

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con el apoyo del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar de LAICA (DIECA-LAICA), presenta el boletín agroclimático para caña de azúcar.

En este se incorpora el análisis del tiempo, pronósticos, notas técnicas y recomendaciones con el objetivo de guiar al productor cañero hacia una agricultura climáticamente inteligente.

IMN

www.imn.ac.cr
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17
Barrio Aranjuez,

Frente al costado Noroeste del
Hospital Calderón Guardia.
San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr
2284-6000

Avenida 15 y calle 3
Barrio Tournón

San Francisco, Goicoechea
San José, Costa Rica

TENDENCIA SEMANAL PARA LAS REGIONES CAÑERAS EN ENERO 2025

Enero dio inicio sin la influencia de empujes fríos, hasta el #8 que inicio este lunes 7, con incremento de las condiciones ventosas en el Valle Central y Guanacaste. Se prevén las condiciones relativamente normales para el mes de enero, normalizándose las temperaturas. El siguiente cuadro detalla semana a semana lo esperado para el mes en curso en cada región cañera.

Región cañera	Semana: 6-12	Semana: 13-19	Semana: 20-26	Semana: 27ene-2feb
Guanacaste (Este y Oeste)	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
Puntarenas	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
Región Sur	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
Región Norte	Lluvioso Temperatura normal Viento normal	Lluvioso Temperatura normal Ventoso	Lluvioso Temperatura normal Ventoso	Lluvioso Temperatura normal Viento normal
Valle Central (Este y Oeste)	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
Turrialba (Alta y Baja)	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvioso Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal

*“Influencia del empuje frío #8 sobre el país, al menos hasta el jueves 9.
Sin presencia de polvo Sahariano, al menos hasta el día 15.”*

CONDICIONES DEL MES PREVIO: DICIEMBRE 2024

Diciembre registró cuatro empujes fríos afectando el territorio nacional; con época seca aún no establecida en la región Sur. **Guanacaste (Este y Oeste)** presento 9-22 días sin lluvia, amplitud térmica 6-12 °C, ráfagas 17-78 m/s presentándose las más extremas al Este y radiación solar 11-17 MJ/m²; así como evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 365-400 °C grados día. **Puntarenas** mostró 8 días sin lluvia, amplitud térmica 5-13 °C, ráfagas 14-39 m/s y radiación solar 11-18 MJ/m² y evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 397 °C grados día. **Región Sur** presentó 21 días sin lluvia, amplitud térmica 4-13 °C, ráfagas 9-44 m/s, radiación solar 9-17 MJ/m² y evapotranspiraciones 2-4 mm; acumulando 262 °C grados día. **Región Norte** evidenció 0 días sin lluvia, amplitud térmica 3-12 °C, ráfagas 13-37 m/s y radiación solar 7-14 MJ/m² y evapotranspiraciones 2-3mm; acumulando 328 °C grados día.

Valle Central mostró 11 días sin lluvia, amplitud térmica 5-13 °C, ráfagas 22-59 m/s y radiación solar 10-16 MJ/m² y evapotranspiraciones 2-4 mm; acumulando 272 °C grados día. **Región Turrialba** exhibió 8 días sin, amplitud térmica 4-11 °C, ráfagas 18-45 m/s y radiación solar 9-16 MJ/m² y evapotranspiraciones 2-3 mm; acumulando 215 °C grados día.

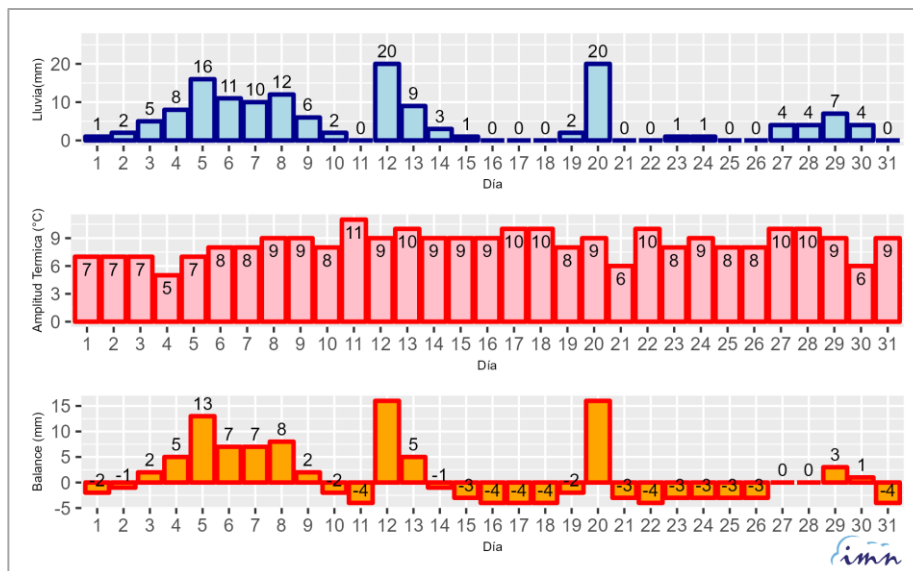


Figura 1.a. Promedio regional diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera **Guanacaste Este**.

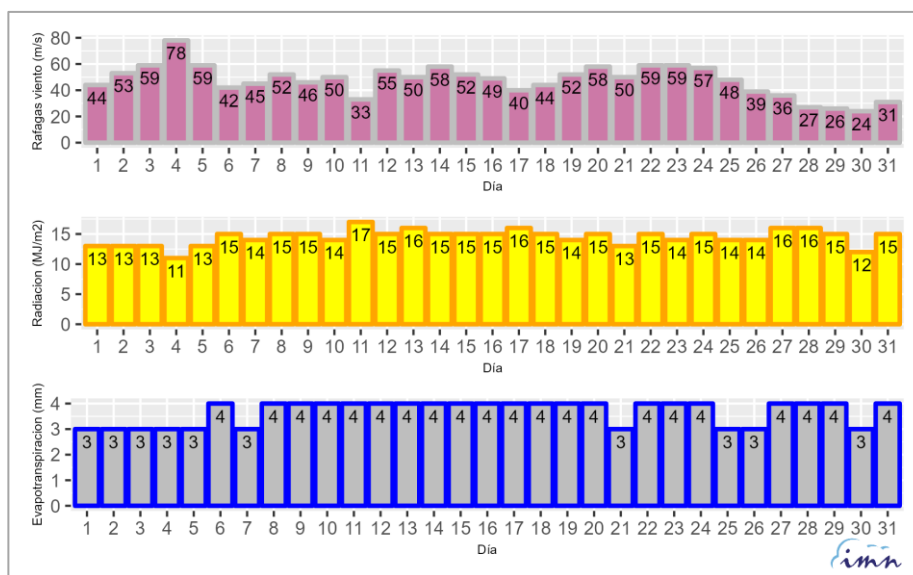


Figura 1.b. Promedio regional diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera **Guanacaste Este**.

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

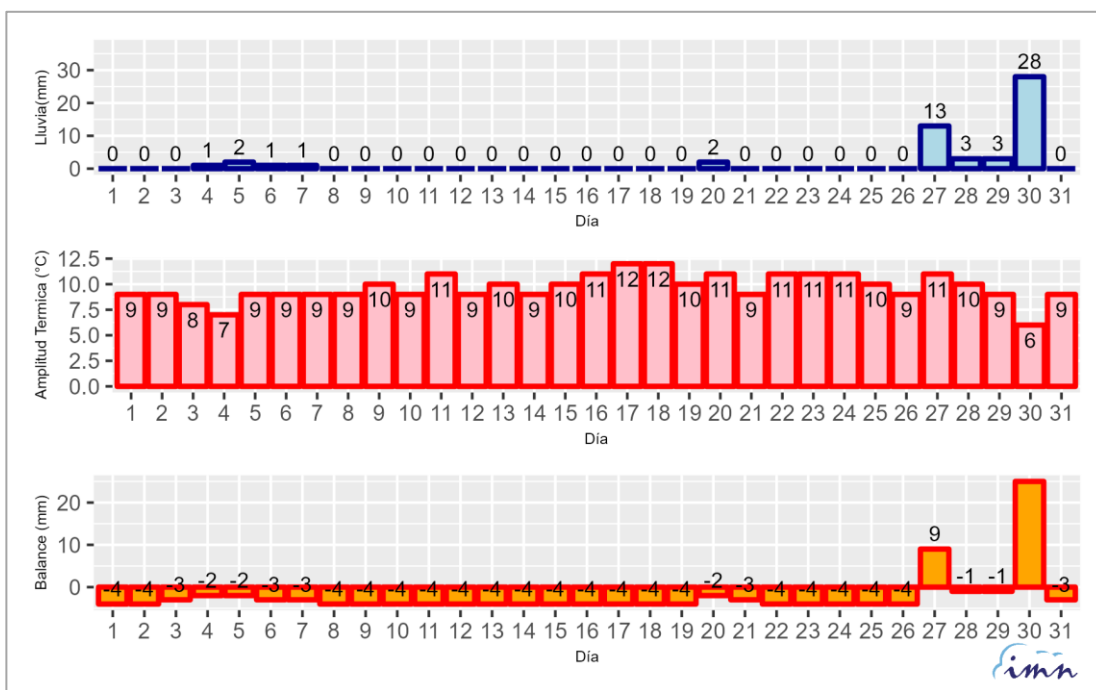


Figura 2.a. Promedio regional diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Guanacaste Oeste.

