

Atagua



Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala

1ra. EDICIÓN

2025



www.atagua.org



Cuenta con Límite Máximo
de Residuos, LMR



Fórmula distinta a los
tradicionales neonicotinoides



Periodo de protección
hasta por 60 días*



Prolongado período de protección contra la Chinche Salivosa

Curbix



Curbix®. Insecticida, Reg 33-733 categoría toxicológica 5 Atención. Consultar a un ingeniero agrónomo, leer y respetar las recomendaciones definidas en la etiqueta. No aplique durante la floración ni cuando se constate actividad de abejas.

JUNTA DIRECTIVA

Licda. Wendy Alejandra Del Cid	Presidenta	Ingenio La Unión
Ing. Erick Francisco Castillo	Vicepresidente	Ingenio Palo Gordo
Inga. Raisa Alejandra Vega	Tesorera	CENGICAÑA
Ing. Raúl Estirling Barneond	Protesorero	Ingenio Palo Gordo
Ing. Mario Rafael Sagastume	Secretario	CENGICAÑA
Ing. Oscarrené Villagrán	Prosecretario	San Diego/Trinidad
Ing. Guillermo Rafael Méndez	Vocal I	Ingenio La Unión
Dr. José Gerardo Espinoza	Vocal II	CENGICAÑA
Ing. Héctor Fabricio Alvarado	Vocal IV	Ingenio Pantaleón
Ing. Wilinton Josué Hernández	Vocal V	Ingenio La Unión

Contenido

Artículo de Campo

"Tecnología de drones aplicados en el Cultivo de Caña de Azúcar"

04

Artículo de Fábrica

"Efecto de la cal sobre la microbiota dextranogénica y no dextranogénica en jugos de caña"

22

Asamblea Extraordinaria ATAGUA 2025

32

Campeonato de Voleibol 2025

34

Webinar "La IA aplicada en la agricultura"

36

Gira de Campo

Finca Belén, Ingenio La Unión y Finca Santa Isabel, Ingenio Madre Tierra

38

Gira Industrial

Planta San Miguel de Horcalsa

41

Estimado socio:

Es un honor dirigirme a ustedes y darles la bienvenida en nombre de la Junta Directiva a esta nueva edición de la Revista ATAGUA, un espacio que se ha consolidado como un faro de conocimiento, innovación y conexión para todos los actores que impulsan el desarrollo de nuestro sector. En cada página, nos esforzamos por reflejar la dinámica, los logros y los desafíos que marcan el pulso de una de las industrias más vitales para la economía y el progreso de Guatemala. Este número, en particular, es un testimonio de nuestro compromiso inquebrantable con la excelencia, la sostenibilidad y la actualización constante, pilares fundamentales para navegar en un entorno global cada vez más exigente y competitivo.

La labor de ATAGUA se cimenta en la premisa de que el intercambio de experiencias y la adopción de nuevas tecnologías son esenciales para mantener a nuestra industria a la vanguardia. En este sentido, nos complace enormemente ofrecerles un resumen de contenidos que ilustran esta visión.

En el ámbito agrícola, nos sumergimos en las aplicaciones de la tecnología de drones para la gestión de cultivos de caña. Este avance representa una verdadera revolución, ya que permite obtener datos precisos y en tiempo real sobre la salud de los cultivos, la eficiencia de los riegos, la detección temprana de plagas y enfermedades, y la optimización de la aplicación de insumos. La capacidad de monitorear grandes extensiones de terreno con una exactitud sin precedentes no solo se traduce en una toma de decisiones más informada y oportuna, sino que también impulsa una agricultura de precisión, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental.

Paralelamente, exploramos el efecto de la cal sobre la microbiología del jugo de caña, un tema crucial para garantizar la calidad y eficiencia en el proceso de producción de azúcar. La cal juega un rol fundamental en la clarificación del jugo, pero su impacto en la flora microbiana es un área de estudio continuo que puede influir significativamente en el rendimiento de la planta y la calidad del producto final.

Además de estos artículos técnicos especializados, encontrarán información de varias actividades como el campeonato de voleibol, la gira de campo en Ingenio La Unión y la gira Industrial a la Planta San Miguel de Horcalsa; a quienes agradezco por su hospitalidad y por compartir su experiencia con nosotros.

También aprovecho este espacio para extenderles una cordial invitación al XVI CONGRESO NACIONAL DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA –ATAGUA-. Este evento, que se realizará del 8 al 11 de septiembre de 2025 en el Hotel Soleil de Antigua Guatemala, promete ser un foro sin precedentes para la discusión y el intercambio de ideas bajo el lema "Por una industria de la caña más sostenible".

Este congreso es una oportunidad única para sumergirse en ponencias de alto nivel, establecer contactos valiosos con colegas de toda la región y explorar nuevas perspectivas que impulsarán la productividad y la sostenibilidad de sus operaciones.

En nombre de la Junta Directiva los invitamos a ser parte de este evento transformador, a nutrirse del conocimiento colectivo y a contribuir con sus propias experiencias. Su participación es fundamental para el éxito de este congreso y para el continuo crecimiento de nuestra industria.

¡Los esperamos en Antigua Guatemala para construir juntos el futuro de la caña!

Foto de la portada proporcionada por el Dr. Gerardo Espinoza de CENGICAÑA

Km. 92.5 Carretera al Pacífico
Sta. Lucía Cotzumalguapa,
Escuintla - Guatemala

(502) 5517-3978 / (502) 4295-4828

administracion@atagua.org

Secretaria@atagua.org



ARTÍCULO DE CAMPO

Tecnología de drones aplicados en el Cultivo de Caña de Azúcar

Por:

Lucía Padilla, Fernando Yuc, José Pérez, Wilintón Hernández y Guillermo Mendez **

Ingenio La Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala C.A.



- Sensores RGB
- Agentes biológicos
- *Trichogramma* spp
- *Diatraea* spp

R E S U M E N

El uso de drones en el cultivo de caña de azúcar permite mejorar la eficiencia y sostenibilidad mediante el uso de sensores RGB y multispectrales, que facilitan la detección temprana de estrés hídrico, deficiencias nutricionales, daños de plagas y otras anomalías. Los levantamientos topográficos con fotogrametría y sensores LiDAR generan modelos precisos del terreno que apoyan la planificación de riego, drenaje, caminos y manejo del campo. Además, los drones permiten la aplicación localizada y eficiente de insumos agrícolas, así como la liberación aérea de agentes biológicos para el control de plagas. Estas herramientas proporcionan información en tiempo real que optimiza la toma de decisiones y favorece una agricultura de precisión.

The use of drones in sugarcane cultivation enhances efficiency and sustainability through the use of RGB and multispectral sensors, which enable early detection of water stress, nutrient deficiencies, pest damage, and other anomalies. Topographic surveys using photogrammetry and LiDAR sensors generate accurate terrain models that support the planning of irrigation, drainage, roads, and overall field management. Additionally, drones allow for the localized and efficient application of agricultural inputs, as well as the aerial release of biological control agents for pest management. These tools provide real-time information that optimizes decision-making and promotes precision agriculture.

I N T R O D U C C I Ó N

En los últimos años, la incorporación de tecnologías emergentes en la agricultura ha impulsado una transformación significativa en la producción de cultivos estratégicos como la caña de azúcar. Entre estas tecnologías, el uso de drones agrícolas se ha consolidado como una herramienta clave para mejorar la eficiencia, reducir costos y promover prácticas más sostenibles.

Los drones en ingenio La Unión se iniciaron a utilizar en el año 2017, su uso ha ido incorporándose y evolucionando en los diferentes procesos agrícolas, dentro de estos sistemas los drones fotogramétricos con sensores RGB se utilizaron de forma inicial para detectar daños causados por plagas, enfermedades, sequías, inundaciones, betas de arena y compactación de suelos, entre otros factores factibles de detectar a simple vista, en la actualidad se poseen cámaras multispectrales, aerotransportadas en drones

las cuales permiten identificar problemas como el estrés hídrico, deficiencias nutricionales, anomalías, malezas y plagas, proporcionando datos valiosos para la toma de decisiones. El monitoreo multispectral captura imágenes en diferentes longitudes de onda, lo que permite detectar áreas del campo que presentan anomalías y que requieren intervención, antes de que los problemas sean visibles a simple vista. Los índices como el NDVI y NDWI generados con las imágenes capturadas con estos sensores facilitan la identificación de la salud de los cultivos y estado de humedad, mejorando la gestión de las cosechas y la eficiencia de los insumos.

La topografía convencional con sensores RGB aerotransportados en drones, se utiliza principalmente en zonas sin cobertura vegetal. A través de la fotogrametría, los drones permiten realizar levantamientos aéreos,

generando modelos digitales de terreno (MDT), curvas a nivel y orto mosaicos precisos. Estos datos son fundamentales para la planificación agrícola, permitiendo el diseño de drenajes, sistemas de riego, carreteras y la delimitación de lotes. La topografía con drones facilita la optimización del uso de los recursos y asegura una distribución más eficiente de los insumos.

En ingenio La Unión en los últimos años se ha avanzado en el ámbito de los levantamientos topográficos haciendo uso de sensores LiDAR (Light Detection and Ranging). Estos sensores, al emitir pulsos láser, permiten medir con gran precisión las distancias entre el sensor y el suelo, generando modelos de elevación detallados. LiDAR es particularmente útil en terrenos con complejidades orográficas, ya que proporciona datos más precisos y detallados que la fotogrametría convencional, y es ideal para áreas de difícil acceso o con vegetación densa.

La aspersión con drones ha transformado la aplicación de agroquímicos, permitiendo una distribución precisa de fertilizantes, pesticidas y herbicidas. Este enfoque reduce el uso innecesario de productos químicos, minimiza el impacto ambiental y mejora la cobertura de las áreas tratadas, sin generar compactación del suelo.

Finalmente, los drones liberadores de parasitoides, como *Trichogramma spp.*, ofrecen una solución biológica para el control de plagas como el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*). Esta tecnología complementa las estrategias de manejo integrado de plagas (MIP) al liberar organismos benéficos que controlan las plagas de manera natural, sin la necesidad de recurrir a productos químicos.

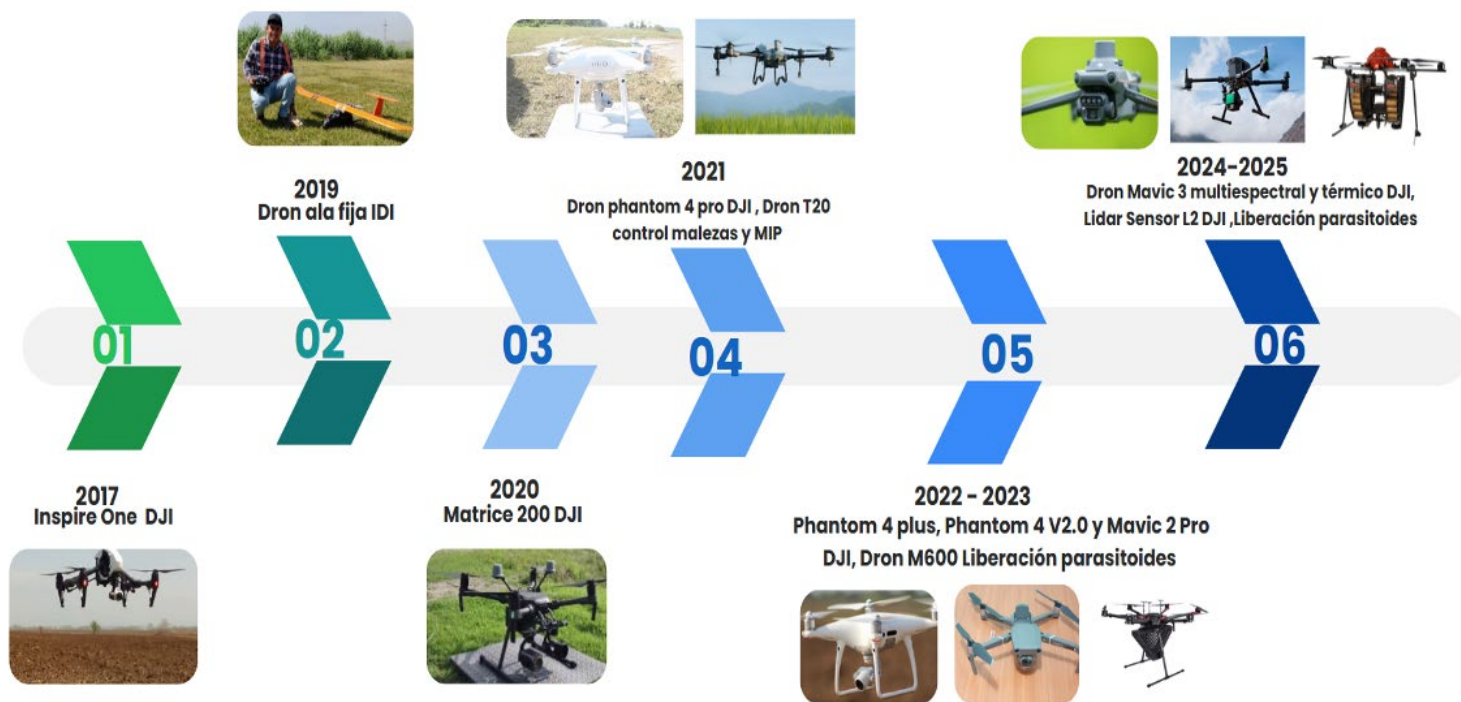


FIGURA 1: Proceso de implementación de drones Ingenio La Unión 2017 a 2025

Fuente: Elaboración propia, Geomatica - Teledetección ILU

¿QUÉ ES UN DRON?

