

Periodo del 04 de diciembre al 17 de diciembre 2023

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 20 NOVIEMBRE AL 03 DICIEMBRE 2023

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.

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 103 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región cañera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 1 – 13.4 mm y días sin lluvia (21-22, 26 y 28nov-3dic) en la **Región Guanacaste Este**; mientras la **Región Guanacaste Oeste** se registraron entre 1 – 9.3 mm y día sin lluvia (22-23 y 28nov-3dic); en la **Región Norte** se reportó entre 1 – 21.4 mm y días sin lluvia (2 dic). La **Región Puntarenas** presentó entre 1 – 10.1 mm y día sin lluvia (22, 27-28 y 30nov-3dic). La **Región Sur** mostró entre 2.6 – 16.8 mm y día sin lluvia (22, 26-27 y 30nov-3dic). La **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 2.2 – 25.0 mm y día sin lluvia (22-23, 25-26 nov y 1-3 dic). La **Región Valle Central** tuvo entre 1 – 11.0 mm y días sin lluvia (22, 24, 26, 28 nov y 1-3 dic).

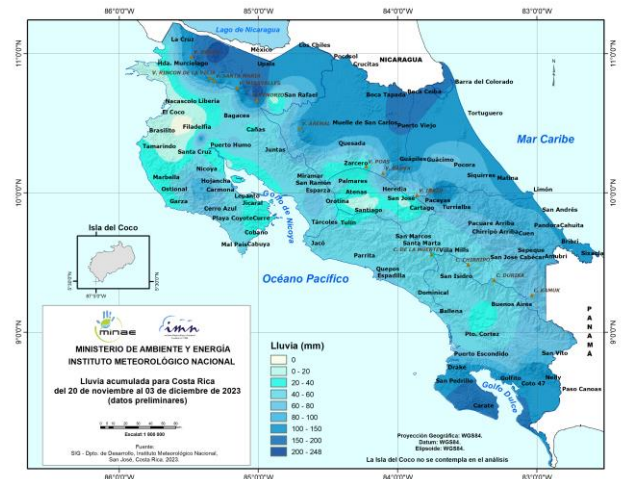


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 20 de noviembre al 03 de diciembre del 2023.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 04 DE DICIEMBRE AL 10 DE DICIEMBRE

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras. La **Región Norte** mantendrá viento del Este más acelerado miércoles y fin de semana; temperatura media sobre lo normal y lluvia deficitaria respecto a lo normal. La **Región Guanacaste (Este y Oeste)** presentará viento del Este con máximo el martes; temperatura media más alta de lo normal; con lluvia deficitaria. En la **Región Sur** se espera viento variable (Este-Oeste) con dominancia del Este hasta el viernes, seguido de dominancia del Oeste; con temperatura media normal y lluvia deficitaria. El **Valle Central (Este y Oeste)** tendrá viento del Este; así como temperatura media sobre lo normal y lluvia deficitaria. Para la **Región Turrialba (Alta y Baja)** se prevé viento del Este, más acelerado entre martes y viernes; temperatura media normal y lluvia deficitaria. La **Región Puntarenas** mantendrá viento variable (Este-Oeste); con temperatura media sobre lo normal y lluvia deficitaria.

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

*“Afectación indirecta del empuje frío #6 el día miércoles.
Sin presencia significativa de polvo Sahariano sobre el país.”*

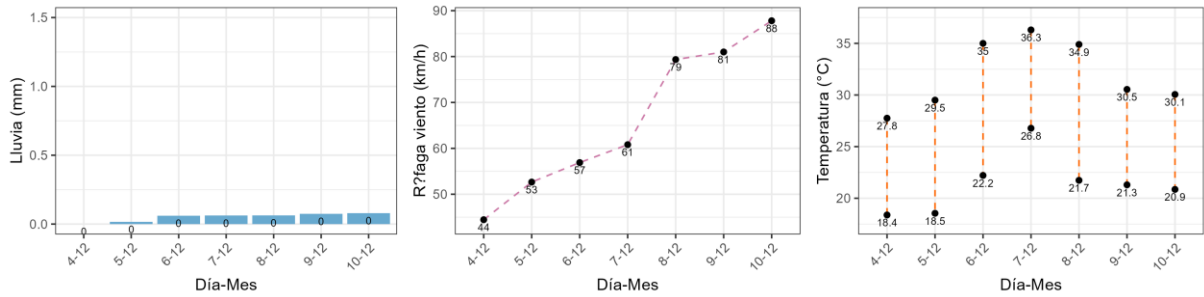


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Guanacaste Este.

