

REVISTA



ENTRE CAÑEROS



NÚMERO 27 • DICIEMBRE 2025. ISSN 2215-597X.
Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña
de Azúcar (DIECA).
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).



PRESENTACIÓN

Saludamos cordialmente a nuestros lectores, deseándoles una feliz navidad y productivo año nuevo, agradecemos su constante interés en la revista Entre Cañeros, un espacio concebido para acompañar al sector azucarero costarricense en sus procesos de innovación, sostenibilidad y fortalecimiento técnico.

En esta edición N° 27 reafirmamos el compromiso del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA) con la divulgación de conocimiento científico y tecnológico que responda a los desafíos actuales del sector. Los materiales aquí reunidos evidencian el esfuerzo continuo por comprender mejor la dinámica productiva, mejorar la eficiencia de los sistemas de cultivo y promover herramientas que faciliten la toma de decisiones tanto en campo como en la industria.

La presente entrega integra resultados de investigación aplicada, avances en metodologías de evaluación, análisis agronómicos y aportes técnicos que reflejan la evolución y dinamismo de los distintos programas en las regiones azucareras del país.

Estos trabajos buscan fortalecer una visión integral que permita a productores, técnicos, ingenios y actores institucionales enfrentar con mayor solvencia los retos de competitividad, sostenibilidad y resiliencia que caracterizan a la actividad cañera.

Agradecemos profundamente a los autores y colaboradores que hicieron posible esta edición, así como a los lectores que año tras año encuentran en esta revista una herramienta de consulta, aprendizaje y diálogo técnico. Les invitamos a continuar compartiendo sus comentarios y aportes para seguir construyendo de manera colectiva este valioso medio de comunicación.

Ing. José Eduardo Vargas Miranda
Editor
Revista Entre Cañeros

CONTENIDO

02

Presentación

05

LAICA Impulsa una Agroindustria Azucarera más Sostenible y Resiliente.

09

Determinación de las Pérdidas de Caña y Azúcar Provocado por la Rata Cañera *Sigmodon Hirsutus* Burmeister, en Plantaciones de Caña de Azúcar de Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste, 2021.

17

Evaluación Productiva de Diez Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp). En Cinco Ciclos de Cosecha, bajo Condiciones de Suelo Vertisol en el Ingenio CATSA Guanacaste, 2020-2024.

27

Evaluación de la Eficiencia de Captura del Barrenador Menor del Tallo *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) Utilizando Dos Variantes de Trampas con Feromonas en Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.), en el Pacífico Central de Costa Rica.

39

Aplicación de la Teledetección al Servicio del Programa de Selección de Variedades de Caña de Azúcar en la Región Norte.

45

Descripción Morfológica, Comportamiento Agronómico y Desempeño Agroindustrial de las Variedades LAICA 04-250 y LAICA 07-203 Cultivadas en Juan Viñas, Cartago, Costa Rica.

Revista Entre Cañeros
Número 27, Diciembre 2025. ISSN 2215-597X

Publicación técnica gratuita del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Producida por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar.
Avenida 15 y calle 3, Barrio Tournón. San Francisco, Goicoechea.
10802 San José, Costa Rica.
www.laica.co.cr



**TODA ESA
DULCE ENERGÍA
TRANSFORMALA
EN UN HIT**

MUÉVALO.com

CON AZÚCAR NATURAL



Doña
Maria
Azúcar

zukra
AZÚCAR CRUDO



Espacio independiente destinado a la publicación de artículos de opinión y discusión sobre temas técnicos relacionados con la producción de caña de azúcar, tanto a nivel nacional como internacional.

LAICA Impulsa una Agroindustria Azucarera más Sostenible y Resiliente.

Alejandro Rodríguez Morales¹

Introducción

La agricultura nacional está enfrentando momentos difíciles. El cambio climático, los altos costos de producción, la escasez de mano de obra trabajando el campo, una alta dependencia a insumos importados, entre otros factores. Conforman un panorama ante el cual, LAICA, a través del trabajo técnico del DIECA, está ofreciendo soluciones reales, sostenibles e innovadoras para hacer frente a todos estos desafíos.

El presente documento busca resaltar cómo el trabajo que realiza DIECA en las distintas zonas cañeras del país contribuye activamente a impulsar un modelo de producción que responde a los desafíos actuales.

Este esfuerzo se apoya en distintas áreas técnicas, y busca combinar eficiencia, adaptación y compromiso con la sostenibilidad. La investigación y la transferencia tecnológica, para DIECA, no son fines aislados, sino herramientas que permiten responder de forma concreta a los retos que enfrenta hoy la agroindustria azucarera costarricense.

Adaptación al cambio climático

Un pilar clave para lograr que el cultivo muestre una mejor adaptación al cambio climático ha sido el trabajo que impulsa el Programa de Mejoramiento Genético de variedades. El enfoque se centra en buscar variedades de alta productividad que

respondan de forma positiva a distintas condiciones edafoclimáticas. Este enfoque cobra aún más importancia en tiempos en que el clima se vuelve menos predecible y más impactante sobre la agricultura en general.

El proceso de selección de variedades toma en cuenta la amplia diversidad de condiciones en las que se cultiva caña en Costa Rica: desde el nivel del mar, hasta zonas de 1500 msnm, distintos órdenes de suelo, variaciones en la radiación solar, temperatura,



¹ Gerente de investigación y extensión agrícola LAICA – DIECA. arodriguez@laica.co.cr



humedad y manejo agronómico. A partir de estas evaluaciones se priorizan variedades que combinen tres elementos esenciales: alto rendimiento, calidad industrial y rusticidad. De esta forma, se garantiza una respuesta más resiliente del cultivo en ambientes adversos o menos favorables. En paralelo, el Programa de Productividad Agrícola impulsa distintas estrategias de manejo agronómico que maximicen el potencial de las variedades comerciales, acorde con las condiciones propias de cada región.

Control biológico de plagas: protección del cultivo con enfoque sostenible

El Programa de Control Biológico de Plagas impulsa una estrategia de manejo integrado que combina eficacia con sostenibilidad ambiental. Este programa se encarga de la producción y liberación masiva de controladores biológicos como parasitoides y hongos entomopatógenos, contribuyendo a regular naturalmente las poblaciones de plagas más importantes del cultivo de la caña de azúcar.

Para ello promueve prácticas que favorezcan la salud y calidad del suelo, previniendo el deterioro en sus parámetros físico, químico y biológico; desarrolla estrategias sostenibles para la producción de semilla de alta calidad; establece nuevos lineamientos para asegurar una adecuada renovación de cañales; investiga mejores fuentes, métodos y formas para hacer más eficiente el programa de nutrición del cultivo, el control de arvenses y la aplicación de madurantes; a la vez, entre otros asuntos.

El programa se fundamenta en un monitoreo regional constante de las plagas clave en el cultivo, lo que permite diseñar recomendaciones específicas por zona y reducir significativamente el uso de insecticidas. Esta transición hacia un manejo más ecológico y técnico ha sido clave para mejorar la salud del cultivo, preservar la biodiversidad local y reducir riesgos para la salud humana y ambiental.

Unidades técnicas que respaldan la sostenibilidad y la innovación

Además de los programas principales, DIECA cuenta con unidades especializadas que fortalecen la base científica y operativa del sistema:

- **Cultivo in vitro:** multiplica de forma acelerada y masiva variedades elite y comerciales, asegurando la disponibilidad de material vegetal sano y libre de enfermedades.
- **Biología Molecular:** Desarrolla herramientas moleculares para el diagnóstico certero y

temprano de fitopatógenos; identifica especies de organismos benéficos mediante el uso de marcadores especie-específicos; realiza la caracterización molecular de variedades de caña mediante microsatélites con el objetivo básico de identificación y con fines de selección de progenitores para los cruces (hibridación). Además, realiza estudios genómicos que contribuyen con los objetivos del programa de

mejoramiento a través del uso de herramientas como la mutagénesis y la edición genómica (CRISPR-Cas9).

- **Microbiología Cañera:** Se posiciona como un actor clave, desarrollando bioinsumos de alta calidad que permiten reducir la dependencia de agroquímicos tradicionales, atendiendo así uno de los grandes desafíos de la agricultura actual. Para ello trabaja en el aislamiento y escalamiento de microorganismos beneficiosos como bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo, hongos entomopatógenos y micorrizas, entre otros. Estos microorganismos no solo mejoran la

nutrición del cultivo y estimulan su crecimiento, sino que también fortalecen la salud del suelo, aumentan la eficiencia en el uso de insumos y reducen las pérdidas por plagas y enfermedades.

En conjunto, las acciones de esta unidad técnica representan un paso firme hacia una agricultura más autónoma, eficiente y amigable con el ambiente. Estas unidades funcionan como soporte científico-técnico para los programas de variedades, productividad, control biológico, así como productores e industriales, articulando una plataforma de innovación permanente que está al servicio del sector cañero nacional.

Soluciones frente a la escasez de mano de obra: cosecha mecanizada y apoyo estratégico

Uno de los cuellos de botella más significativos en el cultivo de caña es la escasez de mano de obra, especialmente para las labores de cosecha. En respuesta, LAICA estableció recientemente un convenio con el Instituto de Desarrollo Rural (INDER) que ha permitido importar y adaptar maquinaria de cosecha especializada para pequeños y medianos productores. El proyecto es ejecutado por LAICA con el apoyo de las cámaras de productores de caña de azúcar de las 6 regiones cañeras del país y por la Federación de Cámaras de Productores de caña (FEDECAÑA).

El proyecto es plurianual (2024-2027) y abarca la adquisición de 6 cosechadoras combinadas de caña de azúcar, una por región. Estos equipos son capaces de operar en espacios estrechos y con pendientes de hasta 20%, por lo que representan una solución viable y adaptada al contexto geográfico de muchas fincas de micro, pequeños y medianos productores de costarricenses que no cuentan con la suficiente mano de obra para la cosecha de su caña. Se proyecta que esta primera etapa beneficie a cerca de 400 unidades productivas con un volumen cercano a las 120.000 toneladas de caña.

Junto con las cosechadoras, el convenio también ha facilitado la entrega de fertilizante como medida de apoyo ante los altos precios del mercado. Esta iniciativa refleja una visión integrada que combina insumos y tecnologías de cosecha, resolviendo problemas puntuales que dificultan la obtención de mejores índices productivos.

Los desafíos que enfrenta la agricultura costarricense son múltiples, complejos y cambiantes. Sin embargo, también existe una red sólida de conocimiento, tecnología y compromiso que está trabajando activamente para generar soluciones. LAICA, a través de DIECA, demuestra que es posible hacer frente al cambio climático, reducir costos, ser más sostenibles y enfrentar la escasez de mano de obra, todo desde una perspectiva técnica y colaborativa.

El camino es claro: continuar investigando, innovando y acompañando a productores e industriales. Esta es la fórmula que permitirá construir una agroindustria más moderna, eficiente y resiliente, en beneficio de toda la cadena agroindustrial y del país.



Espacio para la publicación de investigaciones originales vinculadas al cultivo, manejo o industrialización de la caña de azúcar. Cuentan con metodología reproducible, información respaldada por datos y mediciones comprobables.

Determinación de las Pérdidas de Caña y Azúcar Provocado por la Rata Cañera *Sigmodon Hirsutus* Burmeister, en Plantaciones de Caña de Azúcar de Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste, 2021.

Álvaro Angulo Marchena¹, Rodrigo Oviedo Alfaro²

Resumen

La rata cañera *Sigmodon hirsutus* Burmeister es una de las plagas vertebradas más serias en las zonas cañeras del Pacífico seco de Costa Rica, debido a su acelerada reproducción, daños causados y rápida colonización en los cañales. El objetivo del estudio se centró en cuantificar pérdidas de caña y azúcar a razón de esta plaga en fincas del Ingenio Taboga, en Cañas, durante la zafra 2020/2021.

Se trabajó con un diseño que incluye cuatro niveles de daño (sano, leve, fuerte y severo) y cuatro niveles de infestación (5 %, 10 %, 15 % y 20 %), con cuatro repeticiones por cada combinación. Se midió la cantidad de caña perdida por hectárea, el efecto sobre las variables industriales (Brix, Pol, fibra, pureza y rendimiento), y se realizó un análisis económico.

Los resultados mostraron pérdidas entre 2,1 hasta 19,5 toneladas de caña por hectárea, y una reducción de hasta 10,69 kilogramos de azúcar por tonelada de caña. En términos económicos, se determinó una pérdida promedio de ₡184.953,49 por hectárea.

En conclusión, el presente trabajo demuestra que el impacto económico y productivo del ataque de *S. hirsutus*, pone en riesgo significativo la sostenibilidad del cultivo en el Pacífico seco de Costa Rica. Por lo tanto, se justifica mantener un sistema de monitoreo junto con un manejo integrado del problema.



¹ Coordinador zona este Guanacaste LAICA – DIECA. aangulo@laica.co.cr

² Técnico Programa Fitosanidad. LAICA-DIECA. roviedo@laica.co.cr

Introducción

La región del Pacífico seco se caracteriza porque posee un clima cálido que beneficia el desarrollo de especies de roedores que habitan diversos ecosistemas. La caña de azúcar es un cultivo que favorece el desarrollo de roedores, pues es un excelente refugio y ofrece cantidad de alimento durante gran parte del año, permitiendo que las poblaciones de ratas se incrementen fácilmente.

Se ha comprobado que el incremento en la población de ratas ocurre normalmente cada 4 a 5 años, alcanzando densidades de población muy altas, y luego, por razones que no se han determinado claramente, declinan notoriamente su densidad poblacional (Dieseldorff, 1999).

S. hirsutus el roedor plaga de mayor importancia económica en la actividad agrícola en la mayoría de los países de Centroamérica; precisamente en Costa Rica se reporta su incidencia en la región del Pacífico Seco (Guanacaste, Puntarenas) y otras regiones del país (Angulo, 1995).

El desplazamiento de la rata cañera oscila entre los 900 a 3.600 m², y ocurre principalmente en las primeras horas de la mañana (5 - 7 am) y noche (6 - 8 pm), donde eventualmente realizan sus actividades de alimentación, apareamiento y migración (Dieseldorff, 1999). Cuenta con hábitos alimenticios omnívoros, de preferencia al consumo de vegetales (tallos, hojas y granos), aunque incluye también huevos de aves y pequeñas lagartijas.