Un dron, en términos simples, es un tipo de aeronave que no precisa de un piloto humano a bordo para volar. También se conoce como Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) en español, así como UAS por sus siglas en inglés (Unmanned Aircraft System) o bien UAV (Unmanned Aerial Vehicle) así como también puede encontrarse como RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) siendo esta última la manera más apropiada para nombrarlos.

Clasificación de drones

Los drones se clasifican en tres tipos principales: drones de rotor (*monorrotor o multirrotor*), drones de ala fija y drones híbridos (*Figura 2*). Los drones de rotor destacan por su capacidad de mantenerse en vuelo estacionario, ofreciendo gran estabilidad y maniobrabilidad en espacios reducidos, lo que los hace ideales para tareas que requieren precisión a baja altitud. Por otro lado, los drones de ala fija están diseñados para vuelos de larga distancia, a mayor velocidad y con un menor consumo energético, gracias a su eficiencia aerodinámica, lo que les permite operar durante más tiempo con una sola carga. Finalmente, los drones híbridos combinan las ventajas de ambos tipos: integran alas para mejorar la eficiencia en el vuelo y rotores para facilitar el despegue, aterrizaje y maniobras precisas, logrando así un equilibrio entre velocidad, autonomía y versatilidad operativa.



FIGURA 2: Tipos de drones

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.

Drones de rotor único

Convencional: genera la sustentación aerodinámica. Ángulo de la pala y no velocidad del motor, el centro de gravedad está en un punto.

Coaxial: rotores contra rotatorios, son una pareja de rotores girando en direcciones opuestas, pero montados sobre un único mástil, con el mismo eje de rotación, uno encima del otro.

Nano: Su estructura es más pequeña

Multirrotor



Convencional



Coaxial



Nano

Tricóptero: se compone de 3 rotores, los 3 brazos con la misma longitud que salen de la parte central del drone.

Cuadricóptero: Se compone de 4 rotores que ayudan al peso y balance generalmente son en forma de x.

Hexacóptero: Se compone de 6 rotores, ofrece más potencia, eficiencia y estabilidad. Los rotores están dispuestos en forma circular por encima del cuerpo principal.

Ala fija

Drone de pequeña envergadura: Posee una estructura simple, con una eficiencia aerodinámica alta que permite a la aeronave tiempos de vuelo más largos a una velocidad constan-



Tricóptero



Cuadricóptero



Hexacóptero

te.

Male: Altitud media largo alcance.

Hale: Altitud elevada largo alcance.

Híbrido

VTOL* ala fija: permite operar el sistema de manera completamente autónoma, volando como ala fija o como ala rotatoria, realizando la transición entre los modos a discreción de la operación, siendo posible incluso disponer de maniobras de despegue y aterrizaje diferenciadas



Dron de pequeña envergadura



Male



Hale

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU

para ambos modos de vuelo, aportando una mayor flexibilidad a la operación.

Alas orientables: dotados por alas fijas y empujados por dos motores de hélice que son orientables y las hélices con diferente paso



VTOL. Ala fija



Alas orientables



Motores orientables

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU

¿Cómo funciona un dron?

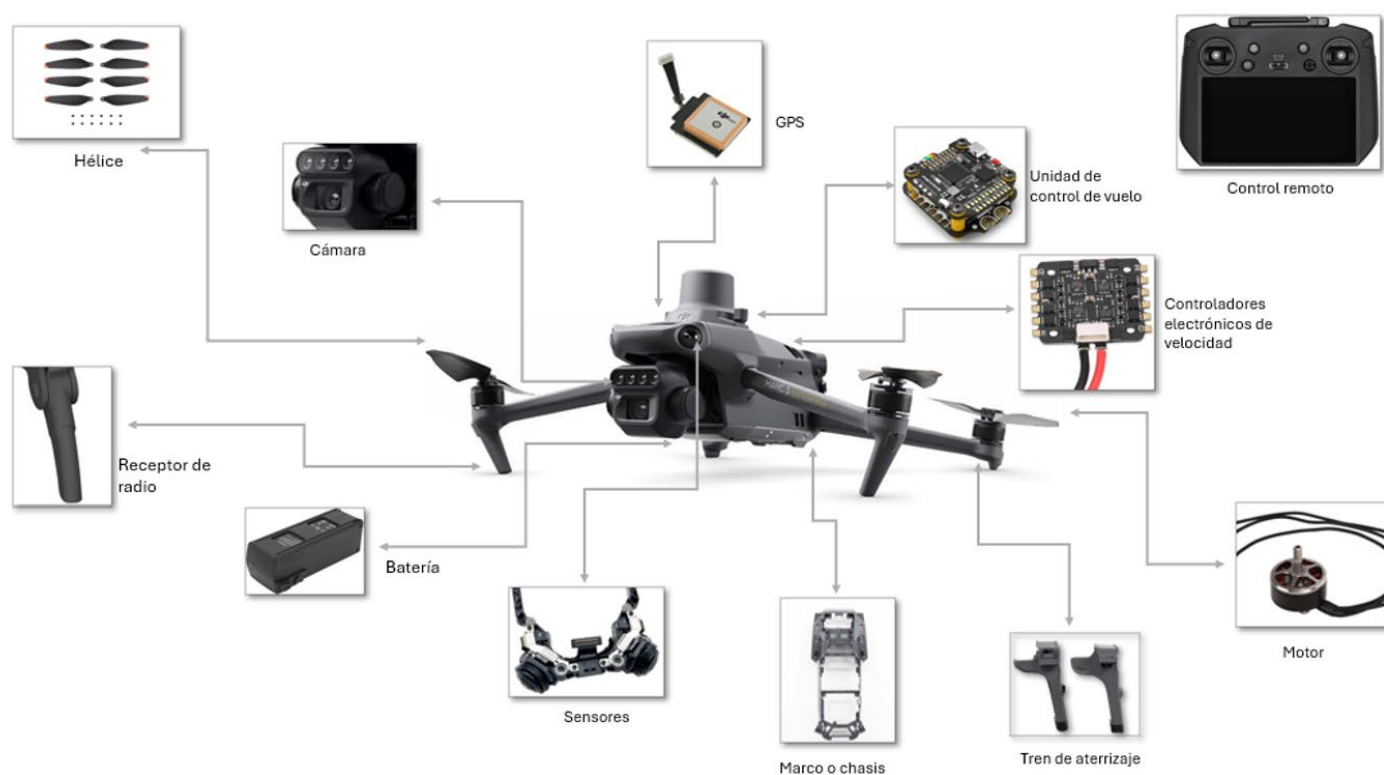
Los drones pueden volar gracias a sus sistemas de propulsión (*que pueden ser rotores, motores eléctricos y hélices, o motores de combustión interna*). Estos motores generan la fuerza necesaria para impulsar al dron en el aire, permitiéndole desplazarse en cualquier dirección.

En cuanto al control, los drones pueden ser controlados desde una ubicación distante por un operador humano utilizando dispositivos como un control remoto. Este control remoto permite al operador enviar comandos al dron para ajustar su velocidad, dirección, altitud y realizar diversas funciones, como activar cámaras, grabar video o ejecutar vuelos preprogramados.

También cuentan con sensores como GPS, giroscopios y acelerómetros para mantener su estabilidad y posición en el aire, así como para evitar obstáculos durante el vuelo.

FIGURA 4: Partes de un dron

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.



- 1) **Marco o chasis:** *Sostiene e integra todos los componentes del sistema (motores, hélices, FC, batería, cámara, etc.). Proporciona rigidez estructural, distribución equilibrada del peso y resistencia a las vibraciones. Generalmente fabricada en materiales ligeros y resistentes como fibra de carbono, aluminio o plásticos compuestos.*
- 2) **Motor:** *Componente responsable de hacer girar las hélices del dron, lo que a su vez genera la fuerza necesaria para mantener el dron en el aire.*
- 3) **Hélices:** *Componentes aerodinámicos rotativos acoplados a los motores, encargados de generar empuje mediante el desplazamiento de aire. Su diseño (diámetro, paso y número de palas) determina la eficiencia, estabilidad y capacidad de elevación del dron. Funcionan en pares contra rotativos para compensar el torque.*
- 4) **Unidad de control de vuelo (FC):** *Es el componente electrónico central de un dron, encargado de procesar los datos provenientes de los sensores para mantener la estabilidad y controlar el vuelo. Integra hardware y software que permiten la gestión de maniobras, navegación y respuesta a las condiciones del entorno. La FC incluye microcontroladores y sensores como acelerómetros, giroscopios y magnetómetros, los cuales permiten detectar movimientos, orientación y dirección. También se encarga de coordinar la comunicación con otros módulos, como el GPS, el sistema de control remoto y los controladores de velocidad (ESC).*
- 5) **Controladores electrónicos de velocidad (ESC):** *Un controlador electrónico de velocidad (ESC, por sus siglas en inglés) es un dispositivo que regula la velocidad, la dirección de giro y, en algunos casos, el frenado de un motor eléctrico. En los drones, los ESC son fundamentales para el control de los motores sin escobillas (brushless), ya que convierten la corriente continua (CC) de la batería en corriente alterna trifásica (CA) para alimentar estos motores. Cada motor del dron cuenta con un ESC que interpreta las señales de la unidad de control de vuelo (FC) y ajusta la potencia del motor en tiempo real, permitiendo maniobras precisas y estables durante el vuelo.*
- 6) **Receptor de radio:** *Dispositivo que recibe las señales de control del transmisor remoto y las envía a la unidad de control de vuelo (FC) para ejecutar las instrucciones del piloto. Funciona a través de frecuencias específicas (2.4 GHz, 5.8 GHz) y asegura la comunicación bidireccional entre el piloto y el dron.*
- 7) **Batería:** *Fuente de energía recargable, generalmente de LiPo (Litio-Polímero) o Li-ion (Ion de Litio), que suministra la electricidad necesaria para alimentar los motores, la unidad de control de vuelo y otros sistemas del dron durante el vuelo. Su capacidad se mide en mAh (miliamperios hora) y determina el tiempo de autonomía.*

- 8) **Cámara:** Dispositivo óptico-electrónico integrado al dron para la captura de imágenes y video aéreo. Puede ser RGB, multiespectral, térmica o 4K HD, según la aplicación (fotogrametría, vigilancia, inspección o videografía). Puede montarse en un gimbal estabilizado para mejorar la calidad visual.
- 9) **Sensores:** Dispositivos integrados que recopilan datos del entorno y del estado del dron, como posición (GPS), altitud (barómetro), orientación (IMU: giroscopio y acelerómetro), velocidad, temperatura, humedad y presión. Transmiten esta información a la unidad de control de vuelo para optimizar la estabilidad y navegación.
- 10) **Tren de aterrizaje:** Son las estructuras que sostienen el dron cuando está en tierra, y lo protegen durante el despegue y el aterrizaje.
- 11) **Control remoto:** Dispositivo de transmisión manual utilizado por el piloto para enviar comandos al dron mediante señales de radiofrecuencia (2.4 GHz o 5.8 GHz). Permite controlar funciones de vuelo como dirección, altitud, velocidad y, en algunos casos, la cámara o modos automáticos.
- 12) **GPS:** Módulo que permite al dron determinar su ubicación geográfica precisa mediante señales de satélites. Es esencial para funciones como navegación autónoma, retorno al punto de origen (RTH), mantenimiento de posición (position hold) y ejecución de vuelos preprogramados. Algunos sistemas incluyen soporte GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) para mayor precisión y estabilidad.