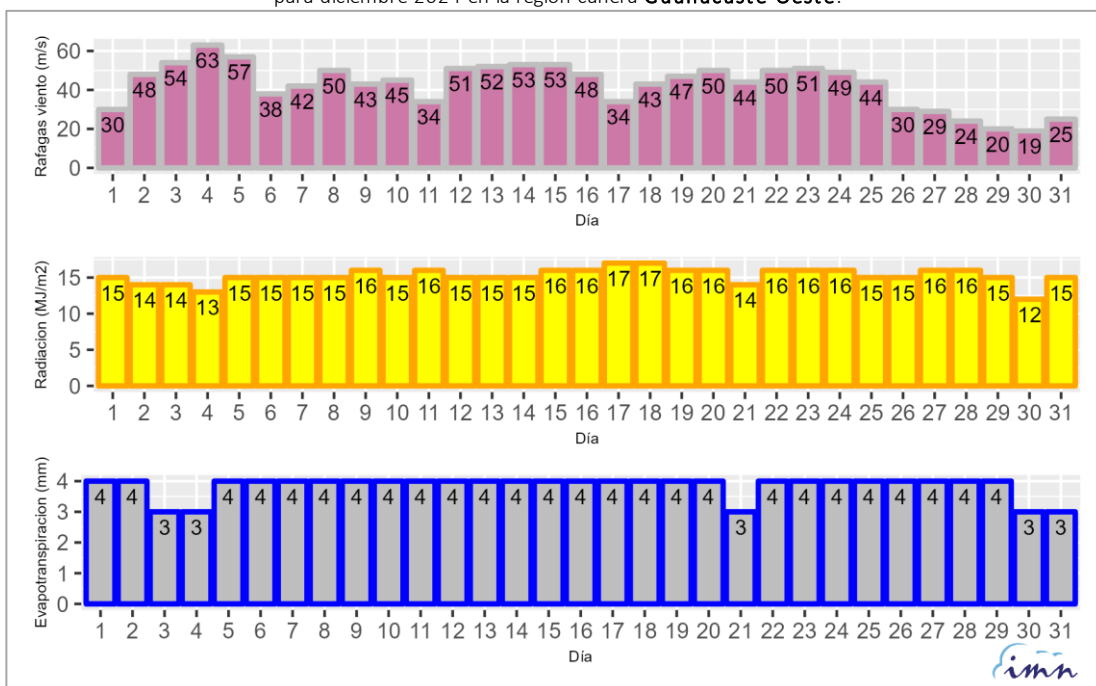


Figura 2.b. Promedio regional diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Guanacaste Oeste.

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

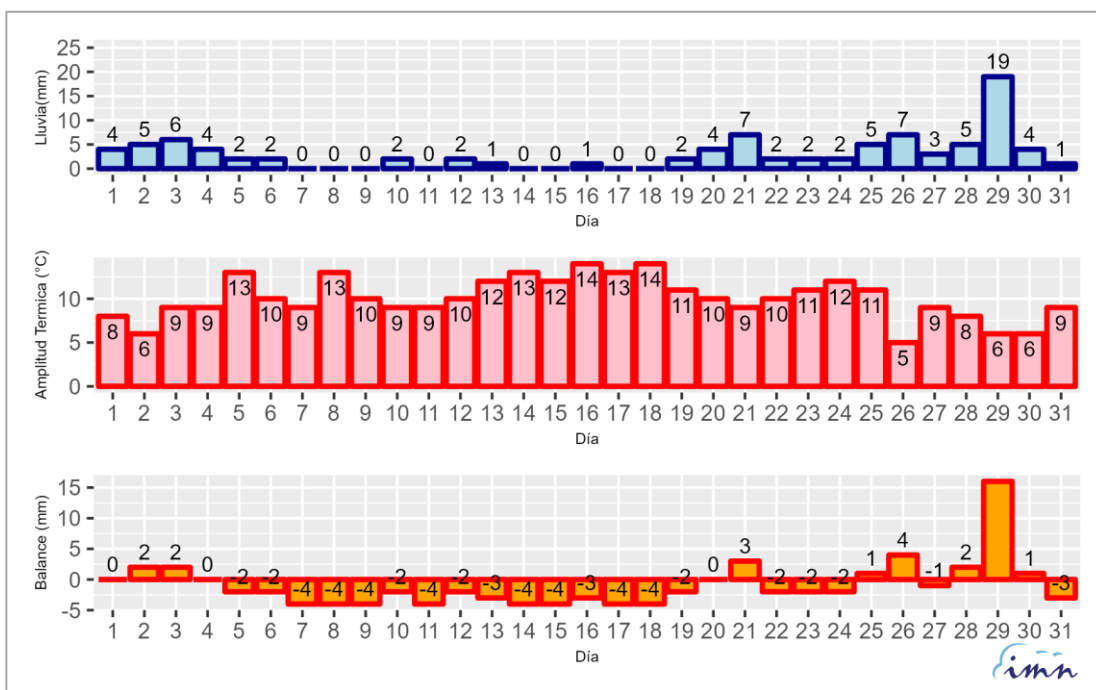


Figura 3.a. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Puntarenas.

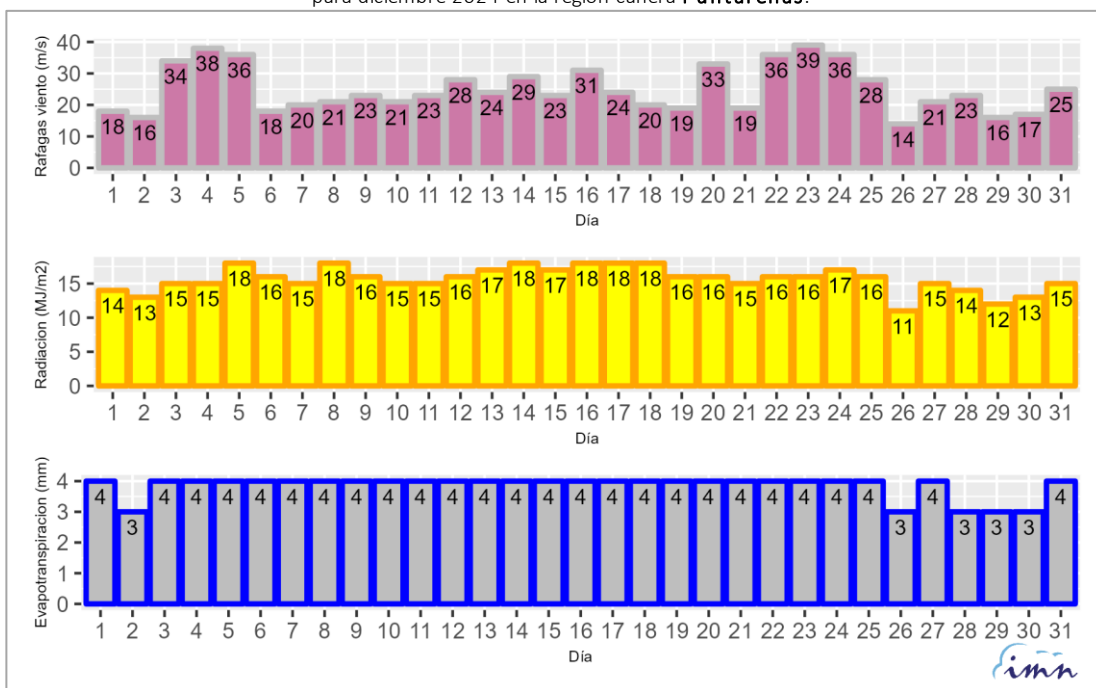


Figura 3.b. Promedio diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Puntarenas.