El nivel de pérdidas provocadas por la rata en el cultivo de caña de azúcar, aunque son conocidas empíricamente por los productores, requieren de estudios cuantitativos actualizados que permitan dimensionar su impacto económico y agronómico. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue cuantificar las pérdidas de caña y azúcar por hectárea causadas por *S. hirsutus* en plantaciones comerciales del Ingenio Taboga, en la región de Cañas, Guanacaste, durante la zafra 2020/2021.

Metodología

El estudio se realizó en plantaciones de caña de azúcar de uso comercial del Ingenio Taboga (lote G9 Tiquiscal), ubicado en el cantón de Cañas, provincia Guanacaste, a una elevación de 20 msnm y localizado a 10.36245 grados latitud norte y 085.17963 grados longitud oeste.

La evaluación se realizó durante el periodo de zafra 2020/2021, precisamente durante el mes de marzo del 2021. Se estableció un diseño experimental basado en la combinación de dos factores: el nivel de daño causado por la rata cañera (*S. hirsutus*) y la intensidad de infestación (I.I.) en el cultivo. Se precisaron tres niveles de daño provocados por la rata (leve, fuerte y severo) y un testigo (sano), coincidente con lo descrito por Lefevre e Ingram (1978), y la ilustración de niveles de daño en la figura 1.

A su vez, se evaluó el efecto de cuatro niveles de intensidad de infestación (I.I.) (5%, 10%, 15% y 20%) provocados por el roedor en la caña de azúcar. Los tratamientos consistieron en la combinación de ambos factores, nivel de daño e intensidad de infestación. El diseño resultante consistió en 16 tratamientos totales, distribuidos en cuatro replicas cada uno, procesamiento que se ilustra en la figura 2.

Se midió el peso de cada tratamiento para estimar la reducción del tonelaje por hectárea. Adicionalmente, se tomaron muestras de tallos por tratamiento y se realizó un análisis de laboratorio con el propósito de evaluar las variables industriales (Brix, Pol, Fibra, Pureza y Rendimiento Industrial). Como complemento, se realizó un análisis económico para medir el impacto de daño por esta plaga.

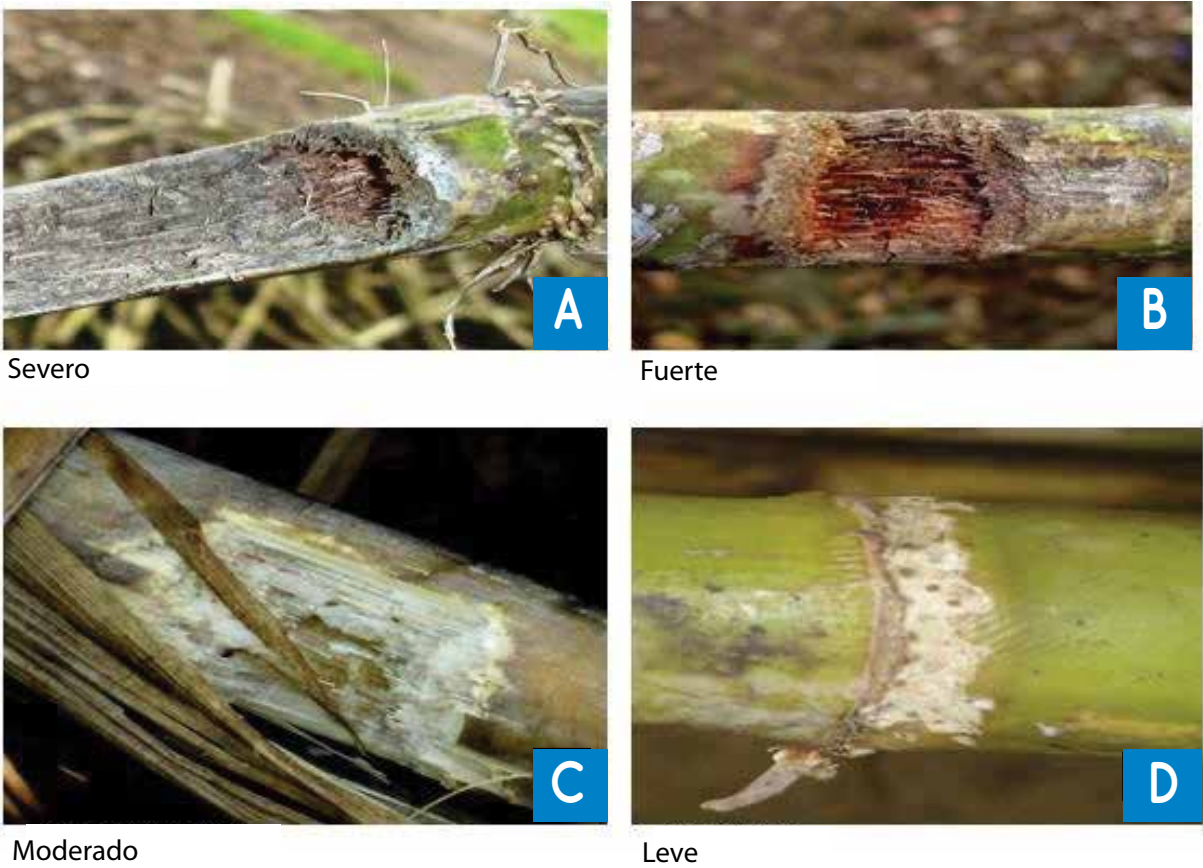


Figura 1

Nivel de daño provocado por la roedura de la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*), en los tallos de caña de azúcar. En un rango donde “A” es severo y “D” Leve.



Figura 2

Tratamientos evaluados (nivel de daño/niveles intensidad de infestación) en caña de azúcar, Ingenio Taboga, Cañas Guanacaste, Costa Rica.

Resultados y discusión

Los resultados evidencian que el daño a los tallos, y la consecuente pérdida de peso, es directamente proporcional al nivel de daño e intensidad de infestación. El rango de pérdidas en toneladas de caña por hectárea osciló entre 2,1 a 19,5 t ha⁻¹, con un promedio de 11,84 t ha⁻¹ (Figura 3).

Estos valores son comparables a los reportados en la zona agrícola de los Everglades, Florida, Estados Unidos de América, donde se documentaron consumos de 7 a 32 t ha⁻¹ durante el pico de infestación en caña de azúcar (Martin, Mazzotti y Cunningham, 2007). Este respaldo indica que los niveles observados en Cañas, Guanacaste, no son inusuales en condiciones de alta densidad poblacional.

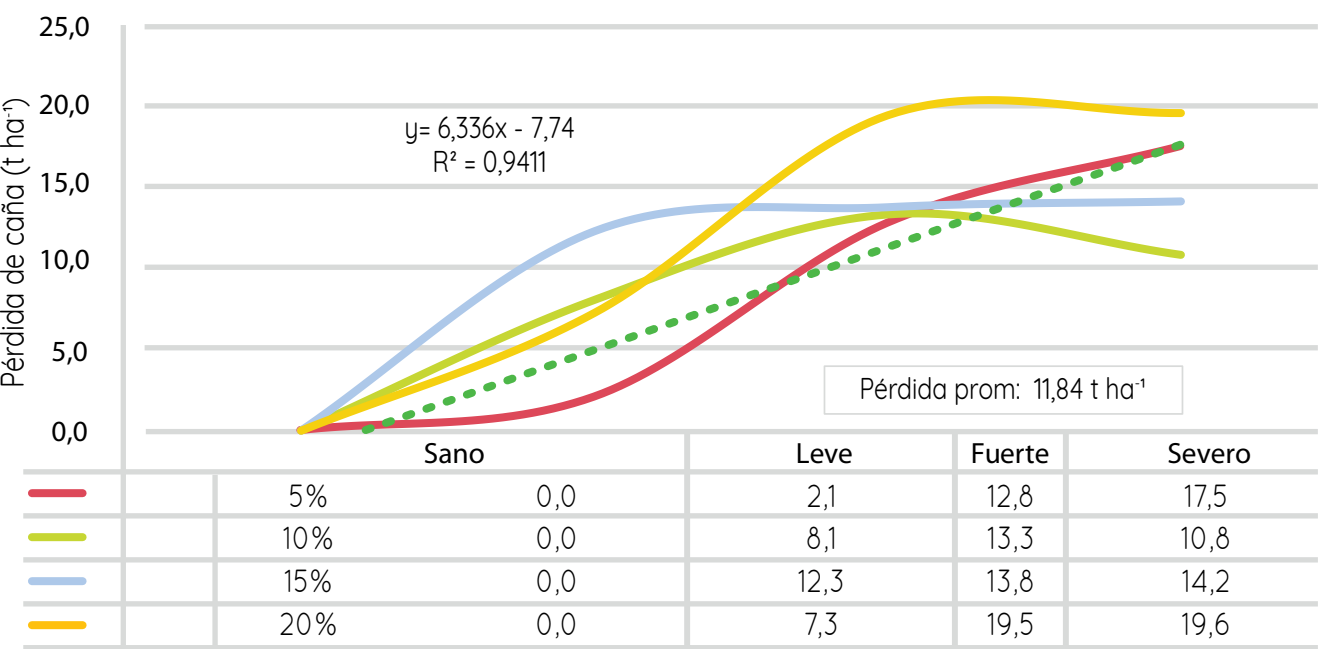


Figura 3

Pérdidas de caña (t ha⁻¹) provocadas por la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*) en plantaciones de caña de azúcar. Lote G9 Tiquiscal, Ingenio Taboga, Cañas Guanacaste Costa Rica. Año 2021.

Otro perjuicio que provocan las ratas en los tallos debido a sus roeduras es la baja calidad del jugo a nivel de fábrica, pues esto afecta el rendimiento industrial (kg t⁻¹); de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio (Figura 4), hubo una disminución de sacarosa entre 5,83 a 10,69 kg t⁻¹.

Lo anterior coincide con otros estudios en los que se reportó que las infestaciones de ratas en caña de azúcar provocan reducciones en contenido de sacarosa de hasta 24 %, lo cual implica pérdidas industriales equivalentes entre a 8-12 kg t⁻¹ (Desoky *et al.*, 2019). Estos datos ratifican la necesidad de medidas de control tempranas para evitar mermas industriales con el cultivo.

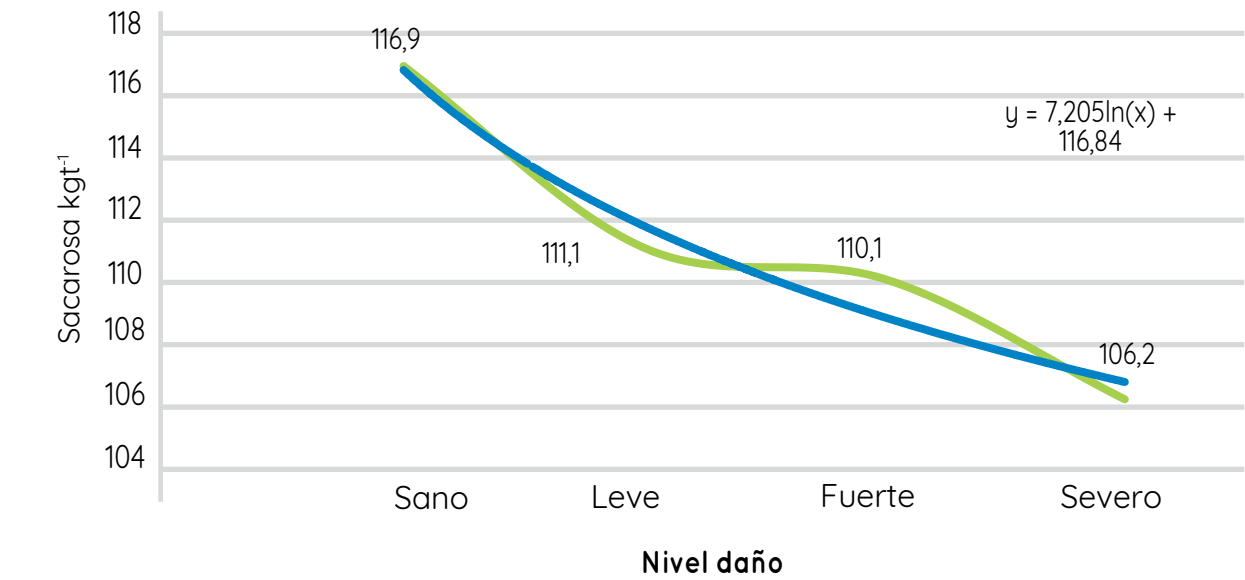


Figura 4

Perdidas de sacarosa (kg/t⁻¹) provocados por la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*), según nivel de afectación de los tallos molederos de la caña azúcar. Lote G9 Tiquiscal, Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Año 2021.

El análisis económico indica que, como efecto directo del daño provocado por las ratas, se experimentó una perdida estimada de ₡184.953,49 por hectárea, por concepto de azúcar y miel no recuperable (Cuadro 1).

Resultados similares fueron reportados por Angulo (2012), durante la zafra 2010/2011 en fincas de

Miramar, Puntarenas, donde se observaron pérdidas promedio de caña entre 2,44 y 13,42 t ha⁻¹.

Estas cifras se encuentran dentro del rango documentado en el presente estudio (2,1 a 19,5 t ha⁻¹), lo que refuerza la consistencia del patrón de daño causado por *S. hirsutus* en diferentes regiones del país y ciclos de producción.

Cuadro 1.

Análisis de pérdidas económicas por hectárea de cultivo ocasionadas por la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*), según escenarios productividad. Lote G9 Tiquiscal, ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Datos para zafra 2020/2021.