CASOS DE USO DE DRONES EN INGENIO LA UNIÓN

Aplicaciones de drones en la agricultura Ingenio La Unión 2017 – 2025

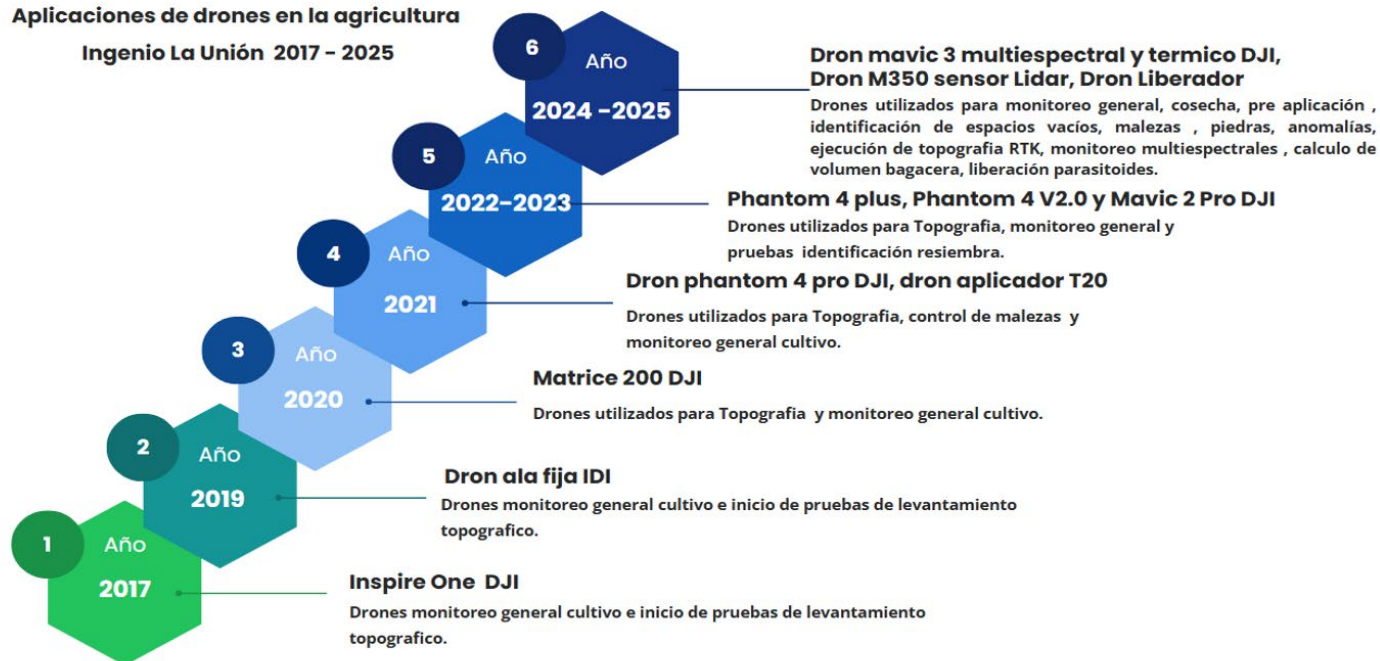


FIGURA 5: Aplicaciones de drones en la agricultura, Ingenio La Unión 2017 a 2025

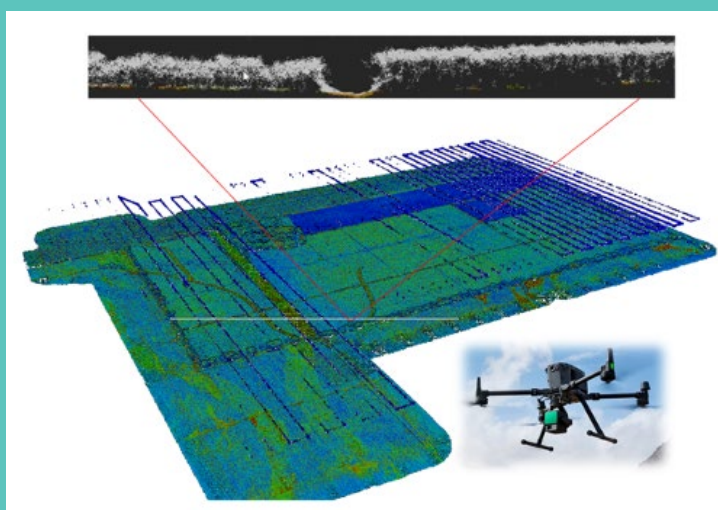
Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.

1. Uso de drones en la topografía

En ingenio La Unión se utilizó durante varios años métodos tradicionales para la recopilación de datos espaciales y topográficos, haciendo uso de herramientas como estaciones totales y teodolitos, para levantamientos altimétricos y planimétricos, en el año 2017, se incorporó el uso de drones Inspire 1 de la marca DJI, haciendo uso de estos dispositivos se inició el monitoreo aéreo de fincas y levantamientos altimétricos de baja precisión, abriendo la puerta a una recopilación de datos más rápida, eficiente y con mayor cobertura espacial, aunque aún con limitaciones en precisión y procesamiento, se

requería personal capacitado para operar el equipo y realizar mediciones manuales en campo, no era eficiente y preciso el proceso en esta etapa.

El año 2018 - 2022 se adquirieron drones Phantom 4 Pro, Phantom 4 pro v2, Matrice 200 DJI y un dron de ala fija de marca ID con el objetivo de obtener vuelos a gran escala, que tuvieran mayor resolución espacial y precisión, para obtener resultados de calidad era necesario recorrer el campo, colocando mantas como puntos de control georreferenciados mediante GPS RTK.

**Levantamiento topográfico****Cálculo de volumen****Levantamiento LiDAR****Figura 6: Usos de drones en la topografía**

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.

Durante el año 2023 – 2024, se realizó la obtención de drones M3 Multiespectrales DJI con modulo RTK, estos drones tienen la característica de poder conectarse a sistemas GNSS RTK , por lo que no es necesario instalar puntos de control en campo, se desarrolló un procedimiento que permite conectarse de forma directa a las antenas RTK de red geodésica de la agroindustria , obteniendo de esta forma mayor precisión en los levantamientos altimétricos y planimétrico, los cuales son utilizados en diseño de canales, lotes, acequias, cálculo de volumen y carreteras.

En el año 2024 - 2025, debido a la necesidad de obtener información topográfica de áreas con cobertura vegetal (*bosques o cultivos*), se tomó la decisión iniciar a utilizar sensores activos LiDAR, adquiriendo el servicio del dron Matrice 350 con sensor L2, esta tecnología permite captar hasta 600 puntos/m², logrando alcanzar tierra 12-50 puntos/m² dependiendo de la cobertura vegetal, facilitando creación de diferentes productos útiles, como curvas a nivel, mapas de pendiente, direcciones de escorrentía y zonas de acumulación de agua.

2. Uso de drones para el monitoreo del cultivo con sensores RGB y Multiespectral

El monitoreo del cultivo de caña de azúcar en ingenio La Unión se ha realizado con drones de la línea Inspire, Phantom y Mavic DJI, equipados con sensores RGB, desde el 2017 a la actualidad, lo cual ha permitido obtener imágenes aéreas de alta resolución que facilitan el seguimiento del desarrollo del cultivo de forma precisa y eficiente. A través de estas imágenes, se han generado ortofotomosaicos que permiten identificar la cobertura vegetal, anomalías en el crecimiento, evaluar daños por maquinaria o fenómenos climáticos, y detectar la presencia de malezas o plagas visibles. Aunque los sensores RGB capturan únicamente el espectro visible (*rojo, verde y azul*), su bajo costo y facilidad de uso los convierten en una herramienta accesible para los agricultores. Además, mediante el uso de índices de vegetación basados en RGB y técnicas de procesamiento digital de imágenes, es posible obtener información útil para la toma de decisiones en campo, optimizando recursos y mejorando el rendimiento del cultivo.



Figura 7: Monitoreo del cultivo con sensor RGB en caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia, Geomática Teledetección ILU.

Uso de sensores RGB para monitoreo en Caña de azúcar

Monitoreo de daños foliar por chinche salivosa

Calculo y monitoreo de quemas criminales

Monitoreo de homogeneidad de fertilización

Monitoreo y cálculo de áreas inundadas

Seguimiento desarrollo del cultivo

Monitoreo con sensor Multiespectral

El monitoreo del cultivo de caña de azúcar en ingenio la Unión con sensores multiespectrales inicio en el año 2024, con el dron Mavic 3 con sensor Multiespectral DJI. Este tipo de sensor capta información en bandas más allá del espectro visible, como el infrarrojo cercano (NIR), lo que permite analizar aspectos fisiológicos del cultivo que no pueden observarse con cámaras RGB convencionales. Gracias a esta capacidad, es posible estimar con mayor precisión el vigor vegetal, el contenido de clorofila, el estrés hídrico y la eficiencia fotosintética de la caña de azúcar. Mediante la generación de índices de vegetación como el NDVI (*Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada*), NDWI (*índice de Diferencia Normalizada de Agua*), GNDVI o NDRE, los productores pueden identificar zonas con bajo rendimiento, tomar decisiones localizadas sobre fertilización, riego o control de plagas. Esta tecnología mejora la gestión agronómica del cultivo, reduce costos operativos y contribuye a un manejo más sostenible y rentable del cultivo.

Figura 8: Índices vegetativos obtenidos con sensor multiespectral

Fuente: Elaboración propia, Geomática Teledetección ILU.



3. Uso de drones e inteligencia artificial

Detección de espacios vacíos con imágenes de dron e IA

En ingenio La Unión durante el año 2022 se ejecutaron las primeras pruebas para detección de espacios haciendo uso de imágenes drones e inteligencia artificial (IA), posteriormente en el año 2024 se mejoró el algoritmo en precisión y exactitud, procediendo a realizar la primer prueba semi comercial de esta técnica avanzada que permite identificar automáticamente zonas sin plantas o con fallas de germinación, lo cual es especialmente útil en cultivos como la caña de azúcar, donde la uniformidad del establecimiento inicial impacta directamente en el rendimiento.

FIGURA 10: Proceso detección de áreas con maleza, con imágenes de Dron e IA

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.