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

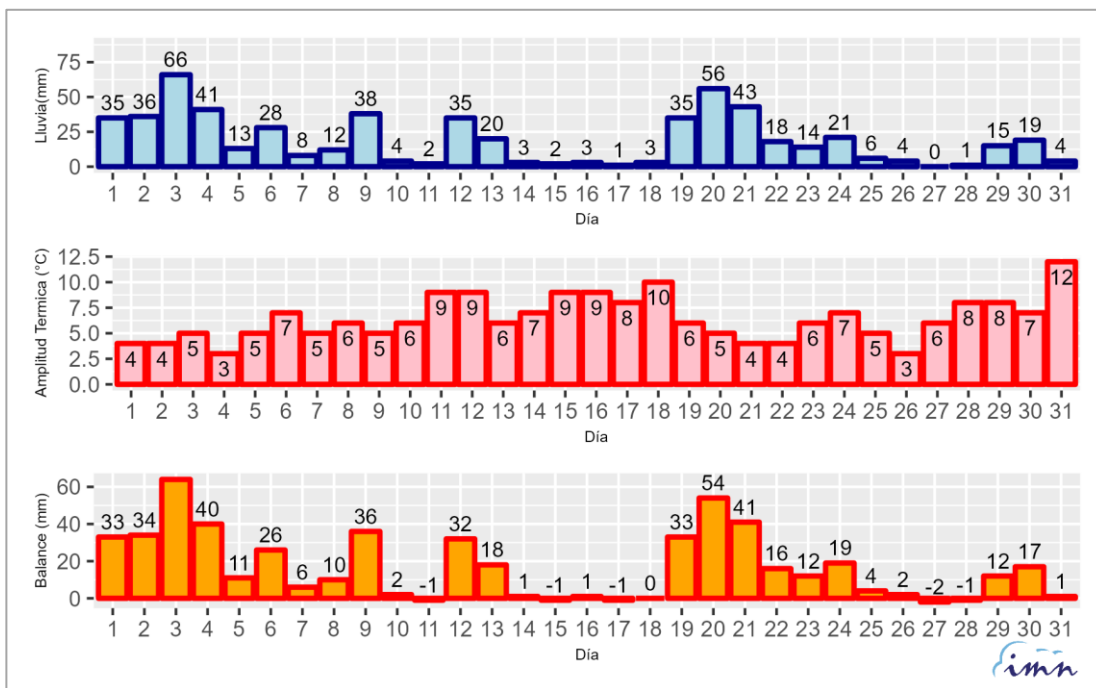


Figura 4.a. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera **Región Norte**.

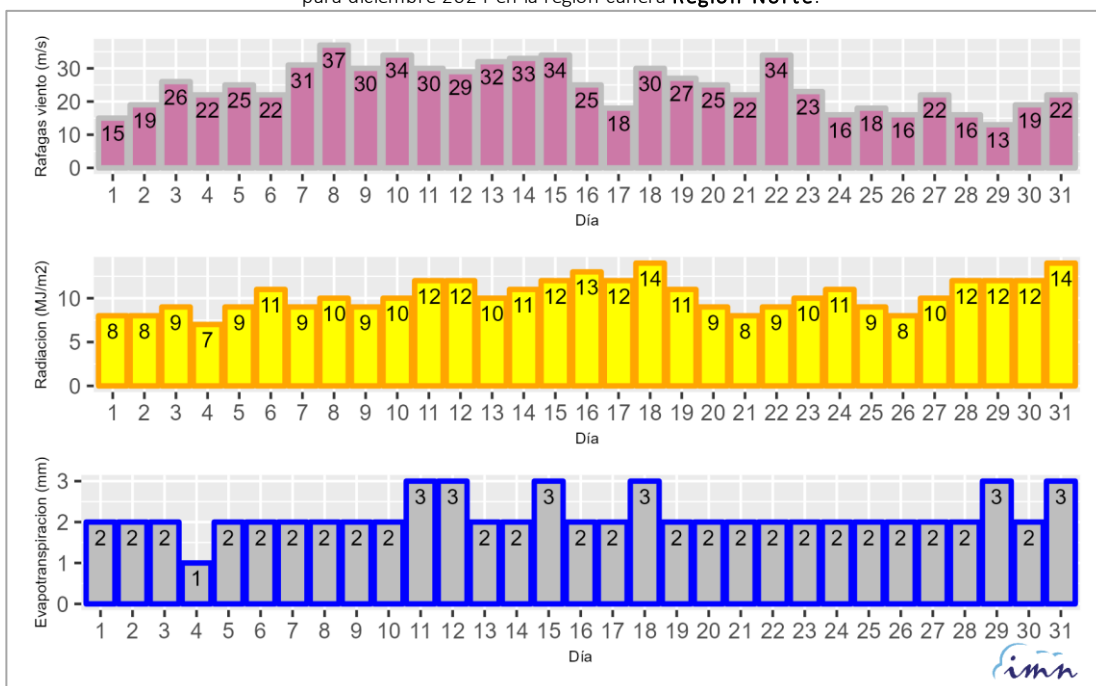


Figura 4.b. Promedio diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera **Región Norte**.