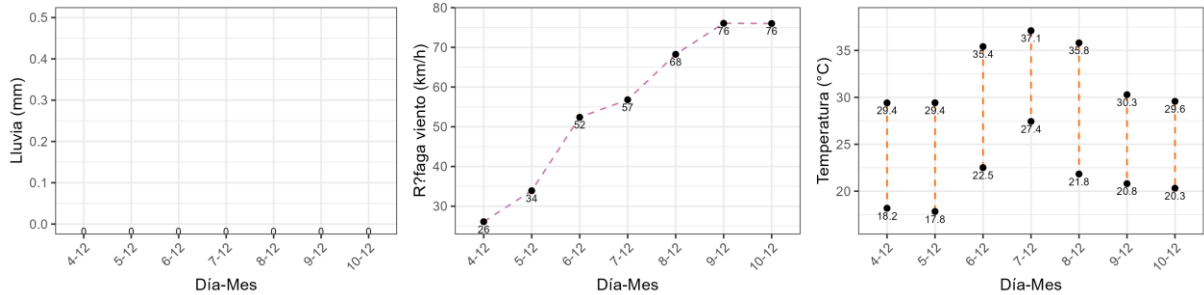


Figura 3 Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

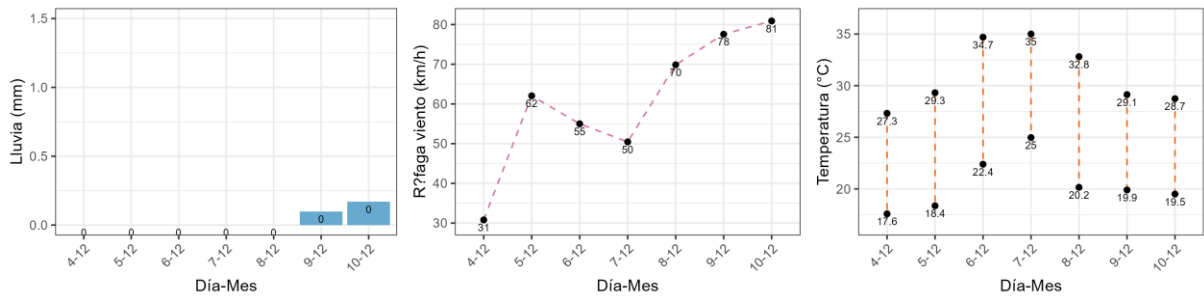


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Puntarenas.

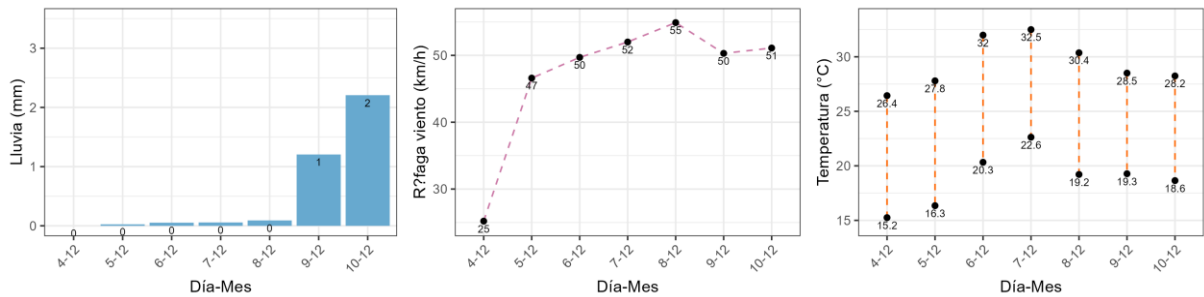


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Región Norte.

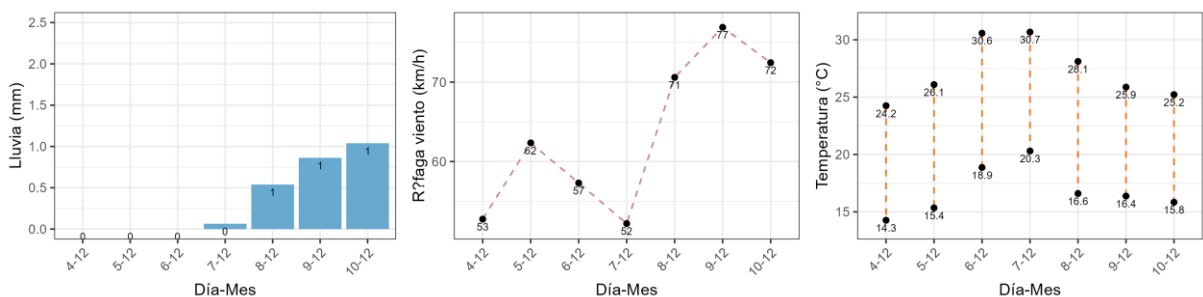


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

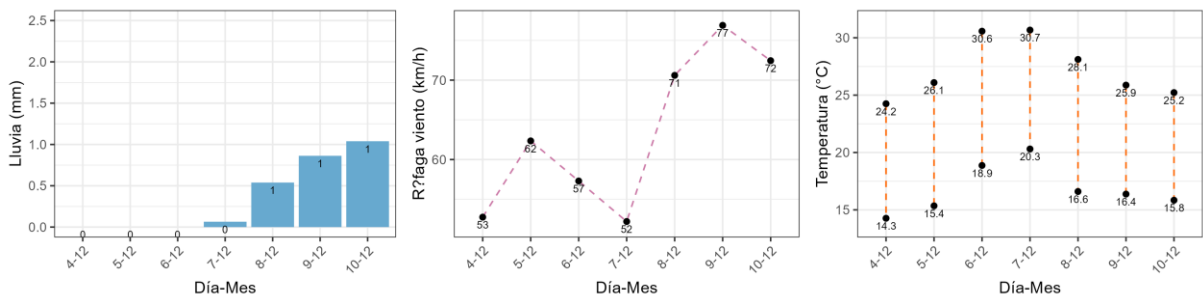


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

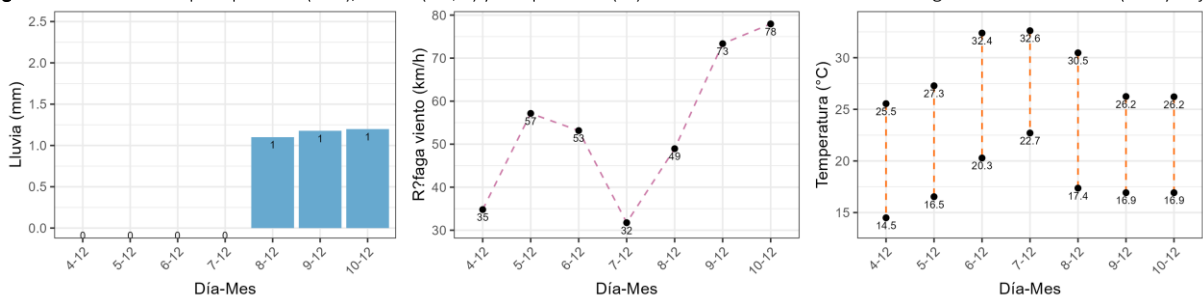


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 04 al 10 de diciembre en la región cañera Región Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 27 DE NOVIEMBRE AL 03 DE DICIEMBRE