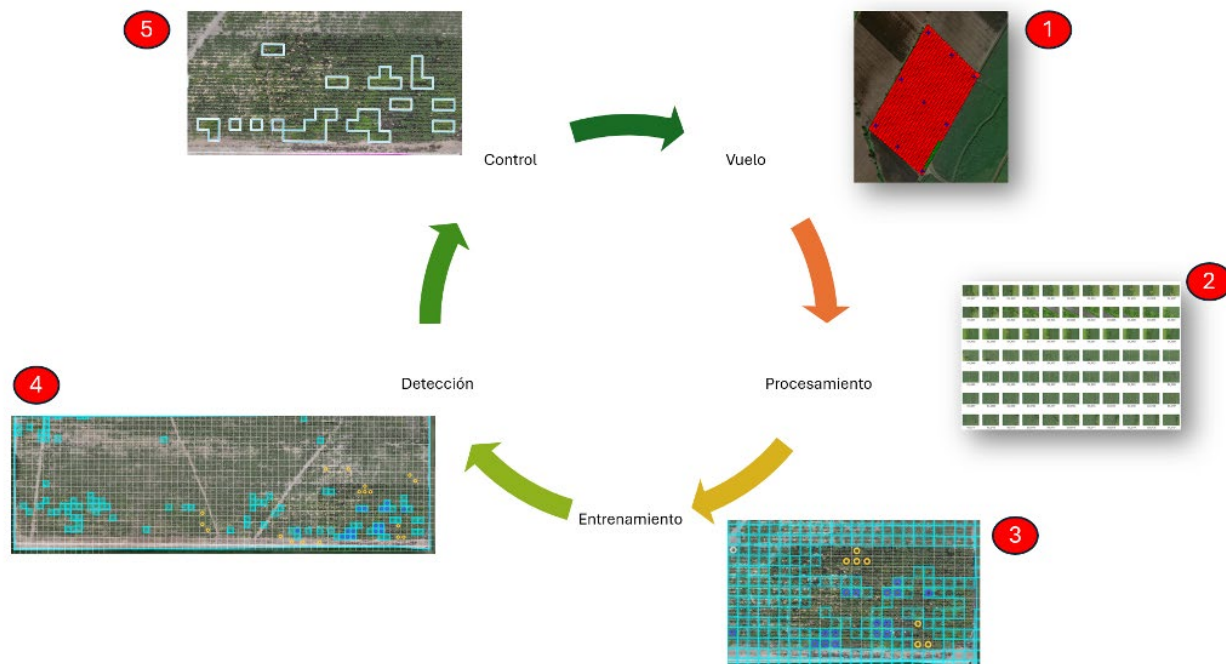


FIGURA 11: Beneficios de los drones en aplicaciones aéreas

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.



Detección de piedras

Durante la cosecha de caña de azúcar, la presencia de piedras en el campo representa un riesgo importante para la maquinaria agrícola, ya que puede causar colisiones que afectan su funcionamiento, generan altos costos de reparación y provocan retrasos operativos. Esta problemática impacta directamente en la eficiencia del proceso de cosecha. Como medida preventiva, se ha implementado una estrategia de detección temprana de piedras utilizando imágenes aéreas captadas por drones. Los vuelos se realizan pocos días después del corte, cuando el terreno está despejado y sin vegetación alta, lo que permite una visualización clara de objetos extraños en la superficie.

Las imágenes recolectadas se procesan en forma de ortofotomosaicos y se analizan mediante técnicas automatizadas como visión por computadora e inteligencia artificial, con el objetivo de identificar la ubicación de las piedras. A partir de este análisis, se generan mapas georreferenciados y archivos en formatos KMZ y Shapefile que son utilizados por el personal de campo para planificar su extracción de manera oportuna. Se espera que esta tecnología que está en constante desarrollo contribuya a prevenir daños a la maquinaria, reducir interrupciones en la operación y mejora significativamente la eficiencia en la cosecha de caña de azúcar.

FIGURA 12: Detección de área con piedra ►

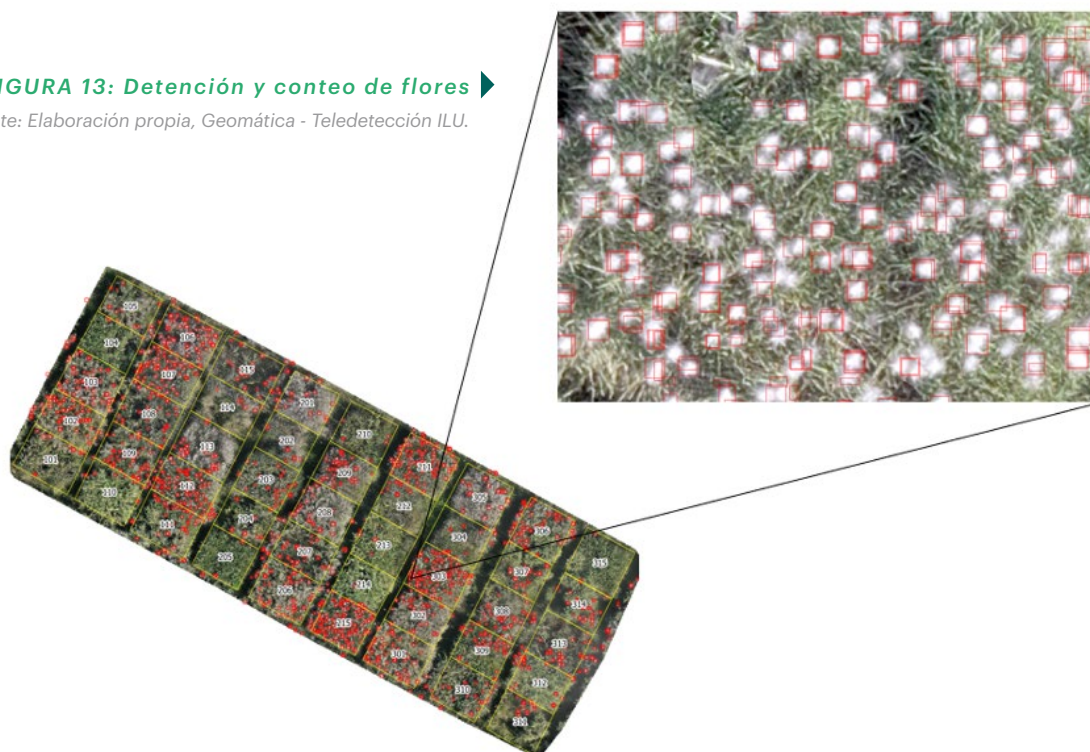
Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.



La detección y conteo de flor mediante imágenes de dron e inteligencia artificial permite estimar con precisión la floración en cultivos agrícolas. A través de vuelos programados durante el periodo de floración y el análisis automatizado de las imágenes, se identifican y cuantifican las flores en el campo. Esta técnica mejora la eficiencia, reduce el trabajo manual y proporciona información geoespacial útil para la toma de decisiones agronómicas, utilizado específicamente en procesos de investigación agrícola.

FIGURA 13: Detección y conteo de flores ►

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.



Distribución de control biológico con dron

En el cultivo de caña de azúcar, el uso de drones para la distribución de agentes de control biológico, como *Trichogramma* spp., ha demostrado ser una estrategia eficiente para el manejo de plagas como el barrenador (*Diatraea* spp.). Esta tecnología permite liberar los insectos benéficos de forma uniforme, rápida y precisa, incluso en terrenos de difícil acceso. Con ello se optimiza la cobertura del control, se reducen los costos operativos y se minimiza el impacto ambiental, fortaleciendo un enfoque sostenible en la protección del cultivo.

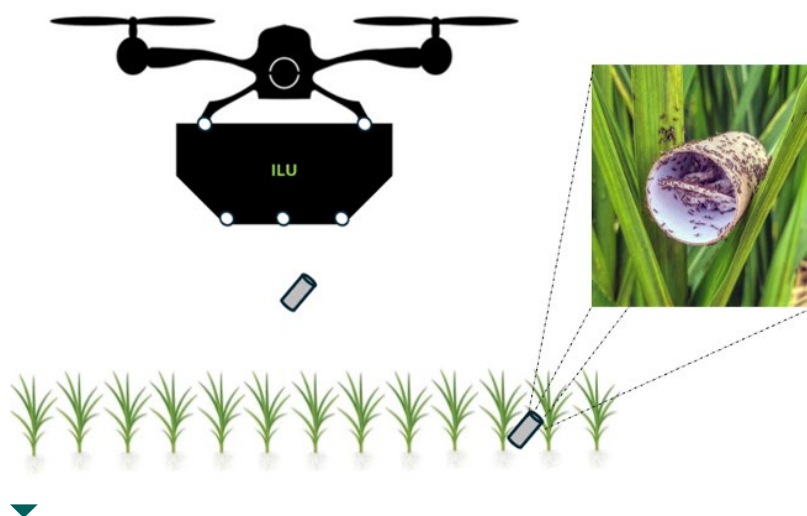


FIGURA 14: Control biológico mediante distribución de tubetes biodegradables con dron

Fuente: Elaboración propia, Geomática - Teledetección ILU.

Perspectiva a futuro del uso de los drones en la agricultura

El uso de drones en la agricultura ya ha logrado avances significativos, pero el potencial de innovación e integración es enorme. A medida que la tecnología continúa evolucionando, los drones prometen transformar aún más las prácticas agrícolas. Sin embargo, junto con las emocionantes posibilidades, es necesario abordar varios desafíos para su adopción generalizada y su implementación exitosa.

Posibilidades futuras de los drones en la agricultura

Los avances en inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático han permitido que vehículos aéreos no tripulados operen de forma autónoma, ejecutando tareas agrícolas complejas sin intervención humana. Entre estas funciones se incluyen la monitorización de cultivos, la detección de inundaciones, quemas ilegales, espacios sin sembrar y el control de malezas, plagas y enfermedades. Esta autonomía representa un cambio significativo en la eficiencia y escalabilidad de las operaciones agrícolas. Gracias a sensores avanzados y tecnologías de imagen de alta resolución, estas plataformas aéreas pueden ofrecer análisis en tiempo real sobre el estado de los cultivos. Esto facilita la detección temprana de enfermedades y permite una respuesta oportuna, mejorando significativamente la prevención y el manejo de riesgos. Con el continuo desarrollo tecnológico, también se vuelve cada vez más viable identificar con precisión síntomas específicos de enfermedades, deficiencias nutricionales o focos de infestación.

Además, tienen el potencial de convertirse en sistemas de entrega eficientes para insumos agrícolas como semillas, fertilizantes o agentes biológicos, incluidos insectos benéficos. Su capacidad para realizar aplicaciones precisas permite optimizar el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental de los métodos tradicionales. Estas herramientas también pueden integrarse con otras tecnologías emergentes, como imágenes satelitales, sensores IoT (Internet de las Cosas) y plataformas de análisis de datos. Esta combinación mejora la precisión, rapidez y cobertura en la recopilación y procesamiento de información, permitiendo a los productores tomar decisiones más informadas y sostenibles.

Desafíos en la adopción de la tecnología de drones

- **Marcos regulatorios y preocupaciones de seguridad:** *El uso de drones en la agricultura está sujeto a diversas regulaciones y restricciones del espacio aéreo. Garantizar el cumplimiento de estas regulaciones, así como abordar las preocupaciones de seguridad relacionadas con el vuelo de drones cerca de personas e infraestructuras, sigue siendo un desafío que debe superarse para su adopción generalizada.*

- **Consideraciones de costo:** Si bien el costo de la tecnología de drones ha disminuido con el tiempo, aún representa una inversión significativa para muchos agricultores, especialmente en operaciones a pequeña escala. Abordar los aspectos de costo-efectividad y retorno de la inversión será crucial para fomentar una adopción más amplia.
- **Gestión y análisis de datos:** Los drones generan grandes cantidades de datos, lo que requiere sistemas robustos de gestión y análisis de datos. Los agricultores necesitan herramientas y plataformas fáciles de usar que puedan procesar e interpretar eficientemente los datos generados por drones, transformándolos en información útil para la toma de decisiones.
- **Mano de obra calificada y capacitación:** Operar drones y aprovechar al máximo su potencial requiere conocimientos y habilidades especializados. Garantizar que los agricultores y profesionales agrícolas reciban la capacitación y educación adecuadas para utilizar eficazmente la tecnología de drones es esencial para su integración exitosa en las prácticas agrícolas.

CONCLUSIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados, comúnmente conocidos como drones, se han consolidado como herramientas transformadoras en la agricultura, revolucionando múltiples aspectos de las prácticas agrícolas modernas. Desde la monitorización y gestión de cultivos hasta la cartografía, topografía, diseño de campo, gestión hídrica, aplicación de agro insumos y liberación de agentes biológicos, estas tecnologías ofrecen capacidades inigualables que mejoran la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad del sector. Gracias a su perspectiva aérea y a la incorporación de sensores avanzados, los drones proporcionan información detallada y precisa sobre el estado de los cultivos, las condiciones del suelo y los recursos hídricos. Estos datos permiten a los productores tomar decisiones informadas, optimizar el uso de insumos y aplicar intervenciones específicas, lo que se traduce en mayores rendimientos, menor desperdicio de recursos y mejores prácticas de manejo agronómico. El potencial futuro de esta tecnología en la agricultura es amplio. Con el avance continuo de la inteligencia artificial, la automatización y la integración con otras tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y plataformas de análisis de datos, los drones están cada vez más cerca de convertirse en sistemas autónomos capaces de evaluar la salud de los cultivos, ejecutar aplicaciones precisas y contribuir a una agricultura más inteligente y sostenible. No obstante, para lograr una adopción generalizada y una implementación exitosa en cultivos como la caña de azúcar, es necesario superar diversos desafíos. Entre ellos se encuentran los marcos regulatorios, los costos de inversión, la gestión eficiente de los datos generados, la disponibilidad de personal capacitado y la aceptación social de estas tecnologías. Superar estas barreras requiere la colaboración entre productores, instituciones, desarrolladores tecnológicos y autoridades regulatorias, así como una inversión constante en investigación, capacitación e innovación, promoviendo un uso seguro, ético y responsable de estas herramientas.

ARTÍCULO DE FÁBRICA

Efecto de la cal sobre la microbiota dextranogénica y no dextranogénica en jugos de caña

Por:

Osbel Núñez,

Bioquímico-microbiólogo,
Coordinador OptimiSA



• Actividad microbiológica

• Dextranogénicos

• No dextranogénicos

INTRODUCCIÓN

Reducir la actividad microbiológica y sus efectos es un objetivo permanente en la agroindustria azucarera, para lo que se han propuesto numerosos procedimientos, entre ellos, la aplicación de desinfectantes o biocidas con diferentes principios activos y procedimientos para su empleo. Sin embargo, con la aplicación de biocidas se originan algunas dificultades y/o interrogantes que deben considerarse.

Una limitación importante procedente de los sistemas de gestión de inocuidad es la restricción a la concentración que puede aplicarse en jugos; esto genera duda sobre la suficiencia de esa mínima proporción permitida para un efecto significativo en la microbiota presente. Pero lo más cuestionante, es la pertinencia del procedimiento en sí, generalmente utilizado: *goteo sobre la masa de caña en la etapa de preparación previo a la molienda o sobre los jugos circulantes en alguna parte del área de molinos.*

Para un acercamiento al tema, es muy importante conocer la dinámica de crecimiento microiológico en al área. Ensayos y mediciones sistemáticas durante varios años han demostrado que el crecimiento más significativo no se produce a partir de la microbiota procedente de la caña que corre ininterrumpidamente inmersa en el jugo desde que es extraído hasta la entrada en los calentadores o tratamientos de sulfitación y/o alcalización. Sin embargo, la biodegradación significativa ocurre cuando los jugos -la caña, los lodos, u otros productos- son retenidos, sea por el diseño de equipos y conductores, o problemas operativos como obstrucción, paradas o bypasseos de secciones del flujo habitual; también hay crecimiento ostensible de actividad microbiológica en el bagacillo húmedo acumulado, y sobre todo, en las biopelículas de polisacáridos adheridas a las superficies de los diferentes órganos de la planta de moler. (Núñez, 2016; Núñez y Gutierrez, 2021).

Cabe entonces preguntarse: *¿que objetivo tiene el goteo de un biocida, cuando la microbiota que se supone debe eliminar o al menos reducir, va a ser aniquilada casi en su totalidad entre los 4-10 minutos siguientes por el propio proceso? ¿no sería más útil y racional, en vez de hacer ese gasto muy probablemente innecesario, reservar el biocida para aplicar en aquellos escenarios en los cuales no es posible otra solución al problema de la retención?* Es en estos últimos donde, racionalizando su uso, se mantiene la necesidad de usar los biocidas en determinados escenarios operativos y/o temporales.

Otra consideración importante, es la naturaleza del biocida. La creciente demanda de alimentos sanos originan restricciones paulatinas al uso de productos químicos industriales, sobre todo cuando sus complejas estructuras moleculares, son difíciles de degradar y resultan tóxicas a

las células en los tejidos de los seres vivos. Se impone, por tanto, encontrar productos inocuos que tengan acción biocida, y mejor aún si su costo es mínimo.

De forma empírica y sin evaluación de resultados conocida hasta el momento, una práctica bastante arraigada en muchos ingenios es distribuir cal o lechada de cal sobre los productos o en las instalaciones, con fines desinfectantes. Por otra parte, con otros objetivos, también se han desarrollado experiencias de precalización en algún punto del jugo diluido; aunque algunos problemas operativos, y de interferencia en la actividad de control del laboratorio, posiblemente han influido en que esta práctica no se consolide. La consideración de que la cal comercial es un producto inorgánico simple de amplio uso en el proceso azucarero, y probablemente la cantidad añadida en etapas anteriores se compensa por ahorro en la alcalización, lo que reduce o anula el costo de usarla como biocida, hace atractiva la posibilidad de usarla en lugar de los biocidas tradicionales cuyo uso está siendo crecientemente objetado. Por esto, se hace necesario la determinación del potencial del producto en este sentido, y obtener la información suficiente como base para ensayos posteriores a nivel fabril. En ese sentido, el objetivo de este trabajo fue probar el efecto de la cal sobre la microbiota dextranogénica y no dextranogénica en el jugo diluido.

La microbiota productora de dextrano (dextranogénica), a pesar de ser representada por un pequeñísimo número de géneros de la familia Leuconostocaceae, y desempeñarse con desventaja de economía energética en su ruta metabólica de la sacarosa, mantiene una densidad muy similar al del grupo de los no dextranogénicos que incluye una infinidad de géneros y especies. Esta particularidad se debe a la ventaja selectiva de la producción de biopelículas, verdaderas matrices de

implantación, mantenimiento, resistencia y desarrollo, que hacen a los dextranogénicos el grupo particular de mayor atención para la actividad de reducción del efecto de la actividad microbiológica en los jugos, adicionalmente a los efectos dañinos de su metabolito principal, el dextrano, en todos los pasos del proceso (*Antier 1996; Hernandez, 1986; Leather 2008; Núñez y cols, 2014; Núñez y Gutierrez, 2021*)

A pesar de que ambos grupos -dextranogénicos y no dextranogénicos- son sacarolíticos, es decir metabolizadores de la sacarosa, es muy conveniente en un estudio de medios o métodos de remoción microbiológica hacer la distinción con la respuesta de cada grupo por separado ante el agente biocida, lo que es un objetivo paralelo del presente ensayo.

Una manera de medir la acción de un agente biocida es la reducción decimal, procedimiento que proviene de la industria alimentaria, sobre todo para la reducción de células vivas mediante el calor. Por ejemplo: el tiempo de reducción decimal, es el tiempo necesario para destruir el 90% de la población de un determinado microorganismo a una temperatura dada, y se ha usado como modelo de inactivación bacteriana dado que puede ser extrapolado a un proceso industrial (*Lee and Kaletunc, 2002; Vasan et al., 2013*). En este trabajo se usará como referencia para evaluar el efecto de las concentraciones de cal y el tiempo de contacto con la microbiota del jugo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método general fue evaluar el efecto de la cal en la microbiota del jugo mezclado durante tres horas de contacto, mediante los recuentos de Unidades Formadoras de Colonias y la determinación de la remoción absoluta y con respecto al crecimiento microbiológico.

Matriz:

Muestras de jugo mezclado obtenidas con el método usado en el Laboratorio de Fábrica.

Fuentes de Variación:

Concentración de cal en jugo, Tiempo de contacto, Densidad microbiológica en UCF/cm³ inicial de la muestra, Microbiota Dextranogénica y No Dextranogénica.

Tratamientos:

Concentraciones de Cal en jugo aplicadas: 2,0; 2,5; 5,0 y 10,0 g/dm³

Tiempos de contacto: Inicial (aproximadamente 10 minutos. Como no es exacto debido a que varía según el tiempo de preparación y procesamiento de muestra, por convención se informó como 0); Una, y tres horas.

Medición:

Inoculación de jugo en medios de cultivos diferentes para recuentos por separado de microorganismos dextranogénicos (medio de producción propia) y no dextranogénicos (Agar Plate Count, APC).

Conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) a las 24 horas, expresadas finalmente como UFC/cm³ de jugo.

Determinación de la Remoción en cada uno de los casos.

Determinación de Proporción de Remoción de densidad microbiológica expresada en % con respecto al inicio (absoluta) y con respecto al crecimiento (Cuanto dejó de incrementarse por la acción de la cal, o lo que es lo mismo, ralentización del crecimiento)

$$\text{Remoción (\%)} = 100(\text{UFCt} - \text{UFCm})/\text{UFCt}$$

Donde UFCt es la densidad microbiológica de referencia o testigo y UFCm es la densidad microbiológica de la muestra tratada durante el tiempo de contacto.

Para Remoción absoluta: UFCt es la densidad microbiológica del testigo sin tratar en el momento inicial (tiempo=0 horas).

Para Remoción con respecto al crecimiento o ralentización: UFCt es la densidad microbiológica del testigo sin tratamiento en el mismo tiempo de contacto que la muestra medida.

En total se trabajó con 4 valores de concentración de cal/jugo, 8 corridas con diferentes valores iniciales de densidad microbiológica, medidas a 3 tiempos diferentes, inoculadas a dos concentraciones diferentes en el medio de cultivo, dos medios de cultivos para diferenciar dextranogénicas (D) y no dextranogénicas (ND); y siempre el testigo sin cal (T) y la muestra tratada con cal (A) para un total de 192 mediciones.

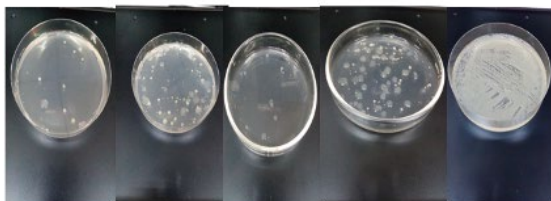
1. Recuentos microbiológicos en muestras testigos, aplicadas con diferentes dosis de cal y medidos a diferentes tiempos

Medio con cultivos de dextranogénicos

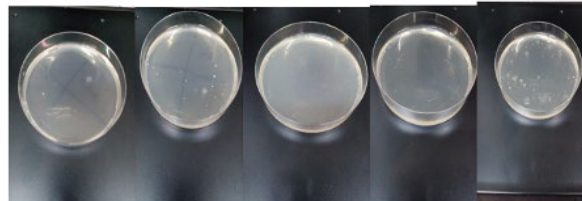
Testigo: sin cal

Aplicado: con cal

0 h 10^{-5} 0 h 10^{-4} 1 h 10^{-5} 1 h 10^{-4} 3 h 10^{-4}



0 h 10^{-5} 0 h 10^{-4} 1 h 10^{-5} 1 h 10^{-4} 3 h 10^{-4}



0 H 10^{-4} , Sin Cal y Con Cal



1 H h 10^{-4} Sin Cal y Con Cal



3 h 10^{-4} Sin Cal y con Cal

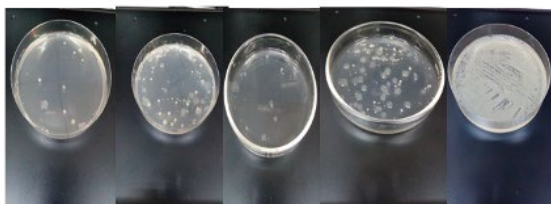


Medio con cultivos no dextranogénicos

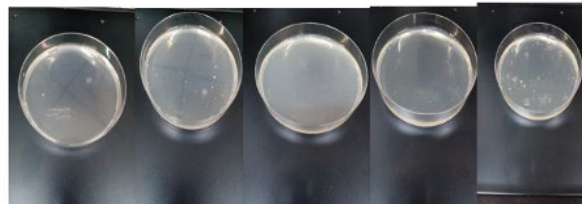
Testigo: sin cal

Aplicado: con cal

0 h 10^{-5} 0 h 10^{-4} 1 h 10^{-5} 1 h 10^{-4} 3 h 10^{-4}



0 h 10^{-5} 0 h 10^{-4} 1 h 10^{-5} 1 h 10^{-4} 3 h 10^{-4}



0 H 10^{-4} , Sin Cal y Con Cal



1 H h 10^{-4} Sin Cal y Con Cal



3 h 10^{-4} Sin Cal y con Cal



FIGURA 1: Fotos de placas con cultivos dextranogénicos y no dextranogénicos, testigos y tratados con cal a diferentes concentraciones.