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

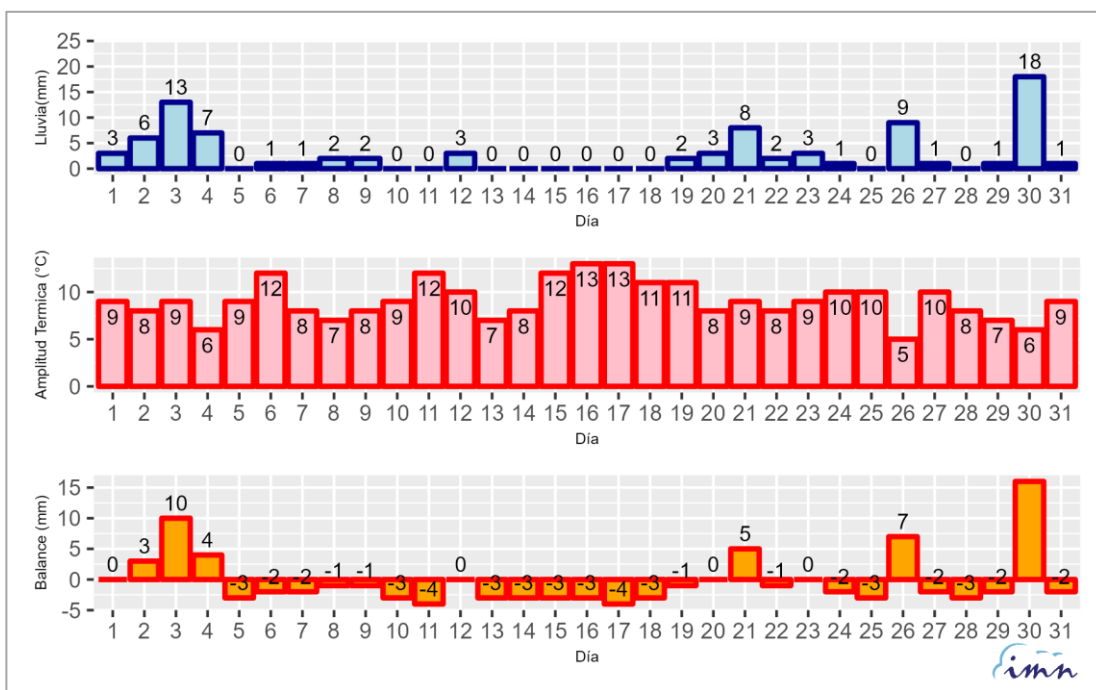


Figura 5.a. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

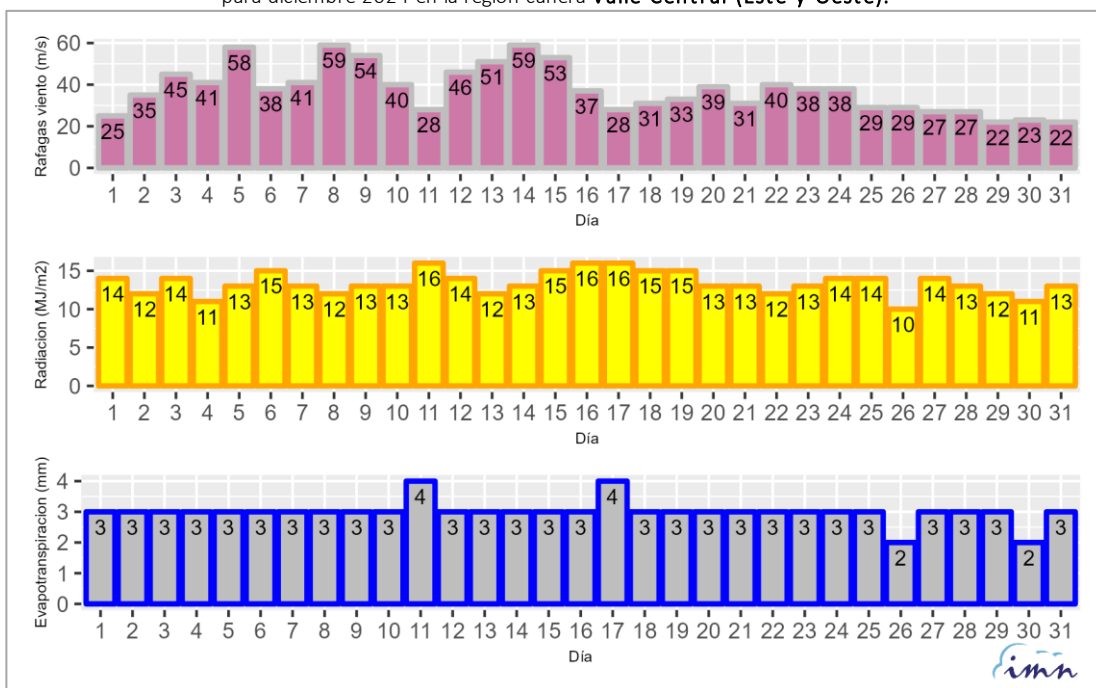


Figura 5.b. Promedio diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

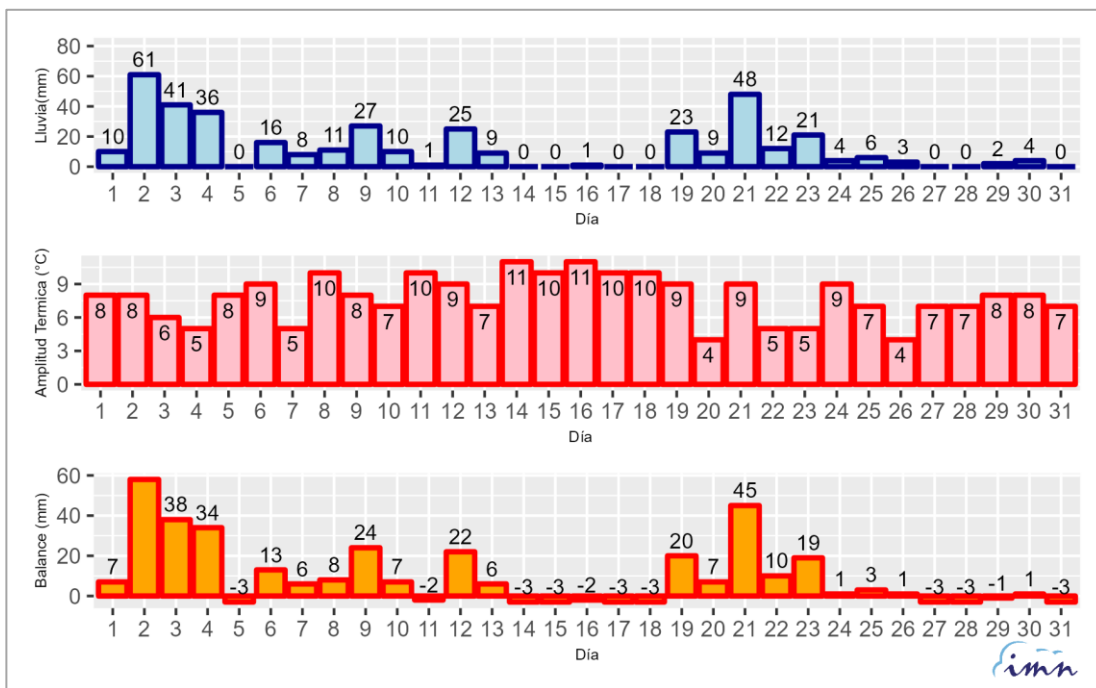


Figura 6. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

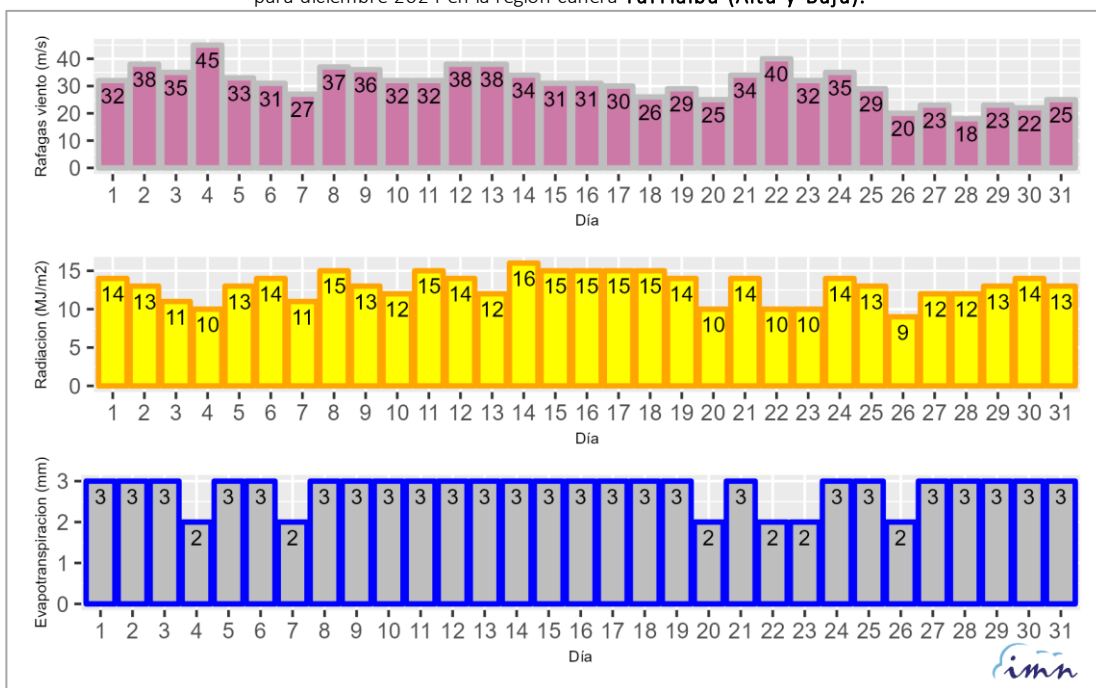


Figura 6. Promedio diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para diciembre 2024 en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