La **Región Huatar Norte** mantendrá viento normal de la época; temperatura media más cálida y lluvia normal. La **Región Chorotega (Este y Oeste)** presentará viento normal de la época; con temperatura media más cálida de lo normal y lluvia normal. En la **Región Sur** evidenciará viento normal de la época; con temperatura media más cálida de lo normal y lluvia deficitaria. La **Región Valle Central (Este y Oeste)** mostrará viento normal de la época; así como temperatura media sobre lo normal y menos lluvia deficitaria. La **Región Turrialba (Alta y Baja)** tendrá viento normal de la época, con temperatura media más alta de lo normal y lluvia deficitaria. La **Región Puntarenas** mostrará viento normal de la época, temperatura media sobre lo normal y lluvia normal.

LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:



@IMNCR

Instituto Meteorológico Nacional CR



@InstitutoMeteorologicoNacional



www.imn.ac.cr

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 27 de noviembre al 01 de diciembre de 2023 se tuvieron condiciones de alta saturación en la Región Norte, Región Sur y Turrialba, aunque disminuyó hacia el fin de semana; en el resto de las regiones cañeras se presentaron condiciones de media a baja humedad en los suelos.

Como se observa en la figura 09, las regiones Guanacaste Oeste y Guanacaste Este tienen entre 15% y 60%. La Región Puntarenas presenta entre 15% y 45%; las regiones Valle Central y Valle Central Este están entre 30% y 45%.

La Región Norte tiene entre 15% y 75%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 30% y 75% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) presenta entre 30% y 60%. La Región Sur varía entre 15% y 60% de humedad.

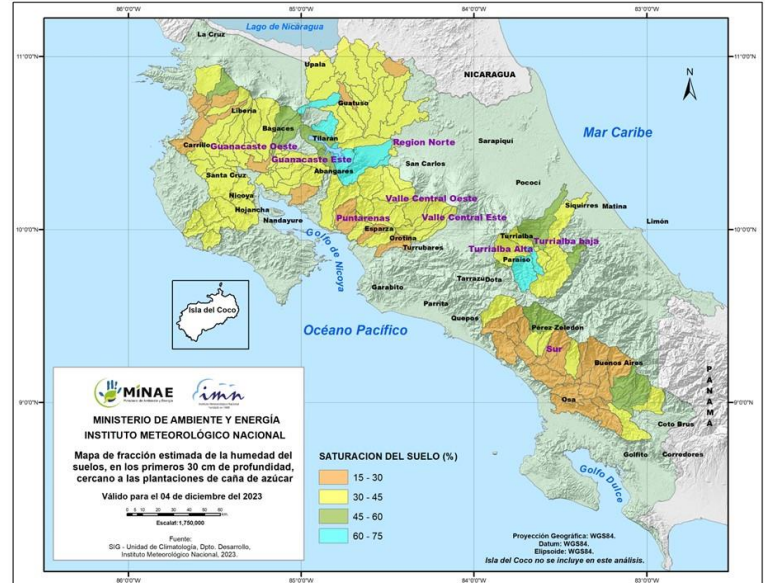


Figura 09. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 04 de diciembre de 2023.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición del Departamento de Desarrollo
 Coordinación: *Karina Hernández Espinoza, Meteoróloga*
Katía Carvajal Tobar, Ingeniera Agrónoma
Nury Sanabria Valverde, Geógrafa
Marilyn Calvo Méndez, Geógrafa

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

NOTA TÉCNICA

Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica ¿qué se ha hecho?, ¿dónde estamos y qué es necesario?

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc.

chavessolera@gmail.com

Especialista cultivo de la Caña de Azúcar

Introducción

Como es conocido de todos quienes se vinculan y relacionan con la agricultura, por muchos años, de manera continua, consistente y casi histórica, técnicos, productores y empresarios han concentrado recursos, esfuerzos e interés por procurar atender la imperiosa necesidad de producir más caña mejorando la **nutrición y la fertilización** del cultivo como criterio de incremento a la competitividad. Este interés y preocupación ha trascendido a las instituciones público-privadas y sus programas operativos, los cuales siempre mantienen un componente estratégico dedicado a la atención de este trascendente e incuestionable tópico. El comercio hace provecho de esa necesidad.

La relación de hechos y la motivación por el tema es simple y muy fácil de comprender y captar, pues el abono o fertilizante significa y representa alimento, comida necesaria para las plantas como seres vivos que son; y nutrición, implica por su parte, salud y bienestar para poder comer, digerir y asimilar bien esos alimentos. Sin buena alimentación es comprensible que no hay energía ni posibilidades de generar y sostener productividades rentables y competitivas. Visto en esa perspectiva, todo el amplio, dinámico y complejo tema de la nutrición y la fertilización de plantas y plantaciones comerciales puede concebirse, visualizarse e interpretarse de esa manera. Pese a todo, algunos no le prestan la relevancia y prioridad necesarias, dejándolo como factor de costo variable y ajustable en tiempos y condiciones de baja rentabilidad, cuando las dosis se reducen a grados inconvenientes.