En la figura 2, se muestran los resultados de los recuentos microbiológicos en placa por tipo de microbiota.

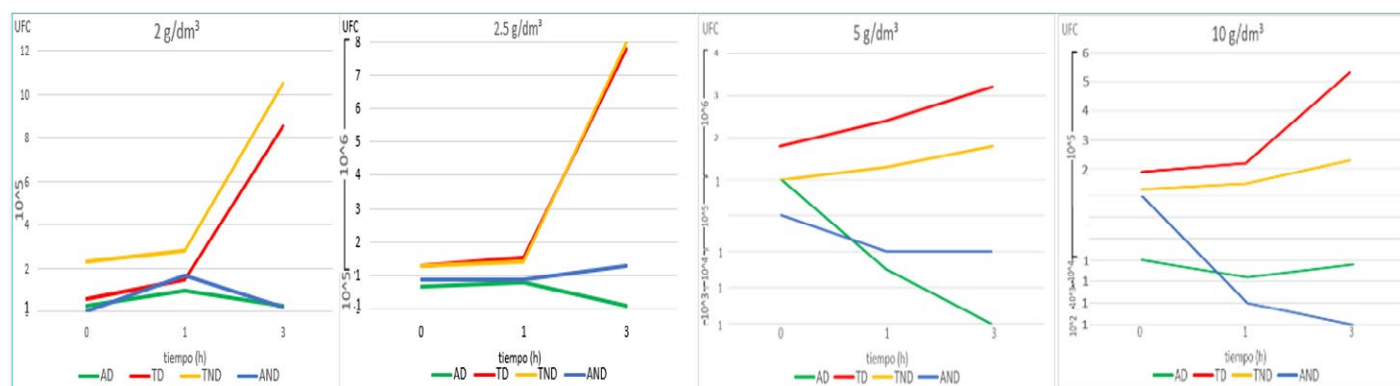


FIGURA 2: Recuento microbiológico de bacterias dextranogénicas y no dextranogénicas en muestras testigos y con aplicación de cal a diferentes dosis y hasta 3 horas de aplicación. Expresado como Unidades Formadoras de Colonias (UFC/dm³ de jugo)

Las líneas con color rojo y naranja representan el testigo -no aplicado – de los recuentos de dextranogénicos (TD, línea roja) y no dextranogénicos (TND, línea naranja), mientras que las líneas verde y azul representan los mismos recuentos en la muestra paralela aplicada: dextranogénicos (AD, línea verde) y no dextranogénicos (AND, línea azul).

Se observa como los recuentos de las muestras aplicadas decrecen con respecto al testigo desde los primeros minutos hasta las tres horas, lo que demuestra el efecto inhibitorio de la cal sobre la microbiota de los dos grupos estudiados, efecto que se incrementa con la concentración de cal empleada. Otro aspecto es el análisis de lo que ocurre con respecto a la densidad microbiológica original, que en el caso de las concentraciones de cal mas bajas, se mantiene, o aún se incrementa a la hora y 3 horas respectivamente, mientras se reduce francamente en las concentraciones de 5 y 10 g/dm³.

Estos resultados son mejor mostrados e interpretados al expresarlos como logaritmos, por lo que se reiteran expresados de esta forma en la figura 3.

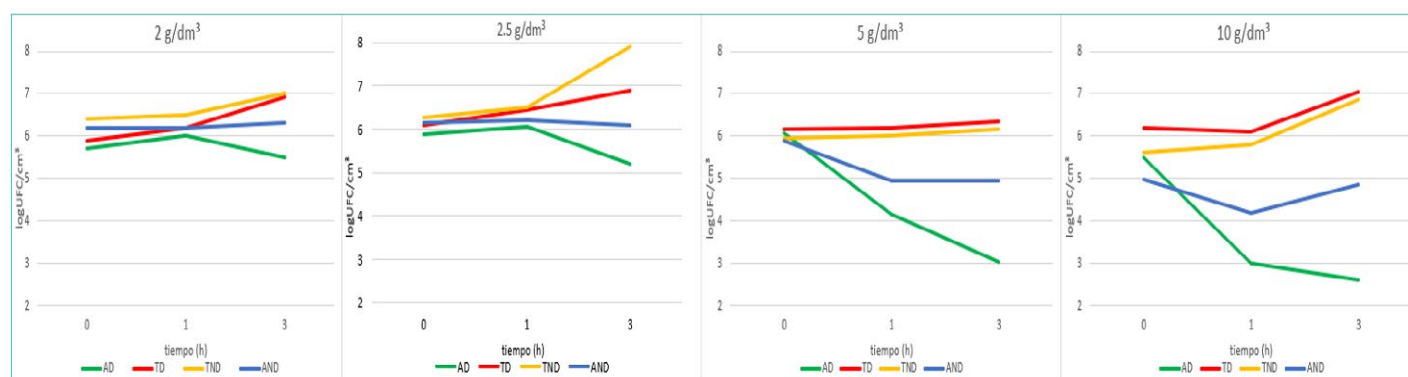


FIGURA 3: Recuento microbiológico de bacterias dextranogénicas y no dextranogénicas en muestras testigos y con aplicación de cal a diferentes dosis y hasta 3 horas de aplicación. Expresado como logaritmos de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC/dm³ de jugo).

Para mayor ilustración en la figura 4 se muestran las diferencias de recuentos obtenidos entre la muestra aplicada y la testigo para cada uno de los grupos (*verde- dextranogénicas, azul-no dextranogénicas*). Al expresar las diferencias entre recuentos como logaritmos, el valor 1 es la referencia obligada, ya que lo deseable es lograr las remociones decimales, que es cuando se elimina el 90% de las células vivas presentes.

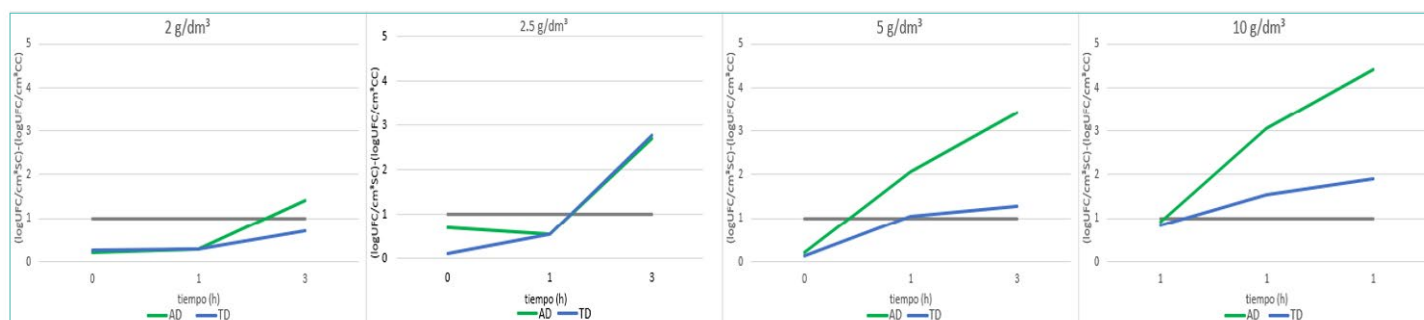


FIGURA 4: Diferencia entre muestras testigos y aplicadas en los recuentos a diferentes concentraciones de dextranogénicos y no dextranogénicos.

En las concentraciones hasta 2,5 g/dm³ se logran reducciones decimales, solamente en el tiempo de contacto de 3 horas, aunque interesaría conocer cuando se alcanza ese valor en las dos horas intermedias entre la primera y la tercera hora. Para las concentraciones de 5 y 10 g/dm³ la reducción decimal se alcanza a la hora, para ambos grupos; en este escenario quedarían también interrogantes: *¿en que tiempo después de la aplicación se alcanza la reducción decimal antes de la hora de contacto? ¿Cuál es el comportamiento en concentraciones entre 2,5 y 5 g/dm³, que son las probadas en este ensayo? ¿Cuál sería el resultado con interacción de ambos factores?*

Es muy significativo que para el grupo de los dextranogénicos la diferencia es mucho mayor, alcanzándose remociones centésimales (99% y 99,9%) a la hora de contacto, indicando que fue mucho más intenso el efecto de la cal para este grupo.

2. Remoción absoluta (respecto a densidad original) y relativa al crecimiento (ralentización)

Con vistas a la expectativa cuando se aplique el producto a escala industrial, es importante conocer el comportamiento en el tiempo de contacto con respecto a la densidad microbiológica original, cuya remoción se puede denominar como **remoción absoluta**; en comparación, es igualmente importante, conocer dicho comportamiento, no ya a la densidad original, sino con respecto a la densidad microbiológica que tendría si no se hubiera aplicado el producto en el tiempo de contacto, lo que podría denominarse **ralentización del crecimiento**.

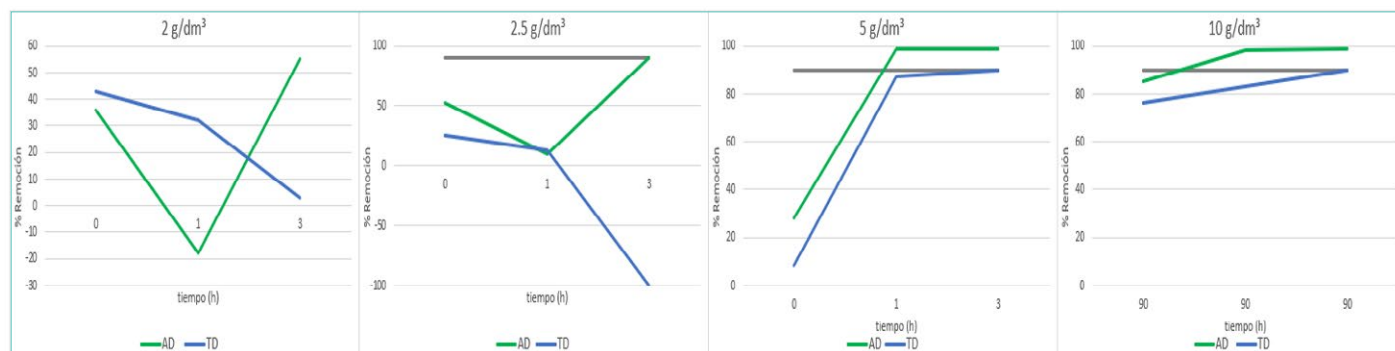


FIGURA 5: Remoción absoluta para la microbiota dextranogénica y ni dextranogénica a diferentes concentraciones de cal y a diferentes tiempo de contacto.

En la figura 5, se muestra el comportamiento de la remoción absoluta para cada grupo y concentración de cal. Debido a que en las concentraciones de 2 y 2,5 g/dm³, no solo no hubo remoción microbiológica, sino que hubo crecimiento aún en la presencia de la cal, la remoción alcanzó valores negativos, y en general fue errático su comportamiento. La remoción absoluta fue significativa en las concentraciones de 5 y 10 g/dm³, ratificando todos los comentarios anteriores para este indicador; incluso se ratifica, como muy significativo que la microbiota dextranogénica resultó mas sensible a la cal, lo cual es una excelente noticia dados los daños que la misma ocasiona.

La ralentización del crecimiento se obtuvo en todas las concentraciones como se muestra en la figura 6, y en correspondencia con los resultados anteriores, fue mayor con el incremento de la concentración del biocida, y siempre más intensa en la microbiota dextranogénica.