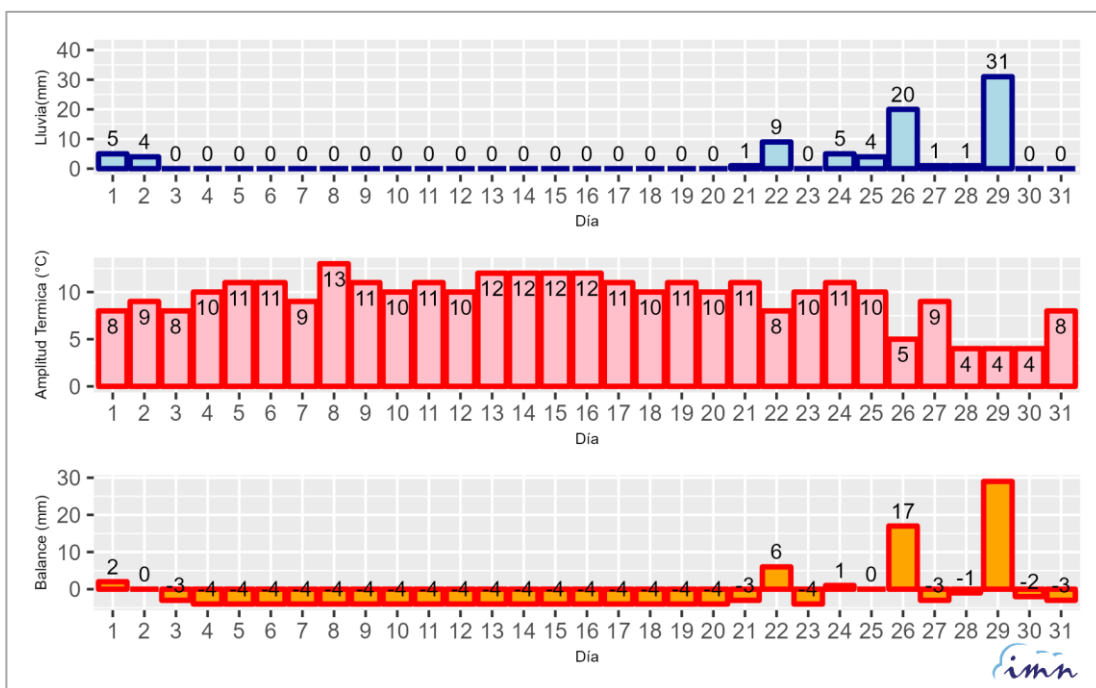


Figura 7.a. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para diciembre 2024 en la región cañera **Región Sur**.

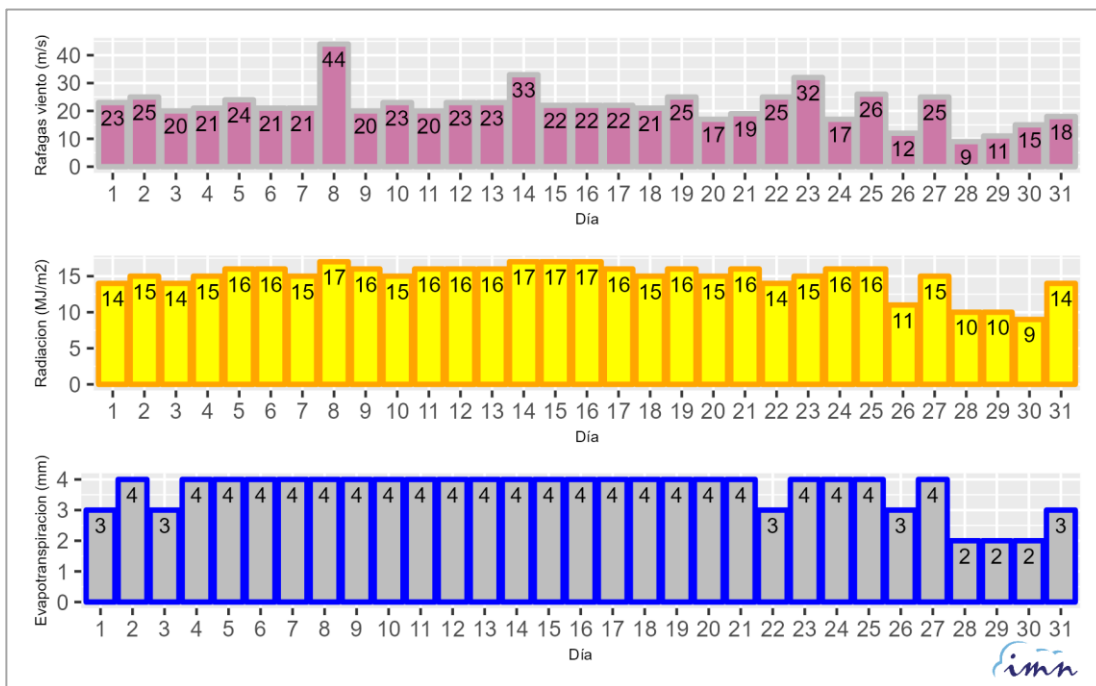


Figura 7.b. Promedio diario de viento máximo (m/s), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Enero 2025 - Volumen 2 – Número 1

para diciembre 2024 en la región cañera **Región Sur**.

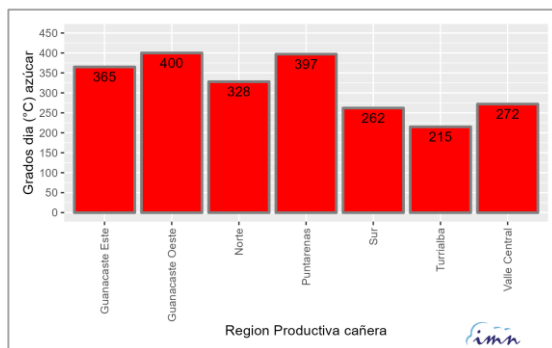


Figura 8. Grados día (°C) por región cañera para diciembre 2024 en la región cañeras.

Las figuras 1 a 8 muestran a detalle el comportamiento diario durante diciembre, promediado por cada región productiva cañera del país, específicamente de aquellos elementos climáticos de interés para el sector cañero nacional. Donde las variables observadas son lluvia y humedad relativa; mientras las demás son estimadas.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, durante el periodo del 01 al 08 de diciembre, se presentaron al inicio condiciones de alta humedad en las regiones productoras Turrialba (de 65% a 100%), Región Norte (entre 30% y 100%) y Región Sur (entre 0% y 100%); mientras que las regiones de Guanacaste, Puntarenas y Valle Central tuvieron menor porcentaje de humedad, entre 0%-85%.

Del 09 al 15 de diciembre, la Región Norte y la región Turrialba presentaron alta saturación en los suelos, entre 65% y 100%. Las demás regiones cañeras mantuvieron bajas humedades, entre 0% y 65%

A principios del periodo del 16 al 22 de diciembre, la Región Norte y la Región Turrialba tuvieron condiciones de baja humedad, entre 0% y 85%; sin embargo, a finales del periodo la humedad aumentó llegando a tener saturaciones de hasta 100%. En las regiones de Guanacaste, Puntarenas, Valle Central y Región Sur, el porcentaje de humedad se mantuvo bajo, entre 0% y 65%.

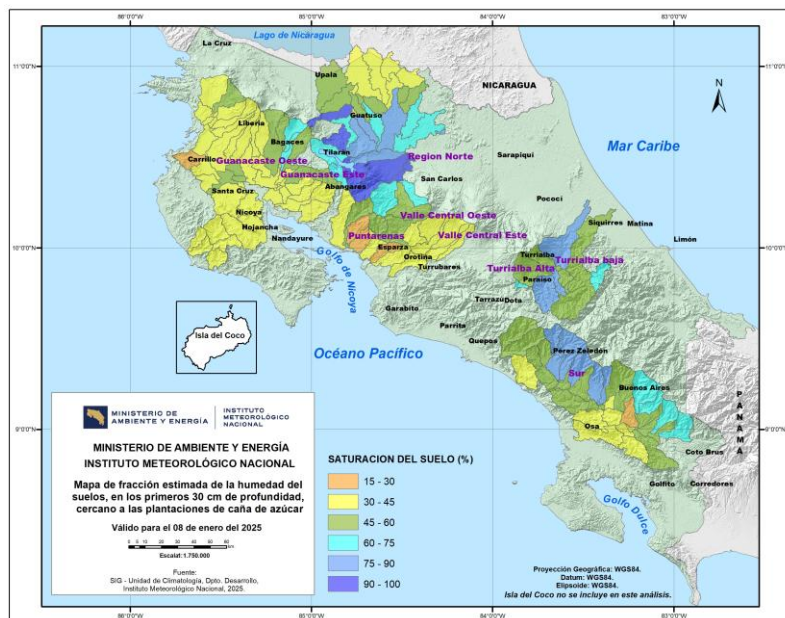


Figura 7. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 08 de enero de 2025.

Para el periodo del 23 al 31 de diciembre, el porcentaje de humedad en los suelos de las regiones Guanacaste, Valle Central y Puntarenas se mantuvieron sin variación, con saturaciones bajas entre 0% y 65%. Sin embargo, la Región Norte, Región Sur y Turrialba tuvieron porcentajes de humedad en el suelo altas, entre 65% y 100%.