Escenario Productividad	TCH	Kg/t ⁻¹	kg/ha ¹	CAT	Costo Total	Ingreso Bruto	Utilidad
Productividad sin daño	83,15	116,95	9.724,39	₡706.775,00	₡1.556.775,00	₡2.009.342,87	₡452.567,87
Productividad promedio con daño	71,31	109,16	7.784,20	₡606.135,00	₡1.456.135,00	₡1.723.749,39	₡267.614,39
Pérdida productividad promedio	11,84	109,16	1.292,45	₡100.640,00	₡100.640,00	₡285.592,68	₡184.953,49
Análisis cambiario ₡/\$	-	-	-	-	-	-	-\$297,93
Análisis (Pérdida rentabilidad)	-	-	-	-	-	-	- (41 %)

Nota: Se utilizó tipo cambio: ₡ 620.80/\$ (marzo 2021) y precio Kg Az cuota: ₡193.49 / \$ 0,31, como valores de referencia

Conclusiones

La evaluación determinó que el daño que causa la rata “cañera” (*Sigmodon hirsutus*) comprende dos elementos básicos a considerar: la severidad por efecto del nivel de daño en los tallos, y, el nivel de intensidad de infestación presente en la plantación, siendo el primero el de mayor impacto en las pérdidas de caña y azúcar por hectárea.

Se logró comprobar en este estudio que la interacción del nivel de daño y la intensidad de infestación, provocan pérdidas importantes en el sector azucarero, las mismas oscilan en el orden de las 2,1 a 19,5 t ha⁻¹ de caña, con un promedio de 11,84 t ha⁻¹, y una disminución del rendimiento de sacarosa entre 5,83 a 10,69 kg t⁻¹, lo cual

en términos económicos representa pérdidas considerables de ₡184.953,49 por hectárea.

Recomendaciones

El manejo integrado representa la alternativa confiable y efectiva para el combate de esta especie, el mismo comprende una serie de tácticas compatibles con el ambiente y los agros ecosistemas cañeros de la región del Pacífico seco de Costa Rica. El manejo de esta plaga vertebrada, debe comprender una acción comunitaria entre los grupos de productores afectados de la región, coordinados con apoyo institucional de ingenios azucareros, LAICA -DIECA, MAG – SFE- Ingenios.

Literatura citada

Angulo Marchena, Á. 1995. La rata cañera: una amenaza para los cañeros. Boletín Entre Cañeros. Cañas, Costa Rica. 8 p.

Angulo Marchena. 2012. Determinación de la pérdida de caña y azúcar por efecto del ataque de ratas en el Pacífico Central. En: V Congreso Tecnológico DIECA-LAICA 2012. Coopevictoria, Grecia, Costa Rica. 5-7 setiembre. 9 p.

Desoky, A.S.S.; Abazaid, A.A.; Ali, M.M.K. 2019. Damage caused by rodents to sugarcane varieties and juice quality in Sohag Governorate. International Journal of Research Studies in Zoology 5(4):22-25. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-941X.050404>

Dieseldorff Richter, F. H. 1999. Fluctuaciones de la densidad poblacional de la rata cañera (*Sigmodon hirsutus*) durante un ciclo de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 29 p.

Lefevre, L.; e Ingram, C. 1978. Assessment of rat damage to Florida sugar cane. En: Proceedings of the American Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 7, p. 75-80.

Martin, J. B.; Mazzotti, F. J.; Cunnington, G. M. 2007. Sugarcane damage by the hispid cotton rat (*Sigmodon hispidus*) in Florida: Extent, economic impact, and implications for management. Wildlife Research 34(2): 125-131.



Evaluación Productiva de Diez Variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp). En Cinco Ciclos de Cosecha, bajo Condiciones de Suelo Vertisol en el Ingenio CATSA Guanacaste, 2020-2024.

Eduardo Vargas Miranda¹, Pablo Carvajal Quesada¹, Ricardo Vega Alfaro¹, Jesús Vargas², Matías Bonilla Gutiérrez³

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la productividad de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) a lo largo de cinco zafras en suelos de tipo Vertisol en el Ingenio CATSA, Liberia, Guanacaste.

El ensayo se estableció en la sección Yeguas, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada parcela experimental consistió en cinco surcos de 10 m. Se evaluaron las variables toneladas de caña por hectárea, kilogramos de sacarosa por tonelada de caña y toneladas de azúcar por hectárea.

Los resultados mostraron que las variedades LAICA 08-361, 08-390 y 09-374 alcanzaron rendimientos similares o superiores al testigo LAICA 00-301, manteniendo un desempeño estable a lo largo de cinco ciclos. Esta consistencia las vuelve aptas para trasladarse a valoración comercial. Dada la escasez de opciones varietales adaptadas a suelos Vertisol, los hallazgos de este estudio resultan particularmente relevantes para fortalecer la productividad en el oeste de Guanacaste.

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo presente en veinticinco cantones del país, su presencia en Guanacaste ha sido especialmente relevante, tanto por la extensión del área sembrada (≈ 33.000 ha), como por las condiciones de suelo y clima que, en conjunto, favorecen su desarrollo (LAICA, 2024).



¹ Programa de Variedades, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: pcarvajal@laica.co.cr
² Jefe de Investigación, Departamento de Investigación CATSA, Central Azucarera del Tempisque. Correo-e: jevargas@catsa.net
³ Coordinador Región Guanacaste Oeste, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: mbonilla@laica.co.cr

Obtener una buena variedad es fundamental en términos de productividad; sin embargo, para ser productivos existe una amplia suma de factores determinantes, razón por la cual la investigación local es fundamental para el éxito del cultivo.

En el oeste de Guanacaste (cantones de Liberia, Carrillo y Santa Cruz), se han observado diferencias marcadas en el rendimiento varietal, asociadas a las condiciones edafoclimáticas locales. Por eso, resulta necesario comprobar cómo responden los diversos fenotipos en esos suelos y bajo las condiciones reales del campo (LAICA, 2024).

Ante esto, el Ingenio CATSA ha venido recopilando datos que muestran la influencia de factores como el clima, la fertilidad o incluso el manejo aplicado, sobre el rendimiento (Vargas, 2021; Departamento de Investigación CATSA, 2011).

A este esfuerzo se ha sumado el Departamento de Investigación y Extensión de la Liga Agrícola Industrial de la caña de azúcar (LAICA/DIECA), permitiendo dar la debida continuidad al proceso mediante ensayos comparativos y análisis sistemáticos de comportamiento varietal.

En el presente estudio se propuso evaluar el rendimiento agronómico e industrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), bajo el sistema de manejo comercial que implementa el ingenio en suelos Vertisoles en el cantón de Liberia

Metodología

El estudio tuvo lugar en la sección Yeguas de suelo vertisol en el Ingenio CATSA, durante cinco ciclos de cultivo consecutivos, desde 2019-2020 hasta 2023-2024, incluyendo diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.); adicionalmente se utilizó a la variedad LAICA 00-301 como control para efectos comparativos.

El diseño experimental consistió en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones por variedad. Cada parcela estuvo formada por cinco surcos de 10 metros de largo. La cosecha se efectuó manualmente, y el rendimiento se midió con una romana calibrada especialmente para uso en campo.

Además, de cada parcela se tomó una muestra de 4 tallos seleccionados al azar, evitando bordes, tallos inmaduros (mamones) o afectados por plagas, los tallos fueron despuntados, despajados y trasladados al laboratorio del Ingenio para evaluar la calidad del jugo.

A partir de estas muestras se calcularon las principales variables agroindustriales: toneladas de caña por hectárea, kilogramos de sacarosa por tonelada de caña y toneladas de azúcar por hectárea.

Para el análisis de resultados se realizó una prueba de varianza de dos vías (ANOVA), usando únicamente la variable toneladas de caña por hectárea, con el fin validar estadísticamente la necesidad de implementar modelos mixtos. Para esto se tomaron en cuenta dos variables: la variedad y el año; ambos se trataron como efectos fijos.

Posteriormente, se optó por un modelo lineal mixto, en el que se mantuvo la variedad como efecto fijo y se trató el año como un efecto aleatorio. Con este enfoque se estimaron las medias marginales ajustadas (EMMEANS), junto a sus respectivos intervalos de confianza al 95 %, calculados con el método de Kenward-Roger; tanto para toneladas de caña y azúcar por hectárea.

Para comparar los rendimientos entre variedades, se aplicó un ajuste de Tukey. Además, se generaron gráficos tipo violín, útiles para visualizar de forma clara el rango de comportamiento de cada variedad y evaluar su estabilidad entre años. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa RStudio (versión 2024.03).

Resultados y Discusión

Se muestra a continuación los resultados obtenidos durante la evaluación de las diez variedades de caña de azúcar a lo largo de cinco ciclos de cosecha. La discusión se centra en la comparación entre variedades, destacando aquellas con mejor desempeño en relación con el testigo comercial LAICA 00-301, así como la estabilidad y consistencia de los resultados a través del tiempo.

Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza de dos vías con los datos de toneladas de caña por hectárea mostraron diferencias muy marcadas ($p < 0,001$) tanto por la variedad como por el año, y también por la combinación de ambos (Cuadro 1).

Se observa un valor de F 20,78 para la variedad

y 377,18 para el año, lo cual indica que el clima o las condiciones climáticas prevalecientes durante el año influyeron de forma importante en los rendimientos. Además, la interacción entre variedad y año también fue significativa ($p = 0,0038$), lo que quiere decir que no todas las variedades se comportaron igual a lo largo del período de estudio (Cuadro 1).

Este hallazgo se alinea con estudios recientes, como Vizine da Cruz y Machado (2023) en Brasil, donde también identificaron efectos principales significativos de variedad y clima sobre el rendimiento, y una interacción GxA (genotipo por ambiente) relevante. Similarmente, Mahadevaiah *et al.* (2021) en Maharashtra (India) encontraron que, para el rendimiento de caña, el ambiente explicó cerca del 50 % de la variación, seguido del genotipo (~33 %) y la interacción GxE (~18 %); resultados que confirman que, aunque el ambiente es el factor principal, la interacción con el mismo es determinante para la estabilidad varietal.

Cuadro 1.

Análisis de varianza (ANOVA) para toneladas de caña por hectárea considerando efectos fijos de variedad, año y su interacción. Ingenio CATSA, Guanacaste.

Fuente de variación	Grados de libertad (Df)	Suma de cuadrados (Sum Sq)	Media de cuadrados (Mean Sq)	Valor F (F value)	Valor p (Pr>F)
Variedades	9	36.749	4.083	20.776	< 2e-16 ***
Año de estudio	4	296.518	74.129	377.181	< 2e-16 ***
Variedades x Año de estudio	36	13.508	375	1,909	0,00384 **
Residuales	150	29.480	197		

Nota: Significado de códigos: 0 **** 0,001 *** 0,01 ** 0,05 * 0,1 . 1

Por esta razón se decidió usar un modelo estadístico que incluyera el año como efecto aleatorio, generando una estimación más precisa sobre el rendimiento de cada variedad en promedio durante las cinco zafras.

Medias marginales e intervalos de confianza

En esta sección se muestran los promedios por variedad que se obtuvieron del modelo mixto. Dichos valores permiten comparar los fenotipos, ya que el modelo toma en cuenta cada año con un efecto distinto. También se analizaron los intervalos

de confianza al 95%, mostrando que tan estables y confiables fueron los resultados.

Las variedades LAICA 08-361, LAICA 09-374 y LAICA 08-390 presentaron medias ajustadas de producción agrícola de 132,20, 122,44 y 121,17 t ha⁻¹ de caña, respectivamente, valores muy cercanos al testigo LAICA 00-301 con 130,43 t ha⁻¹ (Cuadro 2).

En todos los casos, los intervalos mostraron una superposición considerable con el del testigo, lo cual indica que, bajo las condiciones evaluadas, estas variedades tienen una probabilidad similar de generar un alto rendimiento agrícola, indistintamente de las variaciones anuales.

Cuadro 2.

Medias ajustadas e intervalo de confianza al 95% para toneladas de caña por hectárea de diez variedades evaluadas en el Ingenio CATSA, Guanacaste.

Variedad	t ha ¹	IC Inferior	IC superior
LAICA 08-361	132,20	79,13	185,27
LAICA 00-301	130,43	77,37	183,50
LAICA 09-374	122,44	69,37	175,50
LAICA 08-390	121,17	68,10	174,23
LAICA 12-340	113,52	60,46	166,59
LAICA 09-370	110,15	57,09	163,22
LAICA 08-389	104,13	51,06	157,19
LAICA 12-344	99,19	46,12	152,25
LAICA 09-375	96,52	43,46	149,59
LAICA 12-339	91,37	38,31	144,44



En el análisis de concentración de sacarosa por tonelada de caña, hubo seis variedades que sobresalieron con resultados muy parecidos: LAICA 12-339 (132,96 kg t⁻¹), LAICA 08-390 (131,05 kg t⁻¹), LAICA 12-340 (130,44 kg t⁻¹), LAICA 08-361 (129,00 kg t⁻¹), LAICA 09-374 (127,74 kg t⁻¹) y LAICA 12-344 (127,20 kg t⁻¹).

Los intervalos de confianza al 95 % fueron estrechos y consistentes entre los materiales, lo que refleja estabilidad en la concentración de sacarosa.

En cambio, el testigo LAICA 00-301 tuvo un valor mucho más bajo 115,31 kg t⁻¹, y su intervalo no se cruzó con las variedades más destacables, reafirmando que sí hay diferencias significativas respecto a las demás variedades estudiadas, de tal manera que las nuevas variedades muestran un mayor potencial azucarero (Cuadro 3).

Cuadro 3.

Medias ajustadas e intervalo de confianza al 95% para kilogramos de sacarosa por tonelada de caña de diez variedades evaluadas en el Ingenio CATSA.

Variedad	t ha ¹	IC Inferior	IC superior
LAICA 12-339	132,96	127,06	138,87
LAICA 08-390	131,05	125,14	136,95
LAICA 12-340	130,44	124,53	136,34
LAICA 08-361	129,00	123,10	134,91
LAICA 09-374	127,74	121,84	133,65
LAICA 12-344	127,20	121,29	133,10
LAICA 09-370	125,59	119,69	131,50
LAICA 08-389	123,86	117,95	129,76
LAICA 09-375	119,00	113,09	124,90
LAICA 00-301	115,31	109,41	121,22



En lo referente a toneladas de azúcar por hectárea, los materiales con mayor producción fueron LAICA 08-361 con 17,24 t ha⁻¹. Le siguieron LAICA 08-390 (15,89 t ha⁻¹), LAICA 09-374 (15,60 t ha⁻¹) y LAICA 12-340 (14,99 t ha⁻¹). Estas variedades mostraron un rendimiento parecido al testigo LAICA 00-301, con 14,95 t ha⁻¹ (Cuadro 4).

