valle Central, al mostrar una actividad relativamente importante en ambos componentes, pese a lo cual predominaron las actividades grupales, las cuales ocuparon un 39,75% del sector de agricultores beneficiados y un 4,20% de actividades individuales; le siguió de forma más distante región Guanacaste con una relación del 10,80% - 6,24%.

En el cuadro referencial siguiente (Cuadro 5), se anota el total de personas que participaron en las actividades de capacitación y transferencia de tecnología desarrolladas por LAICA-DIECA durante los últimos 25 años (Periodo 2000-2024), siendo evidente que fue en los años 2018, 2019, 2014 y 2012 cuando se tuvo una mayor asistencia con 27 383, 27 378, 26 754 y 26 664 personas, respectivamente. El periodo 2024 no superó esos índices pues se presentó una asistencia de 15 327 personas.



Informe Anual de Labores 2024