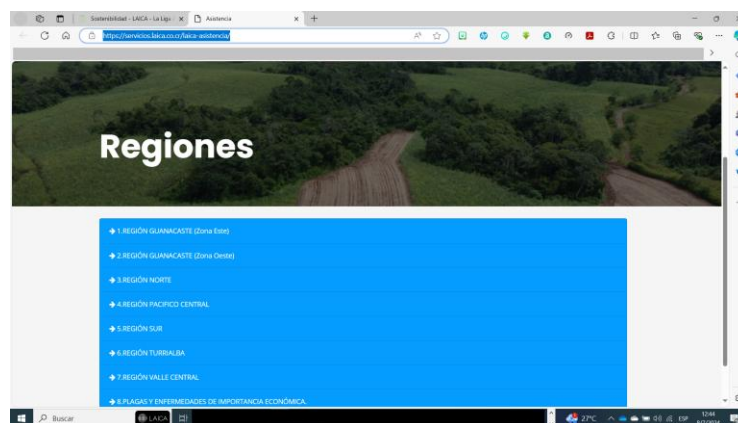
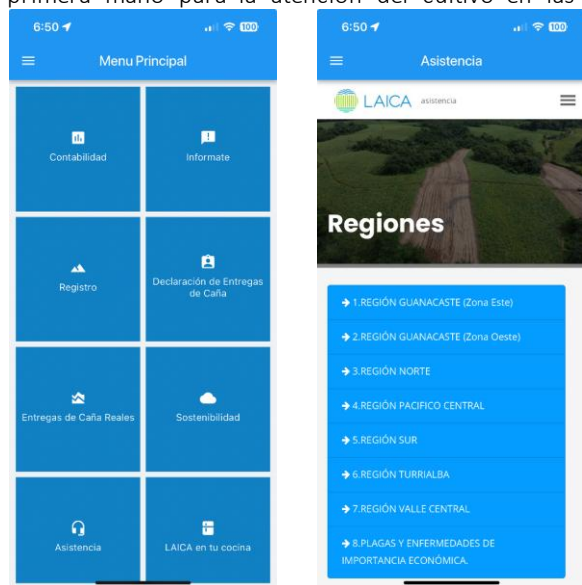
Como se observa en la figura 7, la Región Guanacaste Oeste está entre 15% y 75% de saturación mientras que la Región Guanacaste Este tiene entre 30% y 75%. La Región Puntarenas presenta entre 15% y 60% de humedad, la Región Norte está entre 30% y 100%, la Región Valle Central Oeste tiene entre 45% y 75% y la Región Valle Central Este entre 30% y 45%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) tiene entre 45% y 90% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) está entre 45% y 90%. La Región Sur varía entre 15% y 90% de humedad.

LAICA LE RECOMIENDA

Acceder a nuestra herramienta de Asistencia Técnica a través de la aplicación Cultivando Futuro, disponible en Apple App Store y en Google Store, o por medio de la web <https://servicios.laica.co.cr/laica-asistencia/>.

En esta herramienta encontrarán información actualizada y de primera mano para la atención del cultivo en las diferentes

regiones cañeras, así como información sobre plagas y enfermedades. Es una aplicación abierta al público para consulta general con información clara y concisa. Con gusto invitamos al público en general a utilizar esta herramienta que sabemos será de mucha ayuda.



IMN LE RECOMIENDA

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:



@IMNCR

Instituto Meteorológico Nacional CR



@InstitutoMeteorologicoNacional

www.imn.ac.cr

NOTA TÉCNICA

Trichoderma spp. como bioestimulante vegetal: un aliado en desarrollo para el sector cañero azucarero de Costa Rica

Hellen Moya Granados

hmoya@laica.co.cr

Laboratorio de Microbiología

Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar

Introducción

Los suelos albergan una gran diversidad de microorganismos esenciales para su salud y la de las plantas. Entre ellos se encuentran hongos que desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica y la reincorporación de nutrientes al suelo (Naar & Kecskés, 1998). Un ejemplo destacado es el género *Trichoderma*, de la familia Hypocreaceae, que se encuentra predominantemente en la rizosfera (Alwadai *et al*, 2024; Galeano *et al*, 2024). Además de su función saprófita, estos hongos pueden interactuar con el sistema radicular y colonizarlo con éxito (Contreras-Cornejo *et al*, 2024). Esta habilidad para colonizar las raíces se debe a su capacidad para sobrevivir en condiciones adversas, su rápida proliferación, su competencia por espacio y nutrientes con otros microorganismos, la producción de metabolitos secundarios y su facilidad para establecer interacciones mutuas con diversos organismos (Rashad & Abdel-Azeem, 2020; Contreras-Cornejo *et al*, 2022; Contreras-Cornejo *et al*, 2024). Gracias a estas

características, *Trichoderma* se ha consolidado como un eficaz biocontrolador y promotor de crecimiento vegetal.

Su rol como agente de control biológico ha sido ampliamente estudiado debido a atributos como el micoparasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia sistémica en las plantas, lo que le permite antagonizar el efecto de una amplia gama de organismos fitopatógenos (Ghisalberti & Sivasithamparam, 1991; Bisen *et al*, 2016; Mukherjee *et al*, 2022). Sin embargo, uno de los efectos más sobresalientes y beneficiosos inducidos por *Trichoderma* es la promoción del crecimiento vegetal. Este fenómeno se atribuye a una variedad de mecanismos (figura 1), que incluyen el control de patógenos, la producción de metabolitos bioactivos, modificaciones en la bioquímica de las plantas, la optimización de su arquitectura, la solubilización de nutrientes minerales y el incremento de la biodisponibilidad del hierro (Gupta, 2020).

Debido a todas estas propiedades, *Trichoderma* se ha posicionado como un hongo de gran interés agrícola, particularmente por su potencial para contribuir a la productividad de los cultivos de manera sostenible. Es por esta

razón que el Laboratorio de Microbiología Cañera del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) ha enfocado sus esfuerzos en el desarrollo de un bioestimulante a base de este microorganismo con el objetivo de ofrecer una herramienta innovadora al sector cañero azucarero de Costa Rica. En esta nota técnica se presentan los mecanismos por los cuales *Trichoderma* promueve el crecimiento vegetal, los beneficios documentados de su uso en el cultivo de caña de azúcar y los avances alcanzados por DIECA en la elaboración de este bioinsumo.

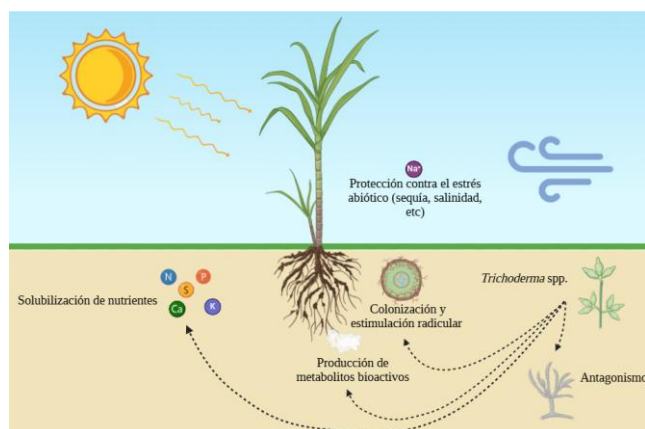


Figura 1. Mecanismos de *Trichoderma* spp. para la promoción del crecimiento vegetal.

Solubilización de nutrientes

Una de las características más destacadas de *Trichoderma* es su capacidad para solubilizar nutrientes, transformándolos de formas no disponibles a formas aprovechables por las plantas (El Enshasy *et al*, 2020). A través de la modificación del pH del suelo y la producción de ácidos orgánicos, este hongo disuelve fosfatos minerales insolubles, convirtiéndolos en compuestos asimilables (Gupta, 2020). Además del fósforo, *Trichoderma* también moviliza micronutrientes esenciales como manganeso, hierro y zinc, mejorando la nutrición vegetal y contribuyendo al enriquecimiento del suelo (Altomare *et al*, 1999).