Cuadro 4.

Medias ajustadas e intervalo de confianza al 95% para toneladas de azúcar por hectárea de diez variedades evaluadas en el Ingenio CATSA, Guanacaste.

Variedad	t ha ⁻¹	IC Inferior	IC superior
LAICA 08-361	17,24	10,37	24,12
LAICA 08-390	15,89	9,02	22,77
LAICA 09-374	15,60	8,73	22,48
LAICA 12-340	14,99	8,12	21,87
LAICA 00-301	14,95	8,07	21,82
LAICA 09-370	13,76	6,89	20,64
LAICA 08-389	13,05	6,18	19,93
LAICA 12-344	12,64	5,77	19,51
LAICA 12-339	12,30	5,43	19,17
LAICA 09-375	11,42	4,55	18,30

En estos casos, los intervalos se superponen bastante, indicando una alta probabilidad de mostrar un rendimiento similar en el tiempo. Por otra parte, fenotipos como LAICA 09-375, LAICA 12-339 y LAICA 12-344 mostraron un desempeño industrial inferior (Cuadro 4).

Los patrones de este estudio son congruentes con resultados obtenidos en la India, donde Vinu et al. (2024) analizaron 17 genotipos de caña, identificando variedades con rendimiento alto y estabilidad en distintos ambientes y ciclos de cultivo.

Del mismo modo, estudios realizados en Ecuador (Torres Ordoñez et al., 2024) y también en Etiopía, donde Tena et al. (2019) identificó clones con elevado rendimiento (> 120 t/ha) y estabilidad en múltiples entornos mediante análisis AMMI y GGE biplot.

De este modo, la superposición de intervalos de confianza se posiciona como un indicador robusto de estabilidad varietal en estudios de rendimiento agrícola.

Comparación del modelo lineal mixto

De acuerdo con el análisis del modelo en comparación con el testigo LAICA 00-301, las variedades LAICA 08-361, LAICA 08-390 y LAICA 09-374 fueron las más sobresalientes, con una producción similar en toneladas de caña y una mayor concentración de sacarosa, lo que resultó en una mayor productividad final.

Como los resultados se mantuvieron consistentes en las cinco zafras, se puede afirmar que son confiables para continuar reproduciéndolas y probándolas en condiciones similares a las del estudio (Cuadro 5).

Este enfoque metodológico ha sido ampliamente validado en otros contextos. Por ejemplo, Romero Macedo et al. (2023) demostraron que el uso de modelos mixtos en ensayos de caña de azúcar realizados en 24 localidades mexicanas permitió mejorar la precisión de las estimaciones de rendimiento, al considerar adecuadamente la variabilidad asociada a factores como el año, el sitio y la interacción genotipo × ambiente. Estas experiencias confirman que los modelos mixtos son herramientas adecuadas para seleccionar variedades con estabilidad productiva a través del tiempo.

Cuadro 5.

Comparación según el modelo lineal mixto de las variedades de caña de azúcar evaluadas en el Ingenio CATSA, Guanacaste, frente al testigo LAICA 00-301.

Variedad	Caña t ha ⁻¹	¿Mejora el testigo?	Sacarosa kgt ⁻¹	¿Mejora el testigo?	Azúcar t ha ⁻¹	¿Mejora el testigo?
LAICA 08-361	132,20	Igual	129,00	Sí	17,24	Igual
LAICA 08-390	121,17	Igual	131,05	Sí	15,89	Igual
LAICA 09-374	122,44	Igual	127,74	Sí	15,60	Igual
LAICA 12-340	113,52	No	130,44	Sí	14,99	Igual
LAICA 09-370	110,15	No	125,59	Igual	13,76	Igual
LAICA 08-389	104,13	No	123,86	Igual	13,05	Igual
LAICA 12-344	99,19	No	127,20	Sí	12,64	Igual
LAICA 12-339	91,37	No	132,96	Sí	12,30	No
LAICA 09-375	96,52	No	119,00	Igual	11,42	No
LAICA 00-301	130,43	Testigo	115,31	Testigo	14,95	Testigo

Estabilidad productiva

El grafico de distribución (Figura 1) muestra diferencias destacables en la productividad ajustada, indicando un comportamiento estable durante las cinco zafras, similar a lo observado en el testigo LAICA 00-301.

En su lugar, LAICA 08-361 tiene una distribución más elongada hacia los valores productivos superiores, lo cual indica que circunstancialmente

obtuvo rendimientos muy altos, incrementando el promedio por unos pocos valores muy buenos. Por otro lado, LAICA 12-340, aunque tuvo un buen promedio, muestra los datos más dispersos, disminuyendo la estabilidad y aumentando la incertidumbre sobre su capacidad productiva (Figura 1).

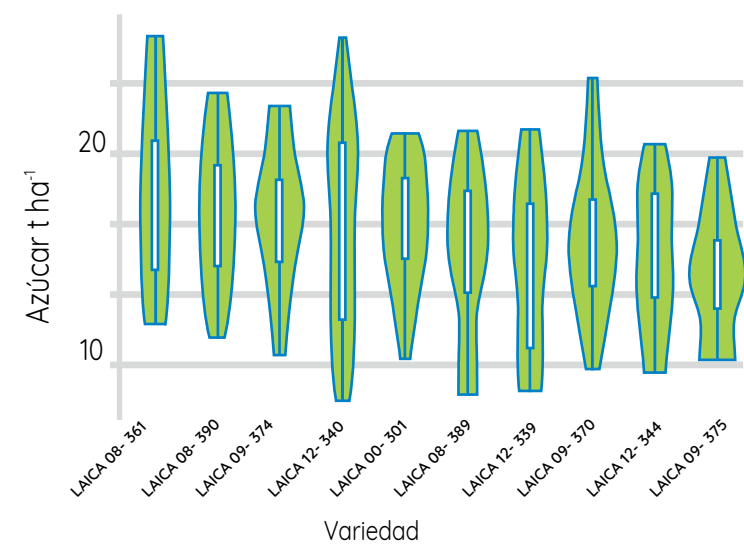


Figura 1

Distribución del rendimiento agroindustrial en cinco ciclos de cosecha para diez variedades de caña de azúcar evaluadas en suelos Vertisol del Ingenio CATSA, Guanacaste.

Conclusiones

Las variedades LAICA 08-361, LAICA 08-390 y LAICA 09-374, mostraron un rendimiento agrícola similar al testigo LAICA 00-301, con estimaciones consistentes que respaldan un rendimiento similar al testigo, considerando la variabilidad entre años.

En cuanto al contenido de sacarosa, seis variedades superaron significativamente al testigo,

destacando LAICA 12-339, LAICA 08-390, LAICA 12-340 y LAICA 08-361, como materiales con mayor eficiencia industrial. Respecto a la producción de azúcar por hectárea, LAICA 08-361, LAICA 08-390 y LAICA 09-374 mantuvieron un rendimiento estable y destacado a lo largo del periodo evaluado, combinando buen desempeño agrícola e industrial.

Las variedades LAICA 08-390 y LAICA 09-374 presentan una estabilidad comparable al testigo en la variable TAH, mientras que LAICA 08-361 destaca por su rendimiento máximo, aunque con mayor

dispersión por encima del promedio. Por su parte, LAICA 12-340 mostró una alta variabilidad, lo cual limita su confiabilidad en condiciones similares.

Literatura citada

Departamento de Investigación CATSA. 2011. Relación de la precipitación anual y el rendimiento agrícola de Central Azucarera Tempisque S.A. (CATSA) durante 7 zafras. Guanacaste, Costa Rica: CATSA. Disponible en: <https://www.catsa.net/wp-content/uploads/2018/11/Relación-de-la-precipitación-anual-y-rendimiento-agrícola-durante-7-Zafras-CATSA.pdf>

LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar). 2024. Guía técnica: Manejo del cultivo de la caña de azúcar región Guanacaste oeste. San José, Costa Rica: LAICA.

Mahadevaiah, C.; Hapase, P.; Sreenivasa, V.; Hapase, R.; Mahadeva Swamy, H. K.; Anilkumar, C.; Mohanraj, K.; Hemaprabha, G.; Ram, B. 2021. Delineation of genotype × environment interaction for identification of stable genotypes for tillering phase drought stress tolerance in sugarcane. Scientific Reports 11: 18649. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98002-y>

Romero Macedo, M.; Colón Mota, E.; García Morales, S. 2023. Selection and fitting of mixed models in sugarcane yield trials. Agriculture 12(3):416. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agriculture12030416>

Tena, E.; Goshu, F.; Mohamad, H.; Tesfa, M.; Tesfaye, D.; Seife, A. 2019. Genotype × environment interaction by AMMI and GGE-biplot analysis for sugar yield in three crop cycles of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) clones in Ethiopia. Cogent Food & Agriculture 5(1):1651925. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1651925>

Torres-Ordoñez, L. H.; Valenzuela-Cobos, J. D.; Guevara-Viejó, F.; Galindo-Villardón, P.; Vicente-Galindo, P. 2024. Efecto de las interacciones genotipo × ambiente sobre el rendimiento y la estabilidad de las variedades de caña de azúcar en Ecuador: análisis biplot de GGE por ubicación y año. Ciencias Aplicadas 14(15):6665. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app14156665>

Vargas, J. 2021. Programa de madurantes: comportamiento y análisis en 8 zafras en el Ingenio CATSA. Guanacaste, Costa Rica: CATSA. Disponible en: <https://www.catsa.net/wp-content/uploads/2018/10/Agricola-Programa-de-Madurante-Comportamiento-y-analisis-8-zafras-CATSA-Costa-Rica.pdf>

Vinu, V.; Alarmelu, S.; Elayaraja, K.; Appunu, C.; Hemaprabha, G.; Parthiban, S.; et al. 2024. Multi environment analysis of yield and quality traits in sugarcane (*Saccharum* spp.) through AMMI and GGE biplot analysis. Sugar Tech 27(2):540-558.

Vizine da Cruz, T.; Machado, R. L. 2023. Measuring climate change’s impact on different sugarcane varieties production in the South of Goiás. Scientific Reports 13:11637. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-36582-7>



Evaluación de la Eficiencia de Captura del Barrenador Menor del Tallo *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) Utilizando Dos Variantes de Trampas con Feromonas en Caña de Azúcar (*Sacharum* spp.), en el Pacífico Central de Costa Rica.

Rafael Conejo Ugalde¹

Resumen

Este estudio evaluó la eficacia de captura de adultos del barrenador menor del tallo *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) utilizando trampas tipo ala y tipo delta cebadas con feromona P024-Lure en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), en el Pacífico Central de Costa Rica. El experimento se realizó durante mayo de 2024 en un lote de 9,5 hectáreas, donde se instalaron 36 trampas (18 por tipo) distribuidas en la periferia a 80 cm de altura y separadas por 100 metros.

Las capturas se realizaron semanalmente durante cuatro semanas y se analizaron mediante modelos lineales generalizados (Poisson, binomial negativo y mixto) utilizando el software Jamovi. Los resultados mostraron que las trampas tipo delta capturaron significativamente más adultos (11,53 individuos/trampa) en comparación con la trampa tipo ala (2,74 individuos/trampa), siendo 4,21 veces más efectivas (IC 95%: 2,27-7,84). El modelo binomial negativo presentó el mejor ajuste (AIC = 217,459), confirmando la superioridad de las trampas tipo delta.

Adicionalmente, se observó captura incidental de hembras durante la cópula y diferencias en la

practicidad de montaje, siendo las trampas delta más prácticas para implementación a gran escala. Estos hallazgos destacan la importancia del diseño de la trampa en la eficiencia de captura, proporcionando información valiosa para optimizar programas de monitoreo y control de *E. lignosellus* en caña de azúcar.



¹ Programa Fitosanidad, Manejo Integrado de Plagas, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo-e: rconejo@laica.co.cr

Introducción

El barrenador menor del tallo *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) constituye una plaga polífaga de importancia económica en diversos cultivos, entre los que destaca la caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Su distribución abarca regiones tropicales y subtropicales del hemisferio occidental, donde encuentra condiciones óptimas para su desarrollo en suelos arenosos y bajo regímenes de alta temperatura y baja humedad (Bustillo, 2013; Salazar, 2015).

El ciclo de vida de *E. lignosellus* se completa en aproximadamente 30-45 días, dependiendo de las condiciones ambientales (Hickel, 2020; Márquez, 2018). Las hembras ovipositan en la base de las plantas o en el suelo cercano, depositando huevos que eclosionan en 3-7 días (Bustillo, 2013). Las larvas neonatas, inicialmente de color amarillo-rosado con estrías rojas, atraviesan seis estadios larvarios en 14-24 días, durante los cuales se alimentan de tejidos vegetales (Hickel, 2020).

En su último instar, adoptan una coloración gris-verdosa con franjas púrpuras y alcanzan 15-20 mm de longitud (Hickel, 2020; Márquez, 2018). Las pupas se desarrollan en cámaras subterráneas construidas con seda y partículas de suelo durante 6-11 días (Salazar, 2015). Los adultos son polillas pequeñas (20 mm de envergadura) con actividad nocturna, particularmente activas cuando las temperaturas superan los 27°C y la humedad relativa es alta (Bustillo, 2013; Rázuri, 1974).

Las larvas de *E. lignosellus* causan daños significativos durante las primeras etapas del cultivo. Tras alimentarse inicialmente de hojas jóvenes, perforan el tallo a nivel del suelo, creando galerías que afectan el sistema vascular (Condega Aguirre, 2002; Márquez, 2018). Este daño provoca el síntoma característico de “corazón muerto”, donde las hojas centrales se secan y la planta muere (Hickel, 2020; Salazar, 2015). En ataques severos, se han reportado

pérdidas de hasta 12,3% en plantas durante épocas secas (Condega Aguirre, 2002). Cada larva puede afectar entre 3-5 tallos, desplazándose rápidamente en suelos sueltos (Molinari y Gammudi, 2010).