Como expresara Chaves (2022) con absoluta certeza sobre el tópico aludido:

“El tema de la fertilización de los cultivos es la mayoría de las veces visto de manera simplista y hasta despectivo como práctica de campo de gran relevancia y arraigo tradicional, de la que todos manifiestan en principio y por experiencia conocer a profundidad, interpretando y concibiendo a su vez la labor en apenas “regar producto fertilizante para que las plantaciones crezcan y produzcan”; para lo cual se deben

buscar además como parte del éxito empresarial, fórmulas de bajo costo.

Lo tradicional y familiar de la práctica la convierte en algo habitual a lo que se le presta lamentablemente una atención más comercial que tecnológica, pues la preocupación trasciende y se concentra mayoritariamente en el costo involucrado y menos en la calidad del producto seleccionado y eficiencia de la labor ejecutada integralmente en el campo. Esta concepción y percepción resulta inconveniente y poco consecuente con la realidad técnica y fundamento profundo propio de la complejidad intrínseca que tiene el tema implicado e involucrado con la práctica, cuyas consecuencias positivas y negativas corren y expresan en varias direcciones: productiva, nutricional, ambiental, financiera y la asociada con la calidad del producto final.”

Buscando resolver, atender y satisfacer esa pretensión e imperiosa necesidad del campo la ciencia relacionada con la físico-química de los suelos, la industria de los fertilizantes y la mejora de los sistemas de producción, criterios e instrumentos para la aplicación óptima de nutrimentos ha evolucionado de manera impresionante en los últimos ciento cincuenta años, cuando se ha logrado conocer a profundidad sobre la función y la funcionalidad de los nutrimentos en el suelo y en la planta. Otros campos vinculados con la biología y la microbiología de los suelos, la fisiología y el metabolismo vegetal son de evolución más reciente; al igual que el vínculo sinérgico y antagónico de los fertilizantes y acondicionadores del suelo con los ecosistemas y el ambiente.

Si consideramos por otra parte que la población mundial de acuerdo con los datos que proporciona el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA, por sus siglas en inglés), estimó en julio del 2023 la población global en 8.045 millones; siendo la India (1.429 millones), China (1.426 millones), los Estados Unidos de América (340 millones), Indonesia (278 millones) y Pakistán (241 millones) los países con más habitantes del orbe y que en conjunto representan el 46,2% (Wikipedia 2023). En esta coyuntura el tema de la nutrición cobra cada vez especial relevancia al observar un cambio anual en el ritmo

de crecimiento del 0,9%, que obliga producir más y mejores provisiones para satisfacer las necesidades alimentarias mundiales.

Esa población creciente depende irremediablemente del sector agropecuario, acuícola y marítimo identificado con las plantas, animales y productos del mar como recursos, para poder proveer y satisfacer sus progresivas necesidades alimentarias y, las plantas, por su parte, requieren de los nutrimentos minerales para lograr su crecimiento y desarrollo en los niveles requeridos.

Resulta entonces cierto, prudente y necesario aceptar que por muchos años las personas e instituciones relacionadas con la agricultura, han concentrado y encaminado buena parte de sus esfuerzos en procura de mejorar los rendimientos agrícolas, también los industriales y los indicadores generales de calidad de las plantaciones comerciales de caña de azúcar, mediante el uso de enmiendas, abonos orgánicos, fertilizantes, activadores y modificadores del suelo; todo con el fin de maximizar la relación producción: insumo, optimizando su empleo y los productos finales e intermedios obtenidos.

El presente documento se formula con el objetivo primordial de recopilar, identificar y comentar de manera genérica y muy sucinta elementos asociados con el tema de la nutrición y la fertilización del cultivo de la caña de azúcar, procurando reconocer los tópicos abordados, investigados y desarrollados por nuestro sistema nacional de investigación e innovación a través de los años; evidenciando a su vez los vacíos y las áreas de gestión más débiles donde resulta necesario e imperativo interceder buscando estratégicamente ajustarse a los tiempos y lograr con ello un conocimiento más completo y equilibrado del cultivo en estas materias.

Tópico amplio y complejo

Cuando de nutrir y fertilizar los cultivos de proyección y con aspiración comercial se trata, entre ellos la caña de azúcar, el tema nutricional no resulta fácil de abordar y confrontar con la capacidad y la profundidad necesarias, sabiendo que en esa compleja ecuación multifactorial participan una gran cantidad de elementos asociados con el suelo, la atmósfera, el agua y la planta, entre otros. Entre ellos se establecen relaciones directas e indirectas, simples y múltiples de interacción y combinación con alcances sinérgicos, aunque también antagónicos, que determinan en alto grado el efecto final esperado y alcanzado.

Por esta razón, cuando se aspira a realizar una interpretación objetiva, realista, completa y fidedigna de lo actuado en el campo institucional, académico y científico y, sobre todo, de juzgar lo

logrado en materia de nutrición y fertilización de la caña de azúcar, se debe inevitablemente ser muy prudente y cauteloso, pues podría partirse de inferencias inexactas y/o incompletas que conlleven a aseveraciones y conclusiones construidas sobre bases débiles, y por tanto poco representativas de la realidad del campo.

Siempre es válido y obligado insistir, reiterar y enfatizar en el hecho de la complejidad implícita e intrínseca del tópico diagnosticado, analizado y valorado; donde la participación de tantos y diferentes factores puede confundir y hasta limitar su verdadera participación en la fisiología y el metabolismo natural de la planta como mecanismo inductor de la producción y la productividad agrícola e industrial del cultivo. Es imperativo e insoslayable por ello, analizar por separado y de manera independiente cada factor involucrado para luego mediante su unificación y articulación, lograr un criterio integrado más ajustado a la situación real del entorno agroproductivo.