Producción de Metabolitos Bioactivos

Trichoderma puede también promover el crecimiento mediante la producción de metabolitos bioactivos que tienen efectos positivos en las plantas, como lo son las hormonas vegetales, los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los sideróforos (Rashad & Abdel-Azeem, 2020; Contreras-Cornejo *et al*, 2022). Entre las hormonas producidas por *Trichoderma* se destacan las auxinas, que favorecen el alargamiento celular y la diferenciación de raíces, incrementando así la capacidad de absorción de nutrientes y agua (Contreras-Cornejo *et al*, 2009). También produce citoquininas, las cuales estimulan la división celular y retrasan la senescencia, manteniendo así las células funcionales durante un período prolongado (Rashad & Abdel-Azeem, 2020). Por último, el ácido abscísico que contribuye a mejorar la adaptación de las plantas frente al estrés abiótico, reforzando su resistencia en condiciones adversas (Chen *et al*, 2019). Los COV, por su parte, colaboran al desarrollo radicular y a la resistencia sistémica contra patógenos (Lee *et al*, 2016). Finalmente, los sideróforos son moléculas que captan hierro en sus formas insolubles (Fe^{+3}), convirtiéndolo en disponible (Fe^{+2}), lo que favorece procesos fisiológicos y bioquímicos fundamentales de la planta (Anke *et al*, 1991).

Alivio al estrés abiótico

Gracias a su capacidad para influir en la estructura morfológica, fisiológica y bioquímica de las plantas, *Trichoderma* puede incrementar la tolerancia al estrés hídrico y salino (Zaidi *et al*, 2014). Este grupo de hongos estimula el desarrollo radicular mediante la producción de fitohormonas, ampliando así la oportunidad de acceso al agua y a los nutrientes disponibles (Wani *et al*, 2016). De la misma manera, optimiza la apertura y cierre de las estomas, favoreciendo procesos como la transpiración, la absorción de dióxido de carbono y la

fotosíntesis, esenciales para el funcionamiento de las plantas bajo condiciones de estrés (Subramaniam *et al*, 2022). Adicionalmente, *Trichoderma* potencia la producción de compuestos antioxidantes que neutralizan las especies reactivas de oxígeno (ROS), protegiendo las células de los daños asociados al estrés abiótico (Boorboori & Zhang, 2023).

Beneficios de la aplicación de *Trichoderma* en caña de azúcar

Dadas las diversas estrategias para promover el crecimiento de las plantas, *Trichoderma* ha emergido como un microorganismo de interés para su uso como bioestimulante, con el objetivo principal de aumentar la productividad de los cultivos, en este caso en la caña de azúcar. Aunque su uso más común ha sido como biocontrolador, la inoculación de *T. harzianum* incorporado con residuos de caña de azúcar ha demostrado mejorar el porcentaje de carbono orgánico del suelo, aumentar la disponibilidad de potasio, favorecer la actividad microbiana, la absorción de nutrientes y la tasa fotosintética, además de lograr un incremento del 16% en el rendimiento de toneladas de caña/ha (TCH) y un 32% en toneladas de azúcar/ha (Shukla *et al*, 2022). En otros estudios, la aplicación de *T. harzianum* y *T. viride* ha mostrado mejoras en parámetros como la germinación (6-14%), el rendimiento de TCH (15%) y la producción de azúcar cruda por hectárea (30-34%), en comparación con tratamientos sin estos hongos (Srivastava *et al*, 2018). También se ha observado que la inoculación concentrada de *Trichoderma* en la etapa de iniciación de retoño aumenta la disponibilidad de micronutrientes, y cuando se aplica junto con ácido salicílico, promueve el aumento en el número de hijuelos, la altura y el grosor de la caña, la cantidad de entrenudos y un incremento del 23% en el rendimiento (Singh *et al*, 2010). Finalmente, se ha demostrado que las plantas de caña de azúcar bajo estrés hídrico inoculadas con *T. asperellum* muestran mejoras en las

concentraciones de pigmentos fotosintéticos, un aumento en la tasa fotosintética, la conductancia estomática, la eficiencia en el uso del agua, las actividades de las enzimas antioxidantes y las concentraciones de prolina y azúcares en comparación con las no tratadas, lo que les permite una mejor resistencia al estrés (Scudeletti *et al*, 2021). Cada uno de estos casos demuestra el importante impacto que puede ejercer el uso de este hongo en la promoción del crecimiento de la caña de azúcar.

Laboratorio de Microbiología Cañera: generación de un bioestimulante a base de *Trichoderma*

El Laboratorio de Microbiología Cañera desempeña un papel esencial en el avance y cumplimiento de los objetivos del sector, especialmente en la regulación de la calidad de los procesos de producción de agentes biológicos, así como en la innovación de proyectos biotecnológicos. Esta última área se ha enfocado en el desarrollo de nuevos insumos a base de microorganismos que promueven el crecimiento del cultivo, como lo es *Trichoderma*. Para esto, el laboratorio cuenta con cepas de notable potencial como bioestimulante, para las cuales se ha optimizado su proceso de producción masiva utilizando arroz como sustrato (figura 2). Este proceso ha sido perfeccionado para garantizar una alta concentración de conidios por gramo, viabilidad, pureza microbiológica y una formulación estable, lo que asegura un producto de excelente calidad. Actualmente, el laboratorio ha seleccionado cepas específicas que iniciarán el proceso de inscripción como bioestimulantes para el cultivo de la caña de azúcar. Este bioinsumo será una herramienta biotecnológica innovadora y eficaz, desarrollada para promover la salud del suelo y mejorar la productividad agrícola del cultivo. Este avance representa un paso importante para la transición hacia prácticas agrícolas más ecológicas y eficientes.



Figura 2. Colonización de *Trichoderma* en sustrato sólido, obtenido en pruebas de optimización de producción masiva por el Laboratorio de Microbiología Cañera, DIECA.

Conclusiones

Trichoderma es un recurso clave para la agricultura sostenible, gracias a su capacidad para promover el crecimiento de las plantas mediante distintos mecanismos. En el cultivo de caña de azúcar, ha demostrado aumentar el rendimiento, optimizar la calidad del suelo y ayudar a las plantas a enfrentar el estrés abiótico, consolidándose como un bioestimulante de gran impacto. El Laboratorio de Microbiología Cañera de DIECA ha identificado cepas prometedoras de *Trichoderma* y perfeccionado un proceso de producción masiva en arroz, garantizando altos niveles de calidad. Estas cepas están en proceso de registro oficial para brindar al sector cañero una herramienta biotecnológica eficiente. Además, se trabaja en el desarrollo de formulaciones que faciliten su aplicación y almacenamiento, promoviendo así prácticas agrícolas más sostenibles y productivas en la caña de azúcar de Costa Rica.

Referencias

Altomare, C., Norvell, W. A., Björkman, T. & Harman, G. (1999). Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus

Trichoderma harzianum Rifai 1295-22. *Applied and environmental microbiology*, 65(7), 2926-2933. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.7.2926-2933.1999>

Alwadai, A. S., Al Wahibi, M. S., Alsayed, M. F., Alshaikh, N. A., Perveen, K., & Elsayim, R. (2024). Molecular characterization of plant growth-promoting *Trichoderma* from Saudi Arabia. *Scientific Reports*, 14(1), 23236. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-73762-5>

Anke, H., Kinn, J., Bergquist, K. E., & Sterner, O. (1991). Production of siderophores by strains of the genus *Trichoderma*: isolation and characterization of the new lipophilic coprogen derivative, palmitoylcoprogen. *Biology of metals*, 4, 176-180. <https://doi.org/10.1007/BF01141311>

Bisen, K., Keswani, C., Patel, J. S., Sarma, B. K., & Singh, H. B. (2016). *Trichoderma* spp.: efficient inducers of systemic resistance in plants. *Microbial-mediated induced systemic resistance in plants*, 185-195. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0388-2_12

Boorboori, M. R., & Zhang, H. (2023). The Mechanisms of *Trichoderma* Species to Reduce Drought and Salinity Stress in Plants. *Phyton (0031-9457)*, 92(8). <https://doi.org/10.32604/phyton.2023.029486>

Chen, K., Li, G. J., Bressan, R. A., Song, C. P., Zhu, J. K., & Zhao, Y. (2019). Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of integrative plant biology*, 62(1), 25-54. <https://doi.org/10.1111/jipb.12899>

Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C., & López-Bucio, J. (2009). *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant*