Los brotes poblacionales de *E. lignosellus* están estrechamente asociados a sequías prolongadas y temperaturas elevadas (>27°C) que aceleran su ciclo biológico y aumentan su capacidad destructiva (Salazar, 2015; Xavier, 2010). Prefiere suelos arenosos o sueltos, donde las larvas construyen fácilmente sus cámaras pupales (Bustillo, 2013). Las quemas de rastrojo atraen a las hembras para ovipositar, mientras que la falta de riego o cobertura vegetal favorece su supervivencia (Hickel, 2020; Salvatore *et al.*, 2009).

Estudios previos han explorado el potencial de las feromonas sexuales para el manejo de *E. lignosellus*. En frijol, Loera *et al.* (1995) demostraron que trampas con feromonas colocadas a 0.5 m de altura capturan eficientemente machos adultos. En caña de azúcar, Salazar (2015) reportó capturas exitosas con trampas tipo “galón”, aunque su eficacia disminuye en condiciones de alta temperatura y viento.

La identificación de componentes relacionados a las feromonas clave, como acetato de (Z)-11-hexadecenila (Xavier, 2010), ha permitido desarrollar atrayentes específicos (P024-Lure), cuya efectividad varía según el diseño de la trampa y las condiciones ambientales (Saldaña Chafloque & Ayquipa Aycho, 2021).

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo durante el mes de mayo del año 2024, en la Finca La Cañera, ubicada en Orotina, Costa Rica (9°55'03"N, 84°34'44"O), a una altitud de 183 metros sobre el nivel del

mar. Se seleccionó un lote de caña de azúcar con tres años, variedad RB 86-7515 el cual fue cosechado mecánicamente y sometido a quema aproximadamente dos semanas antes de la instalación de las trampas.

El experimento consistió en la instalación de dos tipos de trampas: trampas tipo ala (Figura 1a) y trampas tipo delta (Figura 1b), ambas cebadas con feromonas de agregación sexual (ChemTica P024-Lure) específicas para la captura de adultos de *E. lignosellus*. Cada tipo de trampa representó un tratamiento.

Se instalaron cuatro trampas por hectárea, distribuidas en la periferia del lote seleccionado, a una altura de 80 cm del suelo y con una separación

de 100 metros entre trampas, intercalando los tipos de trampa. Cada trampa se consideró una repetición experimental. En total, se colocaron 18 trampas de cada tratamiento, sumando 36 trampas para cubrir un área de 9,5 hectáreas.

El conteo de insectos capturados en cada trampa se realizó semanalmente durante un período de cuatro semanas, con el objetivo de evaluar la eficacia de cada tipo de trampa. Los datos obtenidos fueron analizados mediante modelos lineales generalizados utilizando distribuciones de Poisson y binomial negativo, así como un modelo lineal generalizado mixto con distribución de Poisson. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Jamovi.

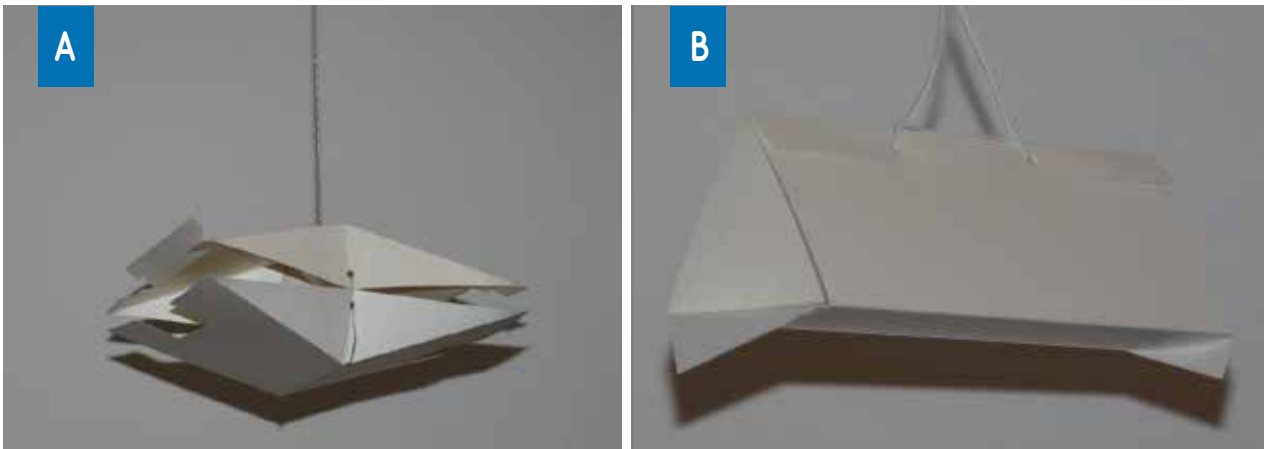


Figura 1

Trampa tipo ala (a) y trampa tipo delta (b) empleadas para la captura con feromonas de *Elasmopalpus lignosellus*.

Resultados y discusión

El modelo de regresión con mejor ajuste fue seleccionado al comparar la razón de chi-cuadrado por grados de libertad (χ^2/gl) y los valores más bajos en los criterios de selección como AIC y BIC (Cuadro 1). El GLM Binomial Negativa presentó los mejores valores en los criterios de selección.

Cuadro 1.

Criterios de selección para los tres modelos de regresión.

Criterio	GLM Poisson	GLM Binomial Negativa	GLMM Poisson
χ^2/gl	8,961	1,158	0,235
AIC	379,459	217,459	218,450
BIC	382,734	224,371	223,364

Con base a los parámetros del modelo seleccionado, la trampa delta capturó significativamente más individuos que las trampas ala. Las trampas tipo delta capturaron 4,21 veces ($e^{1.44} = 4,21$) más adultos de *Elasmopalpus lignosellus*, que las trampas tipo ala (Cuadro 2). El intervalo de confianza para este parámetro indica que hay un 95% de confianza de que el efecto de la trampa tipo delta es entre 2,27 y 7,84 veces más efectivo que la trampa tipo ala.

Cuadro 2.

Parámetros del modelo Binomial Negativo para datos sobre capturas de individuos adultos *Elasmopalpus lignosellus* utilizando dos tipos de trampas con feromonas.

Parámetro	Estimado	Error estándar	Exp(B)	Intervalo de confianza del 95% para Exp(B)		Z	P
(Intercepto)	1,73	0,157	5,62	4,16	7,71	10,98	< .001
Trampa delta	1,44	0,314	4,21	2,27	7,84	4,57	< .001

El número promedio estimado de capturas para la trampa tipo ala fue de 2,74 individuos con un intervalo de confianza del 95% entre 1,72 y 4,37 individuos por trampa.

Por su parte, el número promedio estimado de capturas para las trampas tipo delta fue 11,53

individuos con un intervalo de confianza del 95% entre 7,71 y 17,23 adultos por trampa (Cuadro 3).

La distribución de las trampas en campo, así como la cantidad de capturas de cada una se observan en la figura 2.

Cuadro 3.

Medias marginales estimadas de capturas por tipo de trampa de adultos de *Elasmopalpus lignosellus*.

Tipo de trampa	Capturas promedio	Error estándar	Intervalo de confianza del 95%	
Ala	2,74	0,652	1,72	4,37
Delta	11,53	2,365	7,81	17,23





La diferencia entre las medias de ambos tipos de trampas fue significativa, lo que evidencia que las trampas tipo delta son más efectivas que las trampas tipo ala. Su aplicación ha sido validada en diversos estudios de monitoreo de insectos, como los realizados por Stroup *et al.* (2024) sobre

modelos mixtos, y por Kamiyama *et al.* (2024), quienes documentaron diferencias significativas en capturas de *Halyomorpha halys* según el tipo de trampa utilizada, mediante análisis de medias marginales en ensayos de campo.

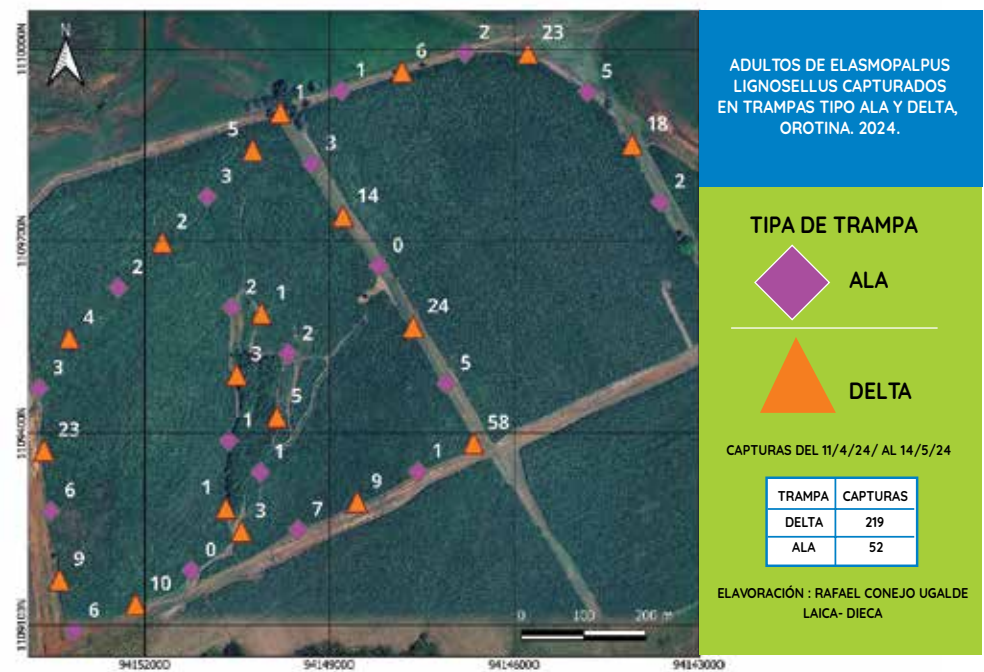


Figura 2

Distribución de trampas para captura de *Elasmopalpus lignosellus* en campo.

La figura 3, muestra que las trampas tipo delta capturaron significativamente más insectos en comparación con las trampas tipo ala. La distribución de las capturas para las trampas tipo delta tuvo una mayor variabilidad, oscilando desde

valores cercanos a cero, hasta casi 60 individuos, lo que indica una dispersión más amplia en los datos. En contraste, las trampas tipo ala muestran una distribución más uniforme con valores concentrados en un rango bajo, alrededor de 0 a 5 capturas.

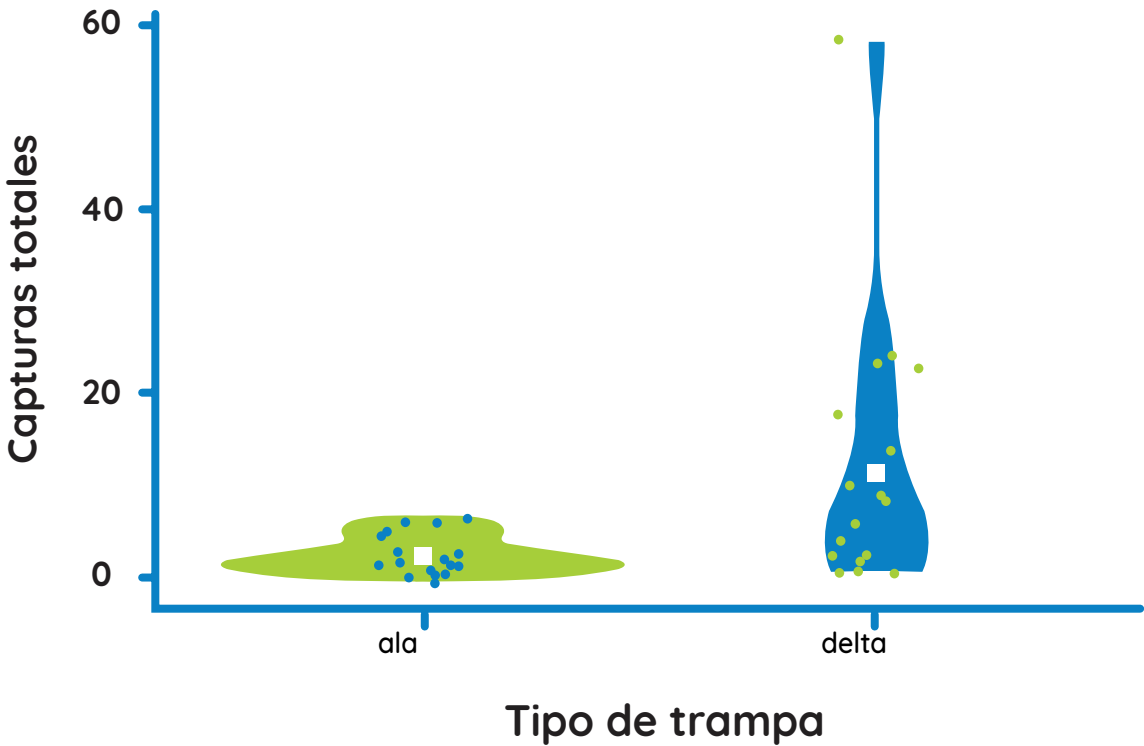


Figura 3

Distribución de las capturas totales de *Elasmopalpus lignosellus* por tipo de trampa.



Durante la ejecución del ensayo, se observaron aspectos clave en la eficiencia de captura de las trampas, destacando la capacidad de estas para atrapar hembras, posiblemente de manera circunstancial durante la cópula con machos. Este hallazgo sugiere que, además de la atracción por feromonas, la interacción sexual puede influir en la captura incidental de hembras ya fecundadas (Figura 4). Este comportamiento podría tener implicaciones en la efectividad de las trampas como herramienta de control, ya que la remoción de hembras copuladas reduciría el potencial.

Investigaciones previas han demostrado que las hembras de *Elasmopalpus lignosellus* continúan siendo detectables por los machos durante y después del apareamiento, debido a la persistencia de componentes volátiles en el entorno inmediato (Lynch *et al.*, 1984). Además, estudios posteriores en lepidópteros han modelado cómo el comportamiento de llamado sexual de las hembras puede influir en la navegación de los machos y facilitar encuentros cercanos, lo que aumenta la

probabilidad de capturas incidentales (Stepien *et al.*, 2020).