Como apuntara Chaves (2022) al respecto con sentido pragmático:

*“Es imperativo diferenciar e interpretar correcta y discrecionalmente los conceptos de **fertilizar y nutrir**; como también entender lo que significa **función y funcionalidad** de los elementos en materia nutricional. Sin el entendimiento profundo y correcto de la práctica, la labor del agricultor seguirá siendo la de simplemente “regar fertilizante en el campo” con las consecuentes ineficiencias y pérdidas derivadas.”*

El contexto agroproductivo actual de la caña de azúcar en el país se torna algo complejo virtud de los profundos cambios acontecidos en relativamente poco tiempo, promovidos principalmente por el desplazamiento geográfico que han padecido las plantaciones comerciales de caña por razones urbanísticas, de costos implicados, surgimiento de mejores opciones comerciales, carencia de suficiente mano de obra calificada, concentración de la producción en la zona baja (<300 msnm) del Pacífico Seco representada por las provincias de Guanacaste y Puntarenas. Dicha movilización a inducido tener que desplazar las plantaciones a zonas y localidades dotadas de condiciones topográficas y de fertilidad de suelos más limitantes, situadas a un mayor distanciamiento de los centros de acopio y procesamiento de la materia prima, operadas con costos implícitos más elevados que poco han contribuido con la estabilidad del sector. El inobjetable cambio climático, el dinámico cambio generacional, el cierre de ingenios, las nuevas imposiciones ambientales y normativa legal vigente, las exigencias comerciales y la baja rentabilidad general de la actividad han también favorecido el profundo cambio estructural, funcional y operativo acontecido.

Rutas inevitables

En un sentido realista y muy pragmático resulta incuestionable e insoslayable para cualquier actividad productiva, sector, institución o empresario tener que reconocer y aceptar que deben seguirse y respetarse sin objeción ni justificación los nuevos condicionantes impuestos por los exigentes y competitivos mercados nacionales y externos en cuanto a calidad, trazabilidad, respeto al ambiente y obligaciones sociales si se desea mantener vigencia, mejora continua y sostenibilidad comercial en el negocio agrícola. Caso contrario cualquier emprendimiento comercial quedará descontextualizado y sin posibilidades de éxito.

Las nuevas rutas dispuestas en la actualidad para alcanzar el desarrollo, posicionamiento y crecimiento comercial transitan en el tema abordado por el presente documento, por derroteros muy diferentes a los impuestos en tiempos recientes, por cuanto muchos de los principios convencionales y tradicionales que fundamentaron y sustentaron la “Revolución Verde”, la política de “Sustitución de Importaciones” o en alto grado el “Incremento a la Productividad” han sido superados con creces. Los mismos cuyo accionar operativo se sustentaba en el empleo con excesos (no optimizado) de insumos, fertilizantes y mecanización, entre otros; se han sustituido por criterios basados en el respeto y la armonía con el ambiente, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, la adecuación de los sistemas agroproductivos y la optimización de los recursos empleados en la producción, la conservación de recursos naturales como el agua y el suelo, la mitigación del cambio climático, la integración social, la incorporación de género, la trazabilidad y calidad nutricional de los productos finales, entre otros.

Este profundo, inevitable y obligado cambio de paradigmas surgidos en el campo y la agroindustria debe ser sustentado y abordado con nuevos criterios y conductas que tornan más difícil hacer agricultura y producir con calidad y ecoeficiencia, para mantener niveles de sustentabilidad y eco-competitividad satisfactorios como las circunstancias lo imponen.

Práctica cuestionada pero necesaria

No es secreto ni desconocido para nadie que la preocupación de las naciones industrializadas, las comunidades y los consumidores crece cada vez más con el tiempo en relación al empleo de agroquímicos y en particular de los fertilizantes sintéticos. Muchos ciudadanos se sienten válidamente preocupados y alarmados ante las amenazas y peligros que se ciernen para la naturaleza, el ambiente, el clima y su salud, como resultado de la impericia y el uso excesivo e inadecuado

de los mismos; hay lamentablemente antecedentes que refuerzan y justifican esa creciente intranquilidad.

Las amenazas comprenden la contaminación o polución, la destrucción de hábitats, el agotamiento de los recursos minerales y biológicos naturales, los cambios surgidos en el clima causados por la combustión de combustibles fósiles (efecto invernadero), el agotamiento de la capa de ozono, la degradación y desertificación de los suelos, la contaminación de fuentes acuíferas; así como el posible vínculo con enfermedades graves.

En este complejo contexto la agricultura moderna es considerada por muchos como un factor que contribuye de manera importante a los actuales males ambientales que afectan el orbe. Se considera que el agro es una fuente principal de contaminación por eutrofización de las aguas marinas y también las de uso humano, incrementando las concentraciones de nitratos (NO_3^-) en las fuentes acuíferas subterráneas y superficiales, presencia de residuos de agroquímicos en la tierra, en el agua y los alimentos; también por la pérdida de biodiversidad.

Al respecto cabe aceptar que la agricultura como el resto de la sociedad, no han sido todo lo técnica y ambientalmente conscientes y responsables como se hubiera deseado, requiriendo por ello la adopción de normas legales, protocolos y cambios de procedimiento adecuados en la forma de producir y manipular los alimentos y recursos empleados para su producción. Las enmiendas y los fertilizantes ocupan en este sentido un rol principal y determinante en toda esa cadena de preocupación que debe revisarse y mejorarse sustantivamente de manera continua.

Es así como los complejos y multivariados temas relacionados con la agricultura y el ambiente cobran máxima relevancia en la actualidad, lo que amerita atención, investigación, información y mucha educación. No cabe duda de que existe actualmente un enorme bagaje de conocimientos científicos y experiencias muy valiosas y provechosas en este campo, que el debate público no siempre valora, considera e informa correctamente, en un afán claro de desprestigiar y descalificar los sistemas agroproductivos vigentes y productos empleados en la producción de alimentos.