- physiology*, 149(3), 1579-1592.
<https://doi.org/10.1104/pp.108.130369>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., & Larsen, J. (2022). The Role of Secondary Metabolites in Rhizosphere Competence of Trichoderma. In *Advances in Trichoderma Biology for Agricultural Applications* (pp. 193-225). Cham: Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-91650-3_6
- Contreras-Cornejo, H. A., Schmoll, M., Esquivel-Ayala, B. A., González-Esquivel, C. E., Rocha-Ramírez, V., & Larsen, J. (2024). Mechanisms for plant growth promotion activated by Trichoderma in natural and managed terrestrial ecosystem. *Microbiological Research*, 127621. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127621>
- El Enshasy, H. A., Ambehatabi, K. K., Hanapi, S. Z., Dailin, D. J., Elsayed, E. A., Sukmawati, D., & Malek, R. A. (2020). Trichoderma spp.: A unique fungal biofactory for healthy plant growth. *Rhizosphere Microbes: Soil and Plant Functions*, 573-592. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9154-9_24
- Galeano, R. M. S., Ribeiro, J. V. S., Silva, S. M., de Oliveira Simas, A. L., de Alencar Guimarães, N. C., Masui, D. C., ... & Zanoelo, F. F. (2024). New strains of Trichoderma with potential for biocontrol and plant growth promotion improve early soybean growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s00344-024-11374-z>
- Ghisalberti, E. L., & Sivasithamparam, K. (1991). Antifungal antibiotics produced by Trichoderma spp. *Soil biology and Biochemistry*, 23(11), 1011-1020. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90036-J](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90036-J)
- Gupta, N. (2020). Trichoderma as Biostimulant: Factors Responsible for Plant Growth Promotion. *Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond*, 287-309. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54758-5_13
- Lee, S., Yap, M., Behringer, G., Hung, R., & Bennett, J. W. (2016). Volatile organic compounds emitted by Trichoderma species mediate plant growth. *Fungal biology and biotechnology*, 3, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40694-016-0025-7>
- Mukherjee, P. K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S., & Horwitz, B. A. (2022). Mycoparasitism as a mechanism of Trichoderma-mediated suppression of plant diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, 15-33. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.004>
- Naar, Z., & Kecskés, M. (1998). Factors influencing the competitive saprophytic ability of Trichoderma species. *Microbiological Research*, 153(2), 119-129. [https://doi.org/10.1016/S0944-5013\(98\)80029-3](https://doi.org/10.1016/S0944-5013(98)80029-3)
- Rashad, Y. M., & Abdel-Azeem, A. M. (2020). Recent Progress on Trichoderma Secondary Metabolites. *Fungal Biotechnology and Bioengineering*, 281-303. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41870-0_12
- Shukla, S. K., Jaiswal, V. P., Sharma, L., Tiwari, R., Pathak, A. D., Gaur, A., ... & Srivastava, A. (2022). Trash management and Trichoderma harzianum influencing photosynthesis, soil carbon sequestration, and growth and yield of sugarcane ratoon in subtropical India. *European Journal of Agronomy*, 141, 126631. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126631>
- Singh, V., Singh, P. N., Yadav, R. L., Awasthi, S. K., Joshi, B. B., Singh, R. K., ... & Duttamajumder, S. K. (2010). Increasing the efficacy of Trichoderma harzianum for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(4), 66-71.

- Scudeletti, D., Crusciol, C. A. C., Bossolani, J. W., Moretti, L. G., Momesso, L., Servaz Tubana, B., ... & Hungria, M. (2021). Trichoderma asperellum inoculation as a tool for attenuating drought stress in sugarcane. *Frontiers in Plant Science*, 12, 645542. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.645542>
- Srivastava, S. N., Singh, V., & Awasthi, S. K. (2006). Trichoderma induced improvement in growth, yield and quality of sugarcane. *Sugar Tech*, 8, 166-169. <https://doi.org/10.1007/BF02943654>
- Subramaniam, S., Zainudin, N. A. I. M., Aris, A., & Hasan, Z. A. E. (2022). Role of Trichoderma in plant growth promotion. *Advances in Trichoderma Biology for Agricultural Applications*, 257-280. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91650-3_9
- Wani, S. H., Kumar, V., Shriram, V., & Sah, S. K. (2016). Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *The crop journal*, 4(3), 162-176. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2016.01.010>
- Zaidi, N. W., Dar, M. H., Singh, S., & Singh, U. S. (2014). Trichoderma species as abiotic stress relievers in plants. In *Biotechnology and biology of Trichoderma* (pp. 515-525). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59576-8.00038-2>

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción

Karina Hernández Espinoza, Meteoróloga (Coordinadora y editora)

Katia Carvajal Tobar, Ingeniera Agrónoma

Nury Sanabria Valverde, Geógrafa

 DEPARTAMENTO DE DESARROLLO
 INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

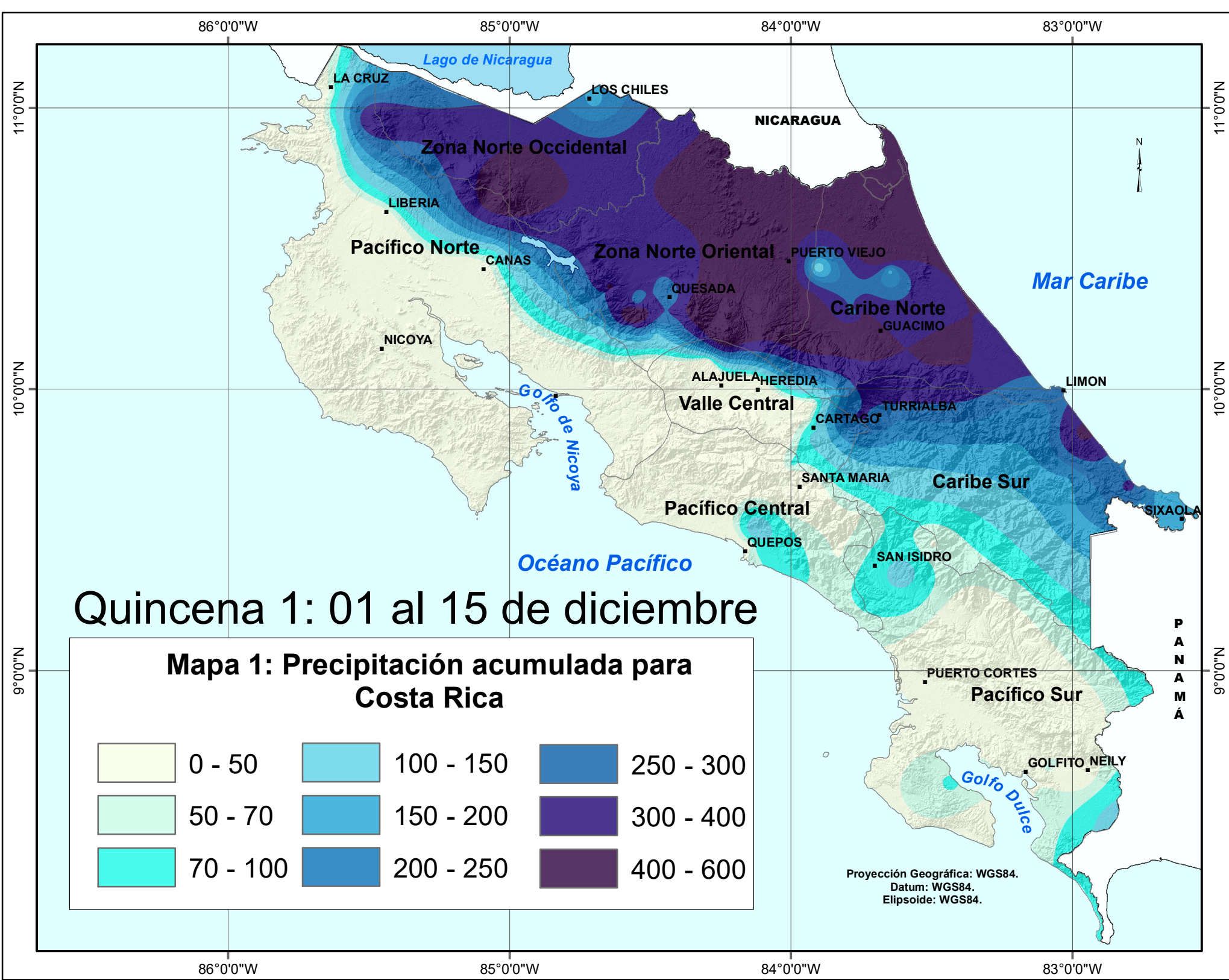
Recomendaciones agrícolas

Erick Chavarría Soto, Ingeniero Agrónomo

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES
 LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Recuerde que puede acceder los boletines en
www.imn.ac.cr/boletin-agroclima y en
www.laica.co.cr

Quincena 1: 01 al 15 de diciembre



Quincena 2: 16 al 31 de diciembre