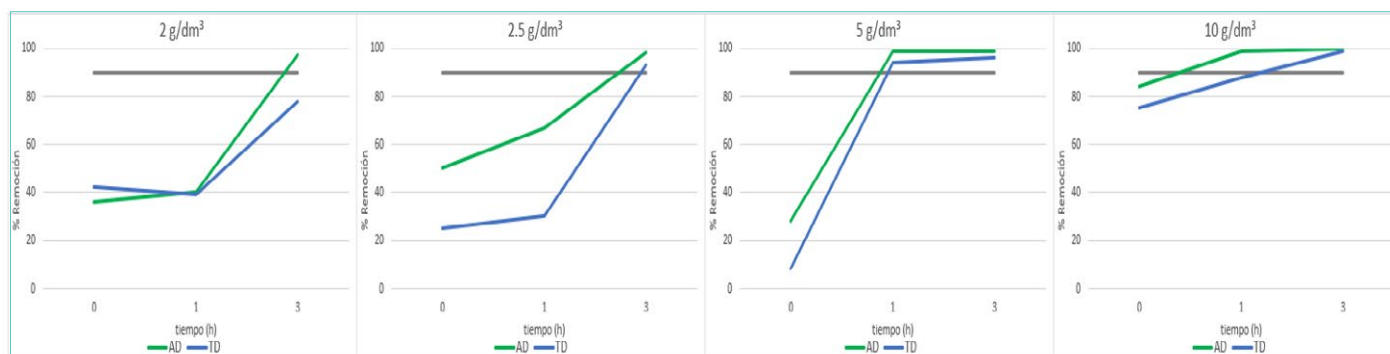


FIGURA 6: Ralentización del crecimiento para la microbiota dextranogénica y no dextranogénica a diferentes concentraciones de cal y a diferentes tiempo de contacto.

3. Comentario final y valoración

El tratamiento con cal fue efectivo en todas las concentraciones estudiadas, ralentizando el crecimiento, e incrementando el efecto según se elevó la concentración de cal y/o el tiempo de contacto.

En las concentraciones 2,0 y 2,5 g/dm³, la remoción absoluta es errática. Esto indica que a esta concentración no se puede garantizar la reducción de la densidad microbiológica, más bien, la microbiota crece con respecto a los valores originales, y la ralentización en general fue menor a la reducción decimal.

A las concentraciones de 5,0 y 10,0 g/dm³ siempre se obtuvo remoción absoluta y altos valores de ralentización del crecimiento, a veces con reducciones decimales, centesimales, o incluso, mayores.

Merece un comentario especial, que en todos los casos se observó que la microbiota dextranogénica fue mucho más sensible a la cal que la no dextranogénica, lo que es muy importante, dado la potencialización del daño que se produce por el efecto de esta microbiota, y abre el camino al estudio de procedimientos para utilizar la cal en los puntos donde se ha probado la formación de biopelículas en el área de extracción, con vistas a su erradicación como puntos críticos.

No se le ha dado más importancia a la remoción inicial, primero que todo, porque como se observa en los resultados no es tan significativa, y más que todo, porque no se pretende consumir producto y recursos en reducir la microbiota que en pocos minutos será destruida casi totalmente por el propio proceso. Por tanto, el propósito es aplicar el producto (*como se debería hacer con cualquier biocida*), en aquellos escenarios donde haya retención de cualquier tipo que no se puede remediar con otras medidas, por dos razones: es donde los microorganismos tienen el tiempo para multiplicarse y hacer daño significativo; y porque también el biocida cuenta con el tiempo de contacto suficiente de contacto para hacer la remoción esperada.

Optimizar esta aplicación a escala industrial, también supone la metodología para que no se afecte la operación ni el control del laboratorio por cambio en la composición del jugo cuando sea muestreado y analizado.

CONCLUSIONES:

1. La cal ralentizó el crecimiento microbiológico a todas las concentraciones ensayadas y se logró remociones decimal o mayores a partir de 5 g/dm³ y de una hora de contacto.
2. La cal es una opción prometedora para sustituir a los biocidas tradicionales que en general son limitados por su efecto nocivo para la salud y su costo.
3. Al igual que cualquier bactericida, se debe garantizar que se aplique donde y cuando hay evidencia de crecimiento microbiológico por retención, y a la vez, tenga suficiente tiempo de contacto; por lo que su aplicación debe reservarse a escenarios de retención que sean inevitables por procedimientos mas sencillos, y no sobre el jugo en su flujo invariable hacia los tratamientos térmicos y químicos siguientes.
4. Los pasos siguientes complementarios a estos ensayos, es determinar la concentración y tiempo de contacto óptimos, en aquellos valores intermedios que quedaron pendientes; así como, utilizar estos resultados como base para pruebas a escala industrial.

BIBLIOGRAFÍA:

- Antier, P. Microbiological control in a cane sugar mill: implications on sugar quality and losses. *Proc s afrsug technol ass* 70: 185-187. 1996.
- Björkroth, J., y W. Holzapfel. Genera *Leuconostoc*, *Oenococcus* and *Weissella*, p.267-319. In M. Dworkin (ed.), *The prokaryotes: a handbook on the biology of bacteria: Firmicutes, Cyanobacteria*, Vol 4. 3era Edición, Springer. 2006.
- Hernández, MT. Microbiología de la producción azucarera. Producciones microbianas derivadas, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 385 p. 1986.
- Lee J, Kaletunc G. 2002. Calorimetric determination of inactivation parameters of microorganisms. *Journal of Applied Microbiology* 93:178-189.
- Núñez, O; Reducción de la actividad microbiológica par diferentes escenarios operativos y estructurales; Memorias X Congreso ATALAC, Veracruz, México, 2016

- Nuñez, O.; Fabián, C.; Espinosa R.; Correspondencia entre la microbiota mesófila aerobia y lactobacilos dextranogénicos en jugos mezclados de ingenios de Guatemala; Memorias IX Congreso ATALAC, San José, Costa Rica, 2014
- Núñez, O.; Mejillas E.; Franco L.; Reducción de la actividad microbiológica en el tándem, utilizando su dinámica de desarrollo; Memoria XXXVII Convención ATAM, Veracruz, México, 2015
- Núñez O, Gutierrez, R. Efecto de la dextranogénesis en las primeras etapas del proceso azucarero, Rev. ATAGUA, abril-junio, 2021
- Vasan A, Mei Leong W, Ingham SC, Ingham BH. 2013. Thermal Tolerance Characteristics of Non-O157 Shiga Toxigenic Strains of *Escherichia coli* (STEC) in a Beef Broth Model System are similar to those of O157:H7 STEC. *Journal of Food Protection* 76:1120-1128



ASAMBLEA EXTRAORDINARIA ATAGUA 2025



El pasado 28 de enero, la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) celebró una Asamblea Extraordinaria en el auditorium de Cengicaña, un evento importante para la transición de la asociación. El objetivo principal de la asamblea fue la ratificación de la Junta Directiva y la reestructuración de roles para el periodo en curso, marcando un paso importante en la continuidad y el fortalecimiento de la gestión técnica azucarera en el país.

La asamblea contó con la participación de los asociados, quienes, en un ambiente de compromiso y colaboración, ratificaron la elección de los integrantes de la Junta Directiva. Este proceso democrático aseguró la legitimidad y el respaldo de los miembros a la nueva estructura de liderazgo.

Nueva Junta Directiva y reestructuración de roles

Como resultado de la asamblea, la Junta Directiva de ATAGUA quedó conformada de la siguiente manera:

JUNTA DIRECTIVA

Licda. Wendy Alejandra Del Cid	Presidenta	Ingenio La Unión
Ing. Erick Francisco Castillo	Vicepresidente	Ingenio Palo Gordo
Inga. Raísa Alejandra Vega	Tesorera	CENGICAÑA
Ing. Raúl Estirling Barneond	Protesorero	Ingenio Palo Gordo
Ing. Mario Rafael Sagastume	Secretario	CENGICAÑA
Ing. Oscarrené Villagrán	Prosecretario	San Diego/Trinidad
Ing. Guillermo Rafael Méndez	Vocal I	Ingenio La Unión
Dr. José Gerardo Espinoza	Vocal II	CENGICAÑA
Ing. Luis Reyes	Vocal III	Ingenio Magdalena
Ing. Héctor Fabricio Alvarado	Vocal IV	Ingenio Pantaleón
Ing. Wilinton Josué Hernández	Vocal V	Ingenio La Unión

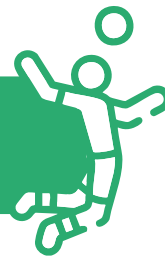
Además, se definieron las vocalías, asignando responsabilidades específicas a cada miembro para impulsar las diferentes áreas de trabajo de la asociación.

En este artículo hacemos un reconocimiento al Ing. Ronald Pocasangre por su destacada labor como Presidente de ATAGUA durante el año 2024. Los asociados expresaron su gratitud por su dedicación, liderazgo y valiosas contribuciones al fortalecimiento de la asociación y al desarrollo del sector azucarero guatemalteco.

La nueva Junta Directiva asume el reto de continuar impulsando el crecimiento y la innovación en el sector azucarero, promoviendo la actualización técnica, el intercambio de conocimientos y la colaboración entre los profesionales del área. ATAGUA reafirma su compromiso de ser un actor clave en el desarrollo sostenible y la competitividad de la industria, trabajando en beneficio de sus asociados y del país.



CAMPEONATO DE VOLEIBOL ATAGUA 2025



Del 20 de febrero al 20 de marzo, la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala (ATAGUA) vibró con la emoción del deporte en su esperado campeonato de voleibol realizado en la cancha de Cengicaña. El evento, que reunió a socios y sus familias, fue una celebración de la competencia sana y el espíritu deportivo.

En la cancha, la pasión y el talento se hicieron presentes con la participación de los equipos: Ingenio La Unión, Fuerza Combinada, Estrellas de San Diego, Colegio de Ingenieros Agrónomos, SYN-SED y Cengicaña. Cada encuentro fue una muestra del compromiso y la dedicación de los jugadores, quienes brindaron un espectáculo deportivo.

Más allá de la competencia, el campeonato se convirtió en un espacio de encuentro para las familias de los socios de ATAGUA. Las porras de los equipos crearon un ambiente de sana convivencia y se fortaleció los lazos entre los miembros de la asociación.





Emocionante final y premiación

Luego de varias jornadas de juego, el campeonato llegó a su emocionante desenlace, definiendo a los equipos ganadores:

**1^{er.}
lugar**

Ingenio La Unión



**2^{do.}
lugar**

Fuerza Combinada



**3^{er.}
lugar**

*Colegio de Ingenieros
Agrónomos*



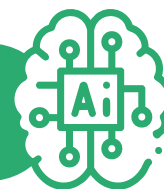
La premiación fue el broche de oro de este evento deportivo, donde se reconoció el esfuerzo y el desempeño de los equipos ganadores, así como el espíritu deportivo de todos los participantes.

Este campeonato de voleibol forma parte de las iniciativas de ATAGUA para promover la integración y la participación de sus socios en actividades recreativas. La asociación reconoce la importancia del deporte como herramienta para fortalecer los vínculos entre sus miembros, fomentar un estilo de vida saludable y crear espacios de esparcimiento para disfrutar en familia.

WEBINAR IA APLICADA A LA AGRICULTURA



WEBINAR "LA IA APLICADA A LA AGRICULTURA"



Con el objetivo de cumplir con su compromiso de capacitación y ofrecer contenidos a la vanguardia tecnológica para sus asociados, ATAGUA llevó a cabo el pasado 18 de marzo el 1er. Webinar: "IA Aplicada a la Agricultura". Un total de 263 personas de diferentes países participaron en este evento a través de la plataforma Zoom. La Licda. Wendy Del Cid, presidenta de ATAGUA, dio apertura al webinar agradeciendo la participación de destacados expositores internacionales, quienes amablemente compartieron sus conocimientos en diversas aplicaciones de inteligencia artificial en el sector agrícola. Las ponencias fueron las siguientes:

Dr. César Iván Álvarez: En su conferencia titulada "Modelización de la predicción de parámetros agrícolas mediante datos de detección y aprendizaje automático", presentó cómo es posible utilizar datos recolectados por sensores (como los de lluvia, suelo y cultivo), junto con técnicas de teledetección satelital, imágenes de drones y algoritmos de aprendizaje automático, para predecir parámetros clave en la agricultura. Entre estos se incluyen el rendimiento de los cultivos, la humedad del suelo y las necesidades de fertilización. Su enfoque destaca el uso de la inteligencia artificial como herramienta para optimizar la toma de decisiones agrícolas, haciéndolas más precisas y eficientes.