Es por tanto de máxima prioridad comunicar bien lo que se sabe, emplear correctamente lo que se dispone, innovar y buscar nuevos conocimientos y tecnologías donde sea necesario y se precise. En este sentido, se debe tener la firme convicción de que los fertilizantes como las medicinas y los alimentos cuando son empleados correctamente con sensatez y criterio técnico son insumos ambientalmente benignos, que resultan indispensables en la difícil

pero obligada tarea de hacer agricultura para alimentar la creciente población mundial. Las prácticas y los sistemas empleados por la agricultura moderna que involucra el uso de enmiendas y fertilizantes deben insoslayablemente mejorarse de manera sistémica, dinámica y continua, favoreciendo una adaptación ambiental más rigurosa y segura.

Constituye una realidad inobjetable y obligada reconocer y sobre todo aceptar, que **la valoración y el juzgamiento justo de las prácticas, los sistemas y los procedimientos agronómicos empleados por la agricultura en los tiempos actuales, dejaron de ser elementos propios, exclusivos y particulares circunscritos estrictamente al ámbito de la comunidad agricultora; pues ahora pertenecen a la comunidad mundial, lo que obliga a su análisis, ajuste permanente y mejora continua.**

Peligros y preocupaciones vigentes

En el campo propiamente de la nutrición y la fertilización de plantas rústicas pero exigentes como la caña de azúcar, las preocupaciones prevalentes actualmente y los peligros potenciales existentes son múltiples y muy diversos en su naturaleza, calidad, intensidad y consecuencias potenciales, como puede resumirse en los siguientes aspectos a considerar y tener presentes en la materia con el fin de mitigar efectos indeseables y mejorar la eficiencia de los productos (Chaves 2015):

- 1) Atenuar y resolver el problema de la acidez activa (Al_3^+) presente en el suelo.
- 2) Mantener el pH situado en valores aceptables (pH 6,5≈7,5) para efectos nutricionales.
- 3) Reducir y neutralizar las concentraciones de elementos con potencial tóxico (Al, Fe, Mn, Cu).
- 4) Evitar el uso descontrolado, sin pericia técnica y excesivo de agroquímicos sintéticos.
- 5) Evitar aplicar dosis altas y excesivas de enmiendas y nutrimentos sin base científica.
- 6) Hacer uso prudente, racional, óptimo y oportuno de fuentes enalantes comerciales ($CaCO_3$, $CaOH$, CaO , $CaSO_4^-$, $CaSiO_4$, dolomita).
- 7) Regular y optimizar el empleo de los fertilizantes nitrogenados (NO_3^- , NH_4^+ , CH_4N_2O).
- 8) Conocer, atender y respetar los principios de función y funcionalidad de los nutrimentos en el suelo y la planta.
- 9) Atender y reconocer la importancia y actividad del elemento acompañante del producto principal contenido en la fórmula comercial utilizada.
- 10) Incorporar, asegurar y mantener una nutrición eficiente, equilibrada y rentable.
- 11) Evitar la pérdida por lavado, lixiviación o gasificación de nutrimentos esenciales, principalmente nitrogenados (CH_4 , NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , N_2).
- 12) Evitar la contaminación de fuentes acuíferas por nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}).
- 13) Eliminar el uso de fertilizantes nitrogenados (urea) con presencia de contenidos altos de biuret o biureto ($C_2H_5N_3O_2$) tóxico.
- 14) Eliminar y mitigar la emisión de óxido nitroso (N_2O) a la atmósfera a partir de fuentes nitrogenadas.
- 15) Evitar la pérdida de nitrógeno como NO_3^- , NO_2^- , N_2O , N_2 de consecuencias indeseables.
- 16) Regular, optimizar y mantener las relaciones iónicas fundamentales: C/N, N/K, P/S, Ca/Mg, Ca/K, K/Mg, Ca+Mg/K.
- 17) Conocer las necesidades y exigencias nutricionales y fisiología de la caña de azúcar según estado vegetativo, fenología del cultivo y condiciones del entorno agroproductivo.
- 18) Fertilizar estrictamente con base en un análisis representativo de suelo y de ser viable foliar.
- 19) Corregir suelos y fertilizar con base en un programa establecido por lote, tipo de suelo, variedad sembrada, estado vegetativo del cultivo (planta-soca), número de cosechas (socas) y expectativas productivas esperadas.
- 20) Emplear las fuentes fertilizantes apropiadas en la dosis, momento y forma más oportuna.
- 21) Disponer de humedad en el suelo al momento de fertilizar.
- 22) Valorar la posibilidad de fraccionar la fertilización particularmente en localidades de alta precipitación.
- 23) Procurar incorporar al suelo el fertilizante aplicado (desaporca-aporca).
- 24) Referenciar antecedentes y comprobar la efectividad en el caso de las aplicaciones foliares.
- 25) Propiciar el uso de materiales orgánicos de calidad y rentabilidad comprobada.
- 26) Experimentar con el uso de abonos verdes (*Vigna*, *Mucuna*, *Crotalaria*, *Canavalia*) como complemento nutricional y de mejora del suelo; también en rotación de cultivos durante la renovación de plantaciones agotadas o siembra de nuevas.
- 27) Evitar la preparación innecesaria y excesiva del suelo inductora de pérdidas de humedad y CO_2 emitido a la atmósfera.

- 28) Considerar y procurar en la medida de las posibilidades contrarrestar de previo de estar presentes, problemas de compactación y erosión (hídrica, eólica) del suelo.
- 29) En sistemas de producción situados en condición de ladera (con pendiente) se deben tomar las precauciones y consideraciones del caso de acuerdo al sitio por fertilizar (alto, medio, bajo). Las consideraciones técnicas son diferentes.
- 30) Siempre resulta necesario y obligado pero muy valioso revisar antecedentes climáticos, de investigación del lugar y también consultar al técnico de la región.