Otro factor relevante fue el tiempo de ensamblaje de las trampas, el cual varió significativamente según su diseño. La trampa tipo ala requirió un mayor tiempo de montaje en comparación con el tipo delta, debido a su estructura más compleja. Esta diferencia podría impactar en la viabilidad de su implementación a gran escala, especialmente en programas de monitoreo masivo donde la eficiencia operativa es crucial.

Respecto a los materiales utilizados, las trampas, fabricadas en cartón, mostraron susceptibilidad al deterioro por humedad, a pesar de haberse colocado durante la época seca. Eventos lluviosos esporádicos afectaron su integridad, comprometiendo su durabilidad y funcionalidad, por lo tanto, se recomienda emplear materiales resistentes al agua para garantizar una mayor vida útil y reducir la necesidad de reemplazos frecuentes.

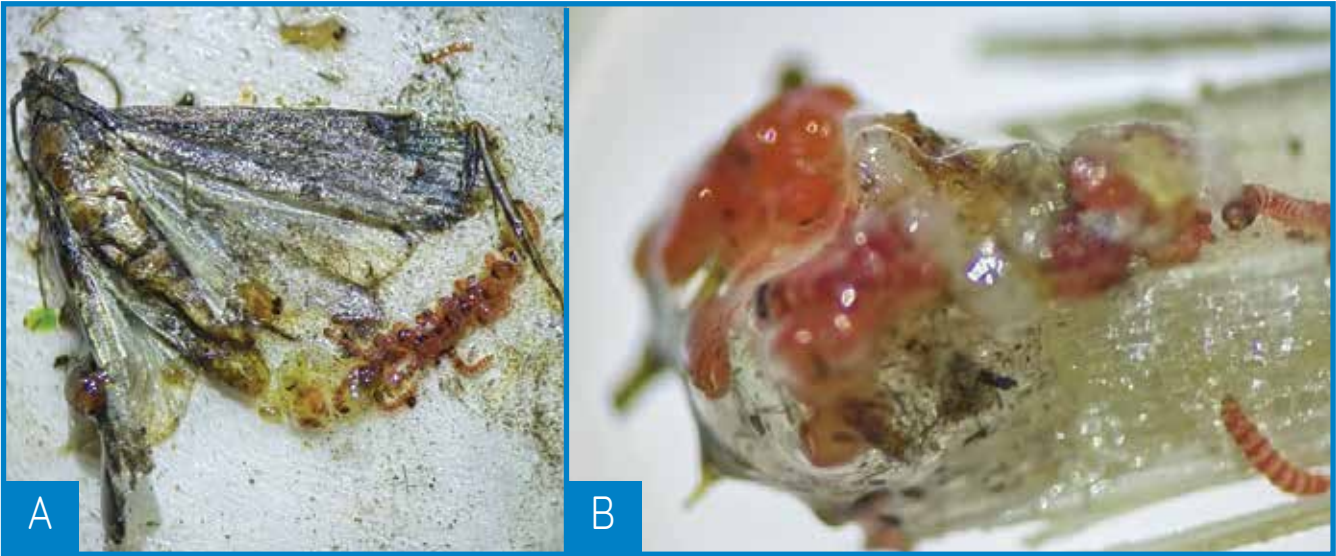


Figura 4

Hembra adulta de *Elasmopalpus lignosellus* (a), junto con postura de huevos y presencia de larvas neonatas (b), colectados mediante trampas adhesivas en campo.

Conclusiones

Las trampas tipo delta demostraron una eficacia significativamente mayor (4,21 veces) que las trampas tipo ala en la captura de adultos de *Elasmopalpus lignosellus*, respaldado por análisis estadísticos robustos ($p < 0.001$).

La variabilidad en las capturas fue notablemente mayor en trampas tipo delta (0-60 individuos), mientras que las trampas tipo ala mostraron un rango reducido (0-5 individuos), lo que sugiere diferencias en la atracción y retención de insectos.

La captura incidental de hembras durante la cópula en ambas trampas indica un potencial adicional para reducir poblaciones, aunque este aspecto requiere mayor investigación.

Las trampas tipo delta presentaron ventajas operativas, como menor tiempo de ensamblaje, pero la susceptibilidad al deterioro por humedad de los materiales sugiere la necesidad de usar diseños más resistentes para condiciones tropicales.

Estos resultados respaldan la implementación de trampas tipo delta con feromona P024-Lure en programas de manejo integrado de *E. lignosellus*, optimizando recursos y eficacia en campo.

De manera complementaria, será fundamental en futuros estudios establecer la relación entre capturas de adultos, niveles de daño en campo y su impacto en la producción de caña y azúcar.

Asimismo, se recomienda evaluar diferentes densidades de trampas por hectárea para determinar su efecto en la sensibilidad del monitoreo y la eficiencia del control.



Literatura citada

Bustillo, A. E. 2013. Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia. Cenicaña, Cali. 164 p.

Condega Aguirre, D. 2002. Evaluación del daño de los barrenadores de brotes y tallos de caña de azúcar: *Elasmopalpus lignosellus* y *Diatraea saccharalis*. Proyecto Especial, Zamorano, Honduras. 33 p.

Hickel, E. R. 2020. Apostilas de Entomologia – Lagarta-elasmo. Epagri, Florianópolis. 7 p.

Kamiyama, M.T.; Matsuura, K.; Hata, T.; Sato, M.; Ito, H.; Takahashi, T. 2024. Seasonal abundance and adult trap comparison of the invasive brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in its native region. *Biologia* 79:1341-1349. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11756-024-01618-4>

Loera, J.; Lynch, R.; Rodríguez, R. 1995. Uso de trampas con feromona en el muestreo del pequeño barrenador del frijol, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *Agronomía Mesoamericana* 6:75-79.

Lynch, R. E.; Klun, J. A.; Leonhardt, B. A.; Schwärz, M.; Garner, J. W. 1984. Female sex pheromone of the lesser cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environmental Entomology* 13(1):121-126. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ee/13.1.121>

Márquez, J. M. 2018. Características de la infestación por el barrenador menor de la caña de azúcar (*Elasmopalpus lignosellus*). *Boletín CAÑAMIP* 20:1-5.

Molinari, A. M.; Gammudi, J. C. 2010. *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller), un barrenador esporádico en soja. Grupo de Trabajo Protección Vegetal-Entomología, EEA Oliveros-INTA. 2 p.

Rázuri, V. 1974. Biología y comportamiento de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller, en maíz. *Revista Peruana de Entomología* 17(1):74-77.

Salazar, J. D. 2015. Barrenador Menor (*Elasmopalpus lignosellus*). Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), San José, Costa Rica. Documento técnico.

Saldaña Chafloque, C. F.; Ayquipa Aycho, G.E. 2021. Efecto del cebo tóxico con trampa de melaza en el control de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller. *Manglar* 18(1):45-50.

Salvatore, A. R.; López, G.; Willink, E. 2009. Plagas en el cultivo de caña de azúcar. En: Romero, E.R.; Digonzelli, P.A.; Scandaliaris, J. (eds.). *Manual del Cañero*. Estación Experimental Agroindustrial

Obispo Colombres (EEAOC), Tucumán, Argentina. p.143-150.

Santos, A.A.; dos Santos, I.B.; Paula-Moraes, S.V. 2023. Flight phenology of *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) in the Northwest Florida Panhandle. *Insects* 14(4):354. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects14040354>

Stepien, T. L.; Zmurchok, C.; Caja Rivera, R. M.; Hengenius, J. B.; D’Orsogna, M. R.; Lindsay, A. E. 2020. Moth mating: modeling female pheromone calling and male navigational strategies to optimize reproductive success. *Applied Sciences* 10(18):6543. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app10186543>

Stroup, W. W.; Ptukhina, M.; Garai, J. 2024. Generalized Linear Mixed Models: Modern Concepts, Methods and Applications (2nd ed.). Routledge. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9780429092060/generalized-linear-mixed-models-walter-stroup-marina-ptukhina-julie-garai>

Xavier, L. M. S. 2010. Ecología química de *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller): comunicación química durante el comportamiento reproductivo y la interacción tritrófica involucrando maíz y el parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley. Tesis doctoral, Universidad Federal de Viçosa, Brasil.





Espacio destinado a la difusión de experiencias técnicas aplicadas, validaciones, análisis de procesos o revisiones bibliográficas. Puede incluir resultados de investigación o información útil para la toma de decisiones.

Aplicación de la Teledetección al Servicio del Programa de Selección de Variedades de Caña de Azúcar en la Región Norte.

Carlos Morales Araya¹, Allan Ruíz Solano²

Resumen

Dentro del mejoramiento genético de la caña de azúcar, es crucial la selección de variedades con mayores rendimientos, alta resistencia a enfermedades y mejor adaptabilidad a las condiciones ambientales de cada región.

En este contexto, la incorporación de herramientas tecnológicas, como la teledetección resulta fundamental para observar y analizar el comportamiento de las variables productivas a lo largo del ciclo del cultivo.

Asimismo, investigaciones en Brasil han demostrado que los perfiles temporales de NDVI (por sus siglas en inglés, Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) ofrecen altos niveles de precisión (más del 90 %) para la identificación de áreas sembradas y el seguimiento de etapas fenológicas de la caña (de França e Silva *et al.*, 2024).

Estos antecedentes reafirman el valor de esta tecnología como complemento clave en la evaluación de variedades.

De acuerdo con lo descrito por Ahmad *et al.* (2021) y Inoue (2020), la teledetección consiste

en la adquisición de información sobre objetos o áreas desde una distancia determinada, mediante sensores remotos instalados en satélites, drones o aviones.

Estos sensores pueden capturar datos en diferentes bandas del espectro electromagnético, las cuales corresponden a tipos de luz que no siempre son perceptibles para el ojo humano, pero



¹ Ingeniero Agrónomo. Correo – e: cmorales2110@gmail.com
² Coordinador Región Norte San Carlos-Los Chiles, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: aruiz@laica.co.cr

SECCIÓN NOTAS TÉCNICAS

que, a nivel de cultivos, permiten detectar estrés hídrico, deficiencias nutricionales, enfermedades e incluso la actividad fotosintética de la planta (Figura 1).

Estos índices de vegetación están fundamentados en maximizar la sensibilidad a las características de la vegetación, al tiempo que minimizan factores como la reflectancia del fondo del suelo y los efectos atmosféricos (Davidson *et al.*, 2022). Las plantas absorben o reflejan estos tipos de luz dependiendo de su condición.

Por ejemplo, las plantas con buen vigor y desarrollo reflejan mucho más en el espectro infrarrojo, lo que indica que están sanas. En cambio, cuando están estresadas o enfermas, reflejan menos (Figura 2).

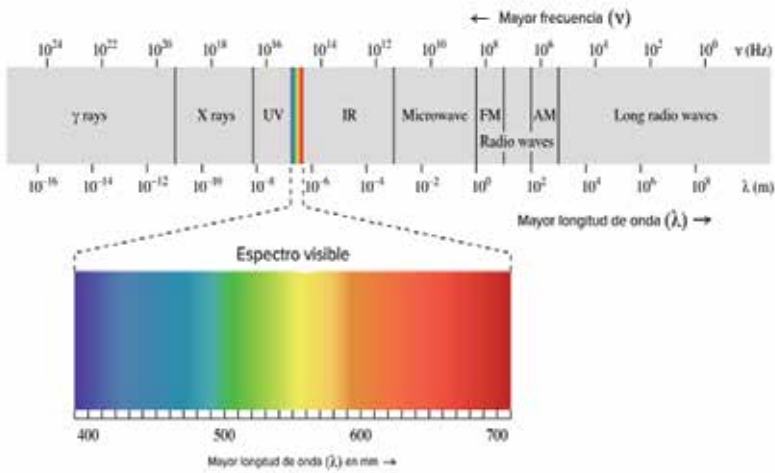


Figura 1

Bandas del espectro electromagnético

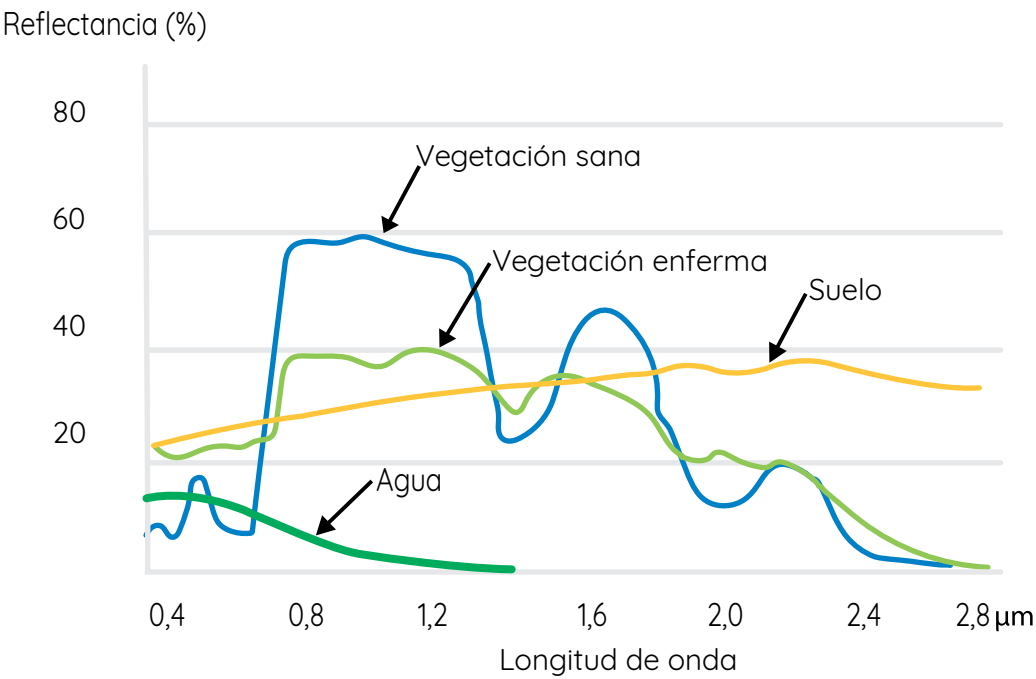


Figura 2

Firmas espectrales de las plantas.