Ing. Juan Miguel Indekeu: En su presentación titulada "ArcGIS e Inteligencia Artificial para el Desarrollo Agrícola", abordó la integración de ArcGIS —una plataforma de sistemas de información geográfica (SIG)— con herramientas de inteligencia artificial para el análisis de datos espaciales en el ámbito agrícola. Explicó cómo esta sinergia permite optimizar el uso de recursos, mejorar la planificación de cultivos y tomar decisiones más precisas basadas en información geoespacial.

Ing. Julián Ome: En su ponencia "Inteligencia Artificial Aplicada al Cultivo de Caña de Azúcar", expuso

cómo las herramientas de inteligencia artificial pueden ser aplicadas específicamente al manejo y optimización del cultivo de caña de azúcar. Mostró casos prácticos en los que el análisis de datos, el aprendizaje automático y la integración con sensores agrícolas permiten mejorar la eficiencia en la producción, predecir rendimientos, identificar áreas problemáticas y apoyar la toma de decisiones agronómicas de manera más precisa y oportuna.

Ing. André de Tullio: En su ponencia "Agricultura Inteligente en Caña: WeedSeeker 2 y la IA para una Aplicación Selectiva más Rentable", presentó el uso del sistema WeedSeeker 2, una tecnología de detección selectiva de malezas, combinada con inteligencia artificial, para mejorar la eficiencia en la aplicación de herbicidas en cultivos de caña de azúcar. Explicó cómo esta herramienta permite identificar en tiempo real la presencia de malezas y aplicar el producto únicamente donde se necesita, lo que reduce costos, disminuye el impacto ambiental y mejora la rentabilidad de las operaciones agrícolas.

Ing. Josué Santos: En su presentación titulada "Experiencia en el Mapeo Digital de Suelos: Uso de Algoritmos de Geoestadística y Machine Learning", compartió casos prácticos sobre la aplicación de técnicas avanzadas para la caracterización del suelo. Explicó cómo la combinación de algoritmos de geoestadística y aprendizaje automático permite generar mapas digitales de alta precisión, facilitando una mejor comprensión de la variabilidad espacial del suelo. Esta información es clave para una gestión agrícola más eficiente, orientada a la toma de decisiones basadas en datos.

Durante el evento, los participantes tuvieron la oportunidad de plantear sus dudas, las cuales fueron atendidas por cada uno de los expertos invitados.

ATAGUA expresa su agradecimiento a los patrocinadores que hicieron posible este evento, así como a todos los asistentes por su interés en seguir fortaleciendo el conocimiento en tecnologías aplicadas a la agricultura.



Gira de Campo

ATAGUA 2025

Finca Belén, Ingenio
La Unión y Finca
Santa Isabel, Ingenio
Madre Tierra

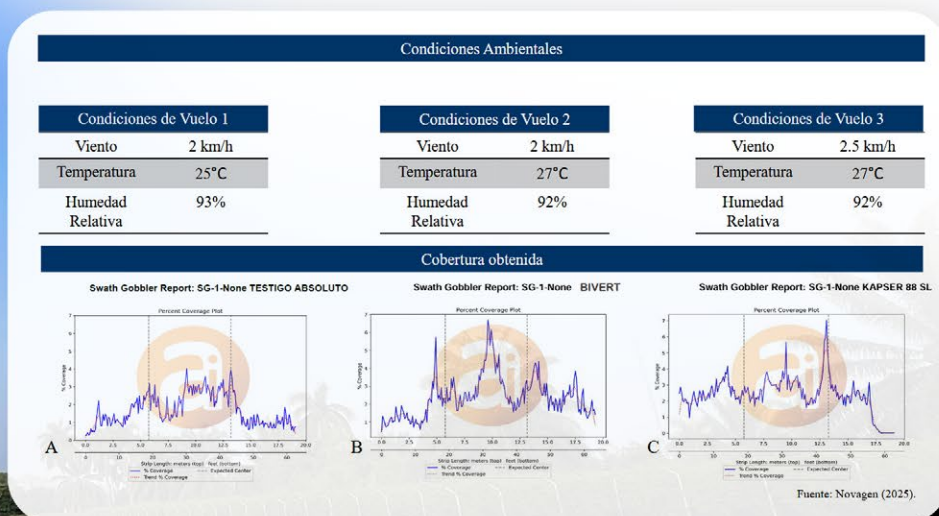


El miércoles 9 de abril se llevó a cabo la gira de campo ATAGUA 2025 en la Finca Belén de Ingenio La Unión, con la participación de más de 150 asociados. La actividad inició a las 7:45 a. m. con las palabras de bienvenida a cargo de la Licda. Wendy Del Cid, presidenta de ATAGUA.

Los temas presentados fueron: *Uso de tecnologías para determinar la calidad de aplicación aéreas, principalmente en la configuración de la aeronave para mejorar la calidad de aplicación aérea.* Por otro lado, Ingenio La Unión presento dos temas: *Manejo de la fertilización e interacción varietal, así como la gerencia de la maduración y uso de madurantes.*

Gracias al apoyo del Dr. Gerardo Espinoza y el Ing. Guillermo González, se realizó una demostración del uso del Swath Gobbler en la pista de Ingenio La Unión. El objetivo fue demostrar el uso de este equipo para mejorar la calidad de las aplicaciones aéreas mediante una correcta configuración (*altura de vuelo, velocidad, ancho de faja, tamaño de gota, número de gotas, cobertura y coeficientes de variación*).

Esta práctica permite garantizar la calidad y seguridad en las aplicaciones, además de identificar problemas durante las mismas para corregirlos en el momento, evitando variaciones significativas en los resultados.



Charlas del programa

El Ing. Víctor Azañón presentó la ponencia titulada “Fertilización y variedades”:

Explicó que se han desarrollado numerosas investigaciones a nivel de ingenio que han facilitado la toma de decisiones.

En cuanto a nutrición, destacó la importancia de realizar muestreos de suelos para tomar decisiones acertadas al momento de fertilizar. Esto asegura que las plantas dispongan de los nutrientes necesarios y, al mismo tiempo, se optimicen los costos unitarios.

Se han establecido programas de nutrición y criterios de fertilización para NKPS en el cultivo de caña soca y caña plantilla. Asimismo, se definen las dosis de N (kg/ha) y la relación K N/Tc, ajustadas a los niveles de producción en diferentes estratos altitudinales.

Para nuevas siembras o renovaciones, el nitrógeno se aplica entre 60 y 70 kg/ha, dividido en dos dosis: el 40% al momento de la siembra y el 60% a los 40 días. En el estrato litoral, el nitrógeno se aplica en una sola dosis entre los 45 y 60 días después de la siembra.

Respecto al fósforo y potasio, las dosis oscilan entre 60 y 80 kg/ha para los estratos alto, medio y bajo,

mientras que en el estrato litoral no se aplican. Las mezclas incluyen 2 kg/ha de boro, excepto en los suelos del litoral.

Variedades

Se destacó la metodología para tratar las semillas con el objetivo de eliminar enfermedades como el raquitismo de las socas (*Leifsonia xily*) y la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), asegurando que las semillas para renovaciones estén libres de estas patologías.

En cuanto al complejo varietal, la distribución es la siguiente:

CG02-163: 53% del área sembrada.

CGMex 26-315: 16%.

CG04-10295: 7%.

RB84.5210: 4%.

CG10-044124: 3%.

Para el primer tercio, las variedades con mayor TAH son:

CGMex 26-315: 14.87 TAH.

CG02-163: 14.58 TAH.

CG04-10295: 10.95 TAH.

Uso de madurantes

El Ing. Guillermo González presentó las diferentes modalidades de aplicación de madurantes, subrayando la importancia de las imágenes satelitales para monitorear la humedad de la planta (NDWI) y su correlación con la maduración determinando las áreas donde el cultivo responde al madurador.

Resaltó que a partir de la zafra 22/23, el uso de drones aumentó significativamente, alcanzando el 91% del área aplicada en las zafra 23/24 y 24/25. Los drones más utilizados fueron los modelos T50 (72%) y T40 (19%).

Para el tercer tercio, las aplicaciones de madurantes se omiten, salvo en zonas donde los niveles de humedad y pureza lo requieran. Así mismo junto con el Dr. Espinoza se presentaron los resultados de la configuración de la aeronave, con la interpretación sobre los parámetros de altura de vuelo, velocidad de la aeronave y ancho de faja de aplicación.



Actividades en Finca Santa Isabel



Los participantes visitaron parcelas demostrativas en la finca Santa Isabel, donde diversas casas comerciales presentaron tratamientos eficaces para el control de malezas en caña. Expertos en el campo resolvieron dudas, favoreciendo el intercambio de conocimientos y la comprensión de técnicas y tecnologías para mejorar la gestión agrícola.

Se enfatizó en las mezclas para control de malezas pre-emergentes, los días de control y los costos por aplicación. La actividad subrayó la importancia del control temprano de malezas para evitar costos adicionales y mantener la productividad.



Clausura

El evento concluyó con un almuerzo y un espacio de stands informativos ofrecidos por las casas comerciales. Se entregó un reconocimiento al Ing. Roberto De León (Ingenio La Unión) por el apoyo logístico y a los ingenieros Oscar Montenegro y José Víctor Gómez (Ingenio Madre Tierra) por ceder el área de parcelas demostrativas.

Un especial agradecimiento a los patrocinadores:

Novagen-Lallemand, Potenz, Bayer, Duwest, Durman Esquivel, Emdypsa, Inagro, Promoagro, Grupo Luca/Nitzan, Inverflohsa, Lida Planta Research, Atlántica, Agrocentro, UPL, Topke, Micsa, Soluciones Taca, Disagro, Ciudad en el Cielo, Suplimaster, Enlasa, Bioplantek, Syngenta/Sediagro, Daho Pozos, Foragro, Coguma, Tecún y Rainbow.



Planta San Miguel
de Horcalsa,
El Progreso

El 23 de abril, un grupo de 35 técnicos de diversos ingenios de la industria cañera guatemalteca realizó una enriquecedora gira industrial a la Planta San Miguel de Horcalsa, ubicada en El Progreso. El objetivo principal, sumergirse en los procesos de vanguardia y las innovaciones tecnológicas que definen la producción de cal especializada para ingenios.

Durante la visita, los participantes tuvieron la oportunidad de observar de cerca el proceso industrial completo, desde la materia prima hasta el producto final. Se hizo especial énfasis en los rigurosos controles de calidad que garantizan la excelencia de la cal Horcalsa. Además, pudieron explorar el cuarto de operación, un centro de control donde se monitorean y gestionan los procesos productivos con tecnología de punta.

Un punto destacado de la gira fue el acercamiento a los proyectos Alpha y Beta, edificaciones que representan la vanguardia en el uso de la tecnología de impresión 3D en la construcción industrial. Estas estructuras son un testimonio del compromiso de Horcalsa con la innovación y la eficiencia.

ATAGUA y sus asociados expresan su más sincero agradecimiento a Horcalsa por abrir las puertas de sus instalaciones y, de manera especial, a su profesional y técnico personal por la atención personalizada y la cálida bienvenida. Los asociados manifestaron su gran satisfacción al poder conocer estándares de calidad e innovación, así como procesos que están a la vanguardia tecnológica.

Para ATAGUA, este tipo de iniciativas son fundamentales para el fortalecimiento de las alianzas empresariales y el intercambio de conocimientos dentro de la industria.



Efectivo control post-emergente de malezas



Herbicida no selectivo de rápida penetración



Formulado con Sal Potásica



Acción sistémica



XVI

CONGRESO de Técnicos Azucareros de Guatemala



Por una industria de la caña **más sostenible**



8 al 11 de septiembre 2025
📍 **Hotel Soleil**, Antigua Guatemala

+información



(502) 5517 3978 · (502) 4295 4828



administracion@atagua.org
secretaria@atagua.org