Áreas de trabajo desarrolladas

Lo actuado, atendido y abordado históricamente por el sector cañero-azucarero nacional (LAICA, DIECA), la academia, la institucionalidad pública a través del Ministerio de Agricultura e industria (MAI) en un principio y luego por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), sumado a la empresa privada comercial, es sin duda satisfactorio en cuanto a contenido y cobertura temática, no así en continuidad y profundidad de los tópicos desarrollados como se analizará más adelante.

El Cuadro 1 identifica, expone y menciona con gran detalle 104 temas que se considera de acuerdo con lo recabado de la información histórica existente y debidamente documentada, se ha en algún momento investigado, mencionado, acreditado y referido en publicaciones técnicas nacionales tanto institucionales, de seminarios, congresos y cursos realizados y de procedencia comercial nacional. Los asuntos tratados van orientados en las tres grandes áreas de gestión desarrolladas y aplicadas en este caso exclusivamente a la caña de azúcar, como son: **suelos, nutrición y fertilización**.

Se infiere y concluye a partir de un análisis detallado del contenido temático de dicho cuadro, la excelente lectura técnica desarrollada a través del tiempo por quienes les correspondió actuar al respecto, con un abordaje de temas muy amplio y completo, dejando por fuera

la verdad muy pocos asuntos de importancia referidos a tópicos de interés tecnológico (Figura 1). En una primera instancia pareciera entonces que el tema de los suelos, la nutrición y la fertilización aplicada a la caña de azúcar cuenta y cumple con todos los requerimientos necesarios que un tópico trascendente como el tratado requiere para ser calificado como completo y suficiente. Sin embargo, como se comentará con detalle más adelante, la profundidad y continuidad de los tópicos tratados es en muchos casos débil, superficial e insuficiente lo que genera demandas importantes aún por satisfacer como lo refiere el Cuadro 3.

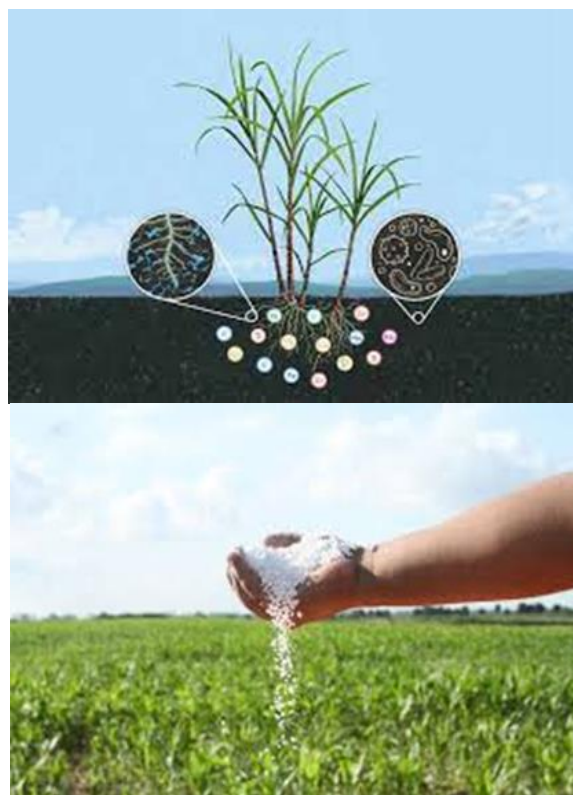


Figura 1. La nutrición y la fertilización constituyen ejes primarios del incremento a la productividad.

Cuadro 1. Tópicos (104) abordados con la investigación en materia de suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.

Temas investigados y desarrollados		
N	Variación estacional de nutrimentos	Fertilización zonas baja-media-alta
P	Relaciones catiónicas	Fertilización ciclo vegetativo planta-soca
K	Materia Orgánica (MO) y mineralización	Muestreo de suelo - foliar
Ca	Fijación de nitrógeno atmosférico (N ₂)	Modalidades de muestreo de suelos
Mg	Uso de Diciandiamida	Diagnóstico suelo - planta
S	Nutrición, fisiología y metabolismo	Análisis físico-químicos de suelos
Zn	Estrés mineral	Levantamientos regionales y locales
B	Taxonomía de suelos	Laboratorio de suelos y foliares
Mn	Orden Andisol	Raíces
Si	Orden Inceptisol	Función y funcionalidad nutrientes
Al	Orden Mollisol	Respuesta variedades a fertilización
N-P	Orden Ultisol	Manejo fertilización de plantaciones
N-K	Orden Vertisol	Manejo orgánico de plantaciones
N-P-K	Extracción y remoción de nutrientes	Degradación de suelos
P-S	Encalado y calidad de correctivos	Manejo del suelo
Ca - S	Abonos orgánicos	Preparación y nivelación
CaCO ₃ (Carbonato)	Bagazo	Compactación
CaSiO ₄ (Silicato)	Cachaza	Erosión
CaSO ₄ (Yeso agrícola)	Vinazas	Conservación
CaO (Cal viva)	Uso de residuos y derivados	Manejo sostenible de suelos y plantaciones
CaOH (Hidróxido)	Cultivos intercalados	Sistemas de producción nacional
Dolomitas	Abonos verdes	Zonificación agroecológica
Rocas Fosfóricas	Fertilizantes líquidos	Relación clima-suelo-planta-agua
NH ₄ ⁺	Aplicaciones foliares	Ambientes agroproductivos nacionales
NO ₃ ⁻	Fertilizantes de lenta liberación	Estrategia NAMA Caña de Azúcar
N ₂ O	Fertilización orgánica-inorgánica	Evaluación niveles de tecnología
N-K evaluado en Internudo 8-10	Fertilización comercial de plantaciones	Parcelas de verificación y validación
CaCO ₃ vs cachaza	Fuentes fertilizantes	Guías regionales de cultivo
CaCO ₃ vs variedades	Dosis	Problemas, limitantes y errores
N-P-K vs variedades	Formas de aplicación	Fertilización y productividad
Ca/Mg en suelo y planta	Forma de colocación	Rentabilidad de aplicaciones
P vs densidad de siembra	Fraccionamiento	Producción y productividad agroindustrial
Estimación Sistema DRIS	Épocas de aplicación	Desarrollo institucional
Acidez de suelos	Estimación de dosis óptimas	Investigación e innovación
Salinidad de suelos	Factores de eficiencia de la fertilización	