El objetivo de esta nota técnica es mostrar la aplicación del índice de vegetación NDVI, captado mediante teledetección con drones, como herramienta complementaria en la evaluación agronómica de variedades de caña de azúcar en fase avanzada de selección.

Se pretende evidenciar su utilidad para detectar diferencias de vigor, sanidad y densidad de cultivo en parcelas experimentales bajo condiciones de campo.

En la Región Norte (San Carlos – Muelle) se realizó un sobrevuelo con un drone DJI Mavic 3M

sobre un grupo de variedades que se encuentran en la fase V de selección. Estas variedades se establecieron en franjas que rondan los 0,08 ha en promedio. La edad que tenían al momento del vuelo era de 180 días después de la siembra (DDS).

A continuación, según se observa en la figura 3, se logra visualizar la imagen normal de la condición del lote; mientras que en la figura 4, se visualiza un índice de vegetación, en este caso, el índice conocido como NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), que permite observar el vigor y la sanidad de los cultivos.



Figura 3

Ortomosaico de la Fase V

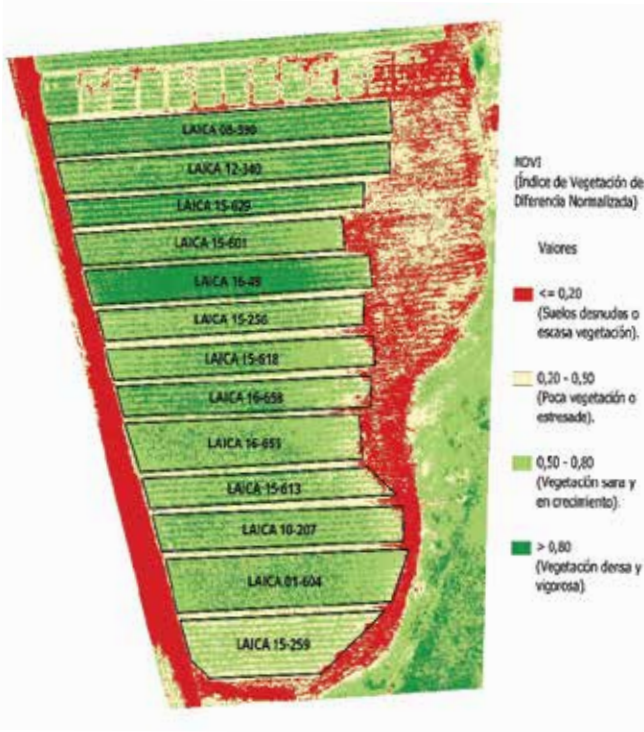


Figura 4

NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).

De las imágenes anteriores (Figura 3 y 4), se puede identificar que la variedad LAICA 16-49 presenta una vegetación densa y vigorosa a los 180 días después de la siembra, según lo expresado por medio del índice de vegetación.

Por su parte, la variedad LAICA 15-259 presenta poca vegetación o una condición de estrés según el índice. En este caso, según lo corroborado en campo y visto desde la imagen a color, se trata de una baja densidad de cultivo.

En ambas situaciones, se correlaciona con lo que se puede apreciar en la imagen a color con respecto al índice.

En general, las variedades se encuentran en una condición de crecimiento sano y en crecimiento según lo indicado por el índice.

Un ejemplo de esto es el reportado recientemente por Ruwanpathirana et al. (2024) demostrando que con índices como NDVI derivados de imágenes RGB (Red, Green, Blue), es posible identificar el vigor de cultivos, además, cuando se combinan con modelos de aprendizaje automático, permiten identificar con alta precisión (más del 90 %) estimando incluso rendimientos en caña de azúcar.

La integración de la teledetección a nivel de selección de variedades permite avanzar hacia una agricultura más eficiente, precisa y sostenible. Mediante el monitoreo remoto y la interpretación de datos, es posible identificar variedades con mayor potencial productivo y adaptabilidad.

Literatura citada

Ahmad, U., Alvino, A., Marino, S. 2021. A review of crop water stress assessment using remote sensing. Remote Sensing 13(20):4155. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs13204155>

Davidson, C., Jaganathan, V., Sivakumar, A. N., Czarnecki, J. M. P., Chowdhary, G. (2022). NDVI/NDRE prediction from standard RGB aerial imagery using deep learning. Computers and Electronics in Agriculture, 203, 107396. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2022.107396>

de França e Silva, N. R., Chaves, M. E. D., Luciano, A. C. d. S., Sanches, I. D., de Almeida, C. M., Adami, M. 2024. Sugarcane yield estimation using satellite remote sensing data in empirical or mechanistic modeling: a systematic review. Remote Sensing 16(5):863. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs16050863>

Inoue, Y. 2020. Satellite- and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming – a review. Soil Science and Plant Nutrition 66(6):798–810. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00380768.2020.1738899>

Ruwanpathirana, P. P., Sakai, K., Jayasinghe, G. Y., Nakandakari, T., Yuge, K., Wijekoon, W. M. C. J., Priyankara, A. C. P., Samaraweera, M. D. S., Madushanka, P. L. A. 2024. Evaluation of sugarcane crop growth monitoring using vegetation indices derived from RGB based UAV images and machine learning models. Agronomy 14(9):2059. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy14092059>





Descripción Morfológica, Comportamiento Agronómico y Desempeño Agroindustrial de las Variedades LAICA 04-250 y LAICA 07-203 Cultivadas en Juan Viñas, Cartago, Costa Rica.

Juan Pablo Carvajal Quesada¹, Gerardo Fonseca Brenes², Eduardo Vargas Miranda¹, Ricardo Vega Alfaro¹, Tomás Madriz Quirós³, Danny Rivera Alfaro³, Erick Chavarría Soto⁴, Kevin Núñez Chacón⁵

Resumen

Se presenta un análisis de la morfología, comportamiento agronómico y el desempeño agroindustrial de las variedades LAICA 04-250 y LAICA 07-203, cultivadas en la zona de Juan Viñas, Cartago, Costa Rica. Este estudio se enfoca bajo condiciones de altitud superiores a 1.000 msnm, con alta nubosidad y precipitaciones anuales entre 2.000 y 3.400 mm. Estas circunstancias crean desafíos particulares para la caña de azúcar, requiriendo materiales con buena adaptación.

LAICA 04-250 se distinguió por su excelente macollamiento con una alta densidad de tallos; llegando a 180 t ha⁻¹ de caña y 18,9 t ha⁻¹ de azúcar en ciclos bianuales. Mientras, LAICA 07-203 sobresalió por mayor concentración de sacarosa (110 kg t⁻¹), además por su adaptación a un rango altitudinal más extenso (650-1.300 msnm), mostrando rendimientos de 170 t ha⁻¹ de caña y 18,7 t ha⁻¹ de azúcar. Ambas variedades evidenciaron maduración promedio y curvas de azúcar estables hasta los 20 meses, validando así su potencial en sistemas de cosecha a 24 meses.

Respecto a la sanidad, LAICA 07-203 fue susceptible a la roya marrón *Puccinia melanocephala* Syd. & P. Syd. y a la peca amarilla *Passalora koepkei* (W. Krüger) U. Braun & Crous, sin ningún efecto aparente en productividad, por otro lado, LAICA 04-250 manifestó una mayor resistencia general.



¹ Programa de Variedades, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: pcarvajal@laica.co.cr
² Coordinador Región Turrialba y Jiménez, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: gfonseca@laica.co.cr
³ Departamento Agrícola, Ingenio Juan Viñas. Correo-e: tmdriz@jv.cr
⁴ Programa Fitosanidad, Área de Enfermedades, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: echavarría@laica.co.cr
⁵ Programa Fitosanidad, Manejo Integrado de Plagas, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA). Correo – e: knunez@laica.co.cr



Los hallazgos revelan que ambas selecciones resultan económicamente ventajosas y representan un enfoque estratégico adecuado para la región, en altitudes superiores a los 1.000 msnm. Esto a su vez, favorece la diversificación de las variedades y fortalece la sostenibilidad de la producción en Costa Rica.

Introducción

La zona cañera ubicada en el cantón de Jiménez, provincia de Cartago, donde se ubica el Ingenio Juan Viñas, es una zona de clima fresco, con altitudes superiores a los 1.000 msnm, una condición poco común a nivel mundial (Chen *et al.*, 2023).

La cosecha se realiza a los 24 meses para optimizar la concentración de azúcar y el tonelaje. Los suelos predominantes son Andisoles de origen volcánico e Inceptisoles de origen aluvional con cierta influencia causada por depósitos volcánicos. Ambos suelos presentan ligera acidez y fertilidad media-baja. El clima en esta zona es muy húmedo, con precipitaciones anuales de 2.000 a 3.400 mm, temperaturas moderadas y alta nubosidad, lo que reduce la luminosidad (Chaves, 2018).

La topografía del lugar es quebrada con pendientes de hasta un 30%, por lo que la cosecha

es predominantemente manual o semimecanizada, con apoyo de cargadoras de caña. No obstante, en zonas más favorables, la Hacienda Juan Viñas ha logrado mecanizar el 25% de la cosecha, representando esto un importante avance tecnológico (Chaves, 2019).

Para adaptarse a este entorno, desde los años cincuenta se han utilizado variedades de origen hawaiano (sigla H) (Chaves, 2018), desarrolladas por la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Hawái (HSPA). Estas variedades mostraban una buena adaptación, ya que estaban diseñadas para una cosecha a los 24 meses, presentaban acame y en consecuencia, un buen rebrote de nuevos tallos, además de carecer de raíces aéreas. Sin embargo, con el cierre de la estación HSPA, surgió la necesidad de desarrollar nuevas variedades adaptadas a esta región.

Ante esta situación, el programa de variedades del departamento de investigación y extensión de la Liga Agrícola Industrial de la caña de azúcar (LAICA/DIECA), inició el proceso de cruzamiento de las variedades hawaianas con materiales azucareros, con el objetivo de obtener nuevos materiales que conservaran sus características sobresalientes y su adaptabilidad a la zona.

A continuación, se describen las características

morfológicas y los indicadores productivos de dos de los materiales más sobresalientes que se han seleccionado de este proceso: LAICA 04-250 y LAICA 07-203.

LAICA 07-203 H 68-1158 * POLICRUCE

Características morfológicas

Aspecto general

Hábito de crecimiento de semi-erecto a abierto, con capitel medio, regular cantidad de hojas, de despaje fácil y de porte doblada cerca de la punta, margen acerado muy agresivo y la punta de afinamiento largo.



Figura 1

Sección de tallo y yema

Tallo

Los tallos son de diámetro grueso (3,62 cm), de color morado oscuro expuesto al sol y moradoclaro no expuesto, con un leve zigzag en su alineamiento. Los entrenudos son de longitud media (14 cm) de forma cilíndrica, con la sección

transversal circular. No presenta rajaduras y tiene pocas ranuras. Presenta depresión de la yema de profundidad media y ultrapasa la mitad del entrenudo. Posee abundante cera y mancha oscuras en la cera de cantidad regular. Rayas longitudinales y marcas del tiempo ausentes. La yema es de forma ovada angosta con alas, medianamente prominente, toca el anillo de crecimiento y de tamaño y ancho medio; de color morada expuesta y no expuesta verde amarillento con incrustaciones moradas.

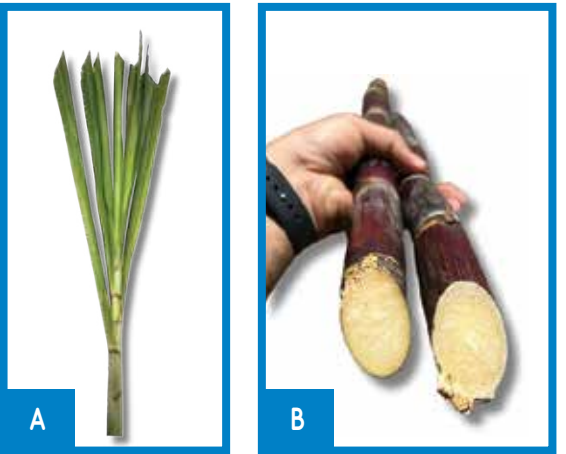


Figura 2

A - Vaina y hojas,
B- Corte transversal del tallo

Hojas

Posee un capitel medio, con regular cantidad de hojas, palmito largo (78,8 cm), hojas de longitud largo (1,75 m) y ancho (7 cm) de color verde claro, doblada cerca de la punta, ángulo de abertura intermedio, margen acerado muy agresivo, nervadura central blanquecina y punta de afinamiento largo.



El collar es de forma triangular ligular, de color verde-amarillo, con simetría igual a ambos lados y de posición descendente, de color verde amarillo. La lígula es creciente en posición horizontal y con pocos cortes. La aurícula está presente en ambos lados, de forma transitoria y la inserción se encuentra a la altura del collar. La vaina es de longitud larga (38 cm) con poca cera, de color verde-amarillento, de forma rectilínea, sin rajaduras; posee cantidad regular de pelusa, flexible, poco adherido y de longitud medio.

LAICA 04-250
H 77-4643 * POLICRUCE

Características
morfológicas

Aspecto general

Hábito de crecimiento de semi-erecto a abierto, con capitel medio, regular cantidad de hojas, las cuales son largas y de porte rígido.



Figura 3

Sección de tallo y yema

Tallo

Los tallos son de diámetro medio 3,22 cm, de color morado con algunas incrustaciones verdes, y no expuesto al sol de color morado claro y con un leve zigzaguo en su alineamiento.

Los entrenudos son de forma cilíndrica, de longitud medio 14 cm, la sección transversal es ovalada, no presenta rajaduras ni ranuras, ni depresión de la yema, con abundante cera y regular cantidad de manchas oscuras. Rayas longitudinales y marcas del tiempo ausentes.

La yema es ovada angosta con alas, de tamaño y ancho mediana, medianamente prominente, toca el anillo de crecimiento y es de color amarillenta-morado y no expuesto verde amarillento.

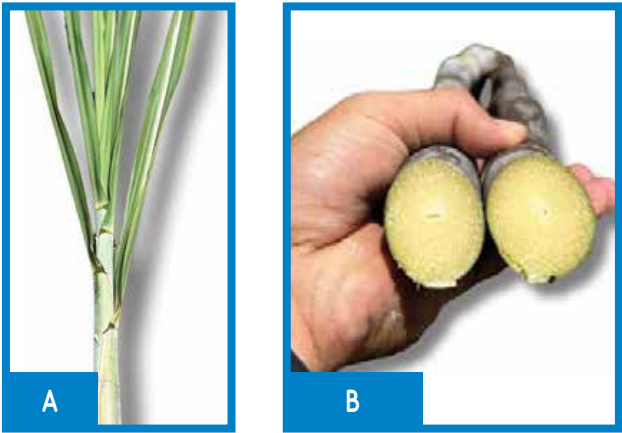


Figura 4

A- Vaina y hojas,
B- Corte transversal del tallo

Hojas

Posee un capitel medio, con cantidad regular de hojas, palmito largo 70,2 cm, con hojas largas de 1,81 m y 5,84 cm de ancho de color verde claro. Las hojas tienen porte rígido o recta, con ángulo de abertura intermedio, margen acerado, nervadura central blanquecina y punta con afinamiento largo.

El collar es triangular ligular en ambos lados iguales, posición horizontal, de ancho medio (0,78

cm) y longitud larga (2,46 cm) de color verde-amarillo.

La lígula es rasa en posición horizontal. La aurícula está presente en ambos lados de forma transitoria y la inserción se encuentra más baja que el collar. La vaina es de longitud larga de 38 cm, con cera regular y de forma rectilínea y de color verde-amarillento y no presenta pelusa.

Desempeño productivo

Cuadro 1.

Características agronómicas de las variedades
LAICA 04-250 y LAICA 07-203

Datos de producción	LAICA 04-250	LAICA 07-203
Tallos molederos/m	17	13
Grosor cm	3,1	3,6
Altura m	3,3	3,6
Despaje	Bueno	Excelente
Floración	Nula	Nula
Corcho tallo sin flor	Compacto	Compacto
% Fibra	14	15
Maduración	Media	Media
Habito de crecimiento	Semi-abierta a abierta	Semi-abierta a abierta
Cierre de campo	Bueno	Bueno
Resistencia al volcamiento	Baja	Media



A continuación, se presentan resultados obtenidos por las variedades LAICA 07-203 y LAICA 04-250 en lotes comerciales del ingenio Juan Viñas en ciclos de 24 meses.

Cuadro 2.

Datos productivos de las variedades LAICA 07-203 y LAICA 04-250 en lotes comerciales de Hacienda Juan Viñas, Jimenez Cartago

Variedad	Sacarosa kg t ⁻¹	Caña t ha ⁻¹	Azúcar t ha ⁻¹
LAICA 04-250	105	180	18,9
LAICA 07-203	110	170	18,7

Maduración

La curva de madurez muestra la evolución del contenido de azúcar en las variedades LAICA 07-203 y LAICA 04-250 durante un ciclo de 24 meses (Figura 5). Las muestras se recolectaron desde los 18 meses de edad hasta los 22 meses.

Se observa que, bajo las condiciones edafoclimáticas de Finca Naranjo, en el Ingenio Juan Viñas (1.240 msn.m), el momento óptimo de cosecha para ambas variedades en un ciclo bianual ocurre a los 20 meses, cuando el contenido de azúcar alcanza su punto máximo.

Retrasar la cosecha más allá de este período puede afectar el rendimiento industrial debido a la inversión de azúcares.

Además, la variedad LAICA 07-203 presenta consistentementemayoresrendimientosindustriales en comparación con LAICA 04-250, lo que confirma su carácter más azucarero. Este comportamiento puede atribuirse a su ascendencia, que le otorga una mayor capacidad de acumulación de azúcar a lo largo del proceso de maduración.

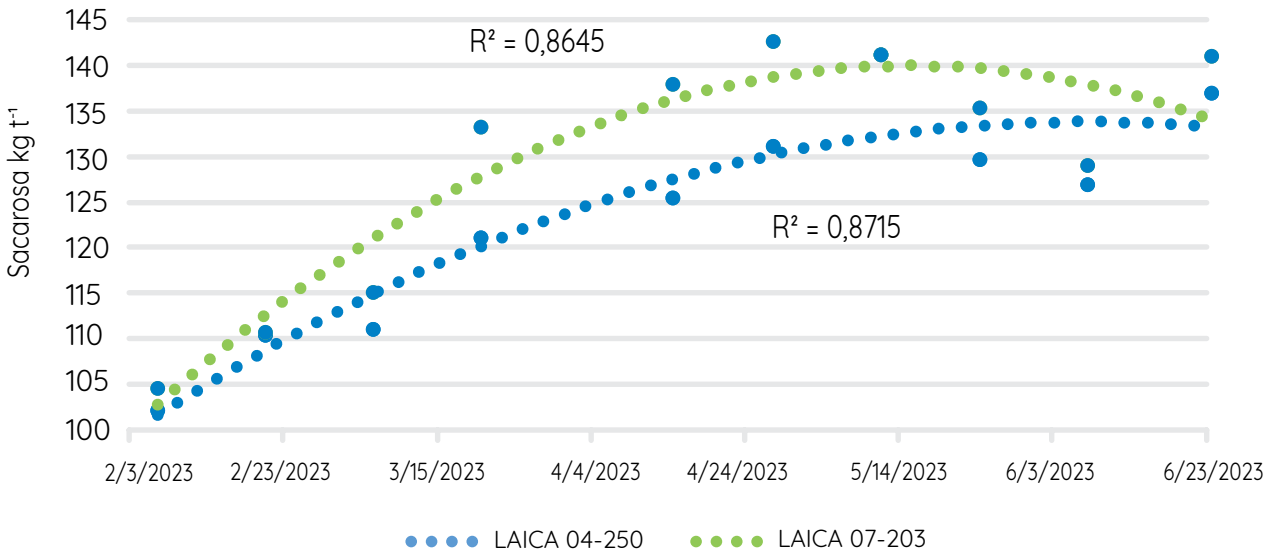


Figura 5
Curva de madurez de las variedades LAICA 04-250 y LAICA 07-203 en Hacienda Juan Viñas, 2023

El análisis de correlación entre LAICA 04-250 y LAICA 07-203 mostró que esta última tiene una relación más débil entre Brix y Pureza, con diferencias de -0,198 en la correlación Brix-Pureza y -0,101 en Sacarosa-Pureza. En LAICA 04-250, un mayor Brix está ligado a una Pureza más estable, facilitando la determinación del momento óptimo de cosecha.

En cambio, en LAICA 07-203, la relación entre estos parámetros es más variable, posiblemente por la presencia de impurezas o azúcares reductores, lo que hace necesario un monitoreo más preciso de la maduración para optimizar su cosecha (Larrahondo, 1995).

Condiciones de clima, suelo y fertilización

Clima y suelo

En el caso de la variedad LAICA 04-250, por poseer genética de variedades hawaianas, la altitud que los favorece es entre 1100 hasta 1450 msnm, con una precipitación media anual de 2.500 mm y temperatura promedio de 19,5 °C. Los suelos que favorecen a esta variedad son los de origen volcánico como los Andisoles y los Inceptisoles. No se recomienda cultivar esta variedad a menos de 1.100 msnm, ya que no logra alcanzar su óptimo potencial productivo.



Por el contrario, LAICA 07-203, es una variedad polifuncional en cuanto a condiciones edafoclimáticas. En la región de Turrialba-Jiménez, se adapta desde los 650 hasta los 1.300 msnm, con una precipitación anual de los 2.000 a los 2.500 mm y temperatura desde los 19,5 a los 22,5 °C. Esta variedad se adapta bien a Ultisoles, Andisoles e Inceptisoles.

Fertilización

En el cuadro 3 se detalla el plan de fertilización recomendado para cada una de las variedades en

estudio. Para LAICA 04-250 el plan de fertilización está basado en un ciclo a cosecha entre 22 a 24 meses, mientras que para LAICA 07-203, el plan se basa en ciclos de cosecha entre 12 a 14 meses.

En el caso de que LAICA 07-203 se cultive bajo un ciclo de 22 a 24 meses, se recomienda brindar el plan de fertilización establecido para LAICA 04-250. No obstante, el plan de fertilización debe ajustarse de acuerdo con el análisis de suelo y al tipo de suelo.

Cuadro 3.

Plan de fertilización recomendado para las dos variedades en estudio.

Variedad	Ciclo	Kilogramos por hectárea de producto comercial		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
LAICA 04-250	Planta	263,7	186,3	320,9
	Soca	207,0	41,4	320,9
LAICA 07-203	Planta	182,7	170,1	195,3
	Soca	126,0	25,2	195,3

*Nota. Fuente: Elaboración Ing. Agr. Gerardo Fonseca Brenes

Susceptibilidad o tolerancia a plagas y enfermedades

Enfermedades

La variedad LAICA 04-250 ha demostrado una destacada resistencia frente a las principales enfermedades que afectan a la caña de azúcar. En contraste, la variedad LAICA 07-203 ha mostrado susceptibilidad a la roya marrón *P. melanocephala* y a la peca amarilla *P. koepkei*.

No obstante, hasta el momento, estas enfermedades no han representado un factor que limite la productividad de ambas variedades.

Cuadro 4.

Porcentaje de severidad de las principales enfermedades en caña de azúcar

Enfermedad	Agente Causal	% Severidad	
		LAICA 04-250	LAICA 07-203
Mancha de anillo	<i>Leptosphaeria sacchari</i> Breda de Haan (1892)	0,50	---
Roya café	<i>Puccinia melanocephala</i> Syd. & P. Syd. (1907)	---	10,80
Roya Naranja	<i>Puccinia kuehnii</i> (W. Krüger) E.J. Butler (1914)	---	---
Mancha parda	<i>Cercospora longipes</i> E.J. Butler, (1906)	1,90	---
Peca Amarilla	<i>Passalora koepkei</i> (W. Krüger) U. Braun & Crous 2003	1,80	5,30
Mancha ojival	<i>Bipolaris sacchari</i> (E.J. Butler) Shoemaker (1959)	---	1,50
Carbón	<i>Sporisorium scitamineum</i> (Syd.) M. Piepenbr., M. Stoll & Oberw., 2002	---	---
Mosaico	Sugarcane mosaic virus (SCMV), género Potyvirus, familia Potyviridae	---	---
Hoja Amarilla	Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV), género Polerovirus, familia Solemoviridae	---	---

Plagas

Dentro de las principales plagas que afectan estas variedades destacan el barrenador común del tallo *Diatraea tabernella* Dyar y el picudo de la caña *Metamasius sericeus* (Olivier) ambos con una alta capacidad de generar daños significativos.

Registros históricos de las últimas zafras evidencian una incidencia considerable del ataque de *D. tabernella*. En promedio, LAICA 04-250 ha presentado una incidencia del 37,36% y una intensidad de infestación del 2,27%, mientras que LAICA 07-203 ha registrado valores de 41,25% y 2,21%, respectivamente.

Entre las estrategias más eficaces para el manejo de *D. tabernella*, es la liberación del parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron; tras realizar 2 liberaciones bajo condiciones óptimas y en presencia del estadio larval del barrenador, *C. flavipes* puede alcanzar niveles de parasitismo de hasta un 60%, contribuyendo significativamente a la regulación natural de la plaga, sincronización las liberaciones del parasitoide con el ciclo de vida del insecto plaga, así como de condiciones ambientales favorables para el establecimiento del parasitoide en el campo.

Además, es fundamental adoptar prácticas de manejo cultural que contribuyan a la reducción

de las poblaciones de plagas. En este sentido, la eliminación de residuos de cosecha en el campo es una medida clave, ya que los tallos remanentes pueden servir como refugio para *Diatraea* spp y favorecer la proliferación del picudo de la caña.

Para el control de *M. sericeus*, el monitoreo poblacional y el uso de trampas con atrayentes, como feromonas de agregación y kairomonas, han demostrado ser estrategias eficaces.

Estas trampas deben incorporar trozos de caña impregnados con insecticidas químicos o con hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill y *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin, los cuales han mostrado una alta eficacia en el control de poblaciones de picudos en diversos sistemas agrícolas.

Conclusiones

Las variedades LAICA 04-250 y LAICA 07-203 han mostrado un comportamiento agronómico y agroindustrial sobresaliente en condiciones de altitud media en la zona de Juan Viñas, Cartago.

LAICA 04-250 destacó por su alta densidad de tallos, buen macollamiento y un rendimiento

agroindustrial adecuado, siendo una opción viable para sistemas de cosecha cada 24 meses.

LAICA 07-203 presentó mayor concentración de sacarosa y adaptación a un rango más amplio de altitudes, lo que la convierte en una alternativa estratégica para diversificar la producción en zonas medias y altas.

LAICA 07-203 mostró susceptibilidad a enfermedades como roya marrón y peca amarilla,

sin llegar a generar un impacto productivo. Además, se debe mantener un control integral en ambas variedades para que las principales plagas no generen un impacto productivo significativo.

Los resultados obtenidos respaldan la incorporación de estas variedades como materiales comerciales, recomendados para zonas con condiciones similares a las de la región evaluada.

Literatura citada

Chaves, M. 2018. Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la zona Turrialba (Turrialba-Juan Viñas), Costa Rica, durante el periodo 1986-2016 (30 años).

Chaves, M. 2019. Variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en la zona alta (>1.000 msnm) de Cartago, Costa Rica, durante el periodo 1994-2016 (22 años). San José, Costa Rica: Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA).

Chen, S.; Ye, H.; Nie, C.; Wang, H.; Wang, J. 2023. Research on the assessment method of sugarcane cultivation suitability in Guangxi Province, China, based on multi-source data. Agriculture 13(5): 988. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/988>.

Larrahondo, J. E. 1995. Calidad de la caña de azúcar. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia: CENICAÑA. p. 337-354.



TOMÁ LO NUEVO



BAJO en CALORÍAS