Fuente: Elaborado por el autor con información propia.

¿Qué se tiene?

Todo lo investigado y actuado a la fecha en la materia valorada permitió oportunamente (Chaves 1999ab, 2017), diseñar, formular y actualizar con gran esfuerzo una novedosa, interesante y valiosa *“Superficie de Respuesta Nutricional”* con aproximación de la respuesta mantenida por la caña de azúcar a la aplicación en el país de diferentes enmiendas y nutrimentos esenciales al suelo. La información se expone en dicho caso por nutrimento, ciclo vegetativo y región agro productora de caña, indicando el ámbito (bajo-alto) aproximado y probabilísticamente con mayor posibilidad de respuesta de la planta a su incorporación. Como es comprensible

entender en la propuesta técnica planteada se integran de manera indiscriminada órdenes y subórdenes taxonómicos (según USDA) de suelo, ambientes climáticos y productivos vinculados, variedades sembradas, sistemas de producción, manejo diferenciado de plantaciones y número de cosechas en el caso de las socas (retoños); tampoco se consideran y discriminan las fuentes de nutrimentos empleadas, épocas y formas de aplicación, lo que puede confundir y generar algún sesgo en el resultado. Pese a todo, la información es muy valiosa virtud de su uso y aplicación pragmático, pese a lo cual debe mejorarse y mantenerse siempre actualizada y vigente.

Como se indicó, la información generada y contenida en esa superficie aproximada de respuesta nutricional resulta de enorme valor para interpretar con mucha certeza las necesidades nutricionales y la respuesta potencial de la planta de caña a la adición de fertilizantes según región agroproductora y ciclo vegetativo; lo cual, con el paso del tiempo se ha demostrado que lo apuntado tiene excelente correlación con lo que acontece realmente en el campo, como puede fácilmente demostrarse con los niveles de fertilización incorporados en la actualidad en el ámbito comercial.

Es claro y comprensible que queda aún mucho por hacer y desarrollar en esta materia, como es:

- 1) Actualizar periódicamente los ámbitos de respuesta nutricional.
- 2) Definir la dosis apropiada por optimización matemático-estadística que identifique y determine puntualmente el máximo físico de respuesta y la mejor dosis optimo-económica bajo criterio de variable continua y no finita.
- 3) Ampliar y segregarse la información incorporando como nuevo indicador los órdenes y subórdenes de suelo.
- 4) Incorporar a futuro ambientes productivos por zonas agroecológicas.
- 5) Asociar la genética de plantas (variedades sembradas) como factor discriminante.

Cuadro 2. Ámbitos de respuesta de la caña de azúcar a la adición de nutrientes esenciales aplicados al suelo en Costa Rica, según región productora y ciclo vegetativo.

Región	Ciclo Vegetativo	Superficie de Respuesta (kg/ha)					t/ha
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO _x	
Guanacaste	P	80 - 150	60 - 100	80 - 100	0	80	0
	S	100 - 150	50 - 100	80 - 140	0	80	0
Pacífico Central	P	80 - 150	60 - 100	80 - 100	0	80	0 - 1
	S	100 - 150	50 - 100	80 - 140	0	80	0 - 1
Zona Norte	P	110 - 150	120 - 200	130 - 180	40	40	0 - 1,5
	S	120 - 150	100 - 150	130 - 160	40	40	0 - 1,5
Valle Central	P	120 - 180	130 - 160	120 - 160	40	40	0 - 1,5
	S	130 - 180	130 - 160	150 - 200	40	40	0 - 1,5
Turrialba- J. Viñas	P	120 - 180	120 - 200	120 - 160	40	40	0 - 1,5
	S	130 - 180	100 - 150	150 - 200	40	40	0 - 1,5
Zona Sur	P	120 - 150	150 - 200	130 - 180	40	40	1 - 2
	S	120 - 150	180 - 200	150 - 180	40	40	1 - 2
Zonas Altas (> 1.000 msnm)	P	140 - 300	160 - 200	160 - 200	60	60	0,5 - 2
	S	140 - 300	130 - 150	160 - 250	60	60	0,5 - 2
Total / Promedio	P	80 - 300	60 - 200	80 - 200	0 - 60	40 - 80	0 - 2
	S	100 - 300	50 - 200	80 - 250	0 - 60	40 - 80	0 - 2

Fuente: Chaves (1999ab; 2017).

P = Ciclo Caña Planta S = Ciclo Caña Soca o Retoño

¿Qué falta? ¿Dónde y en qué aspectos actuar?

Pensar en mejorar el cultivo es siempre una motivación y obligación insoslayable que conlleva necesariamente realizar una lectura y valoración estricta y objetiva de lo actuado y logrado a la fecha; lo cual incluye inobjetablemente virtud de su relevancia y trascendencia

involucrar el tema de la nutrición y la fertilización con sus factores asociados clima, suelo, agua, planta y manejo. En ese ejercicio se debe ser muy visionario y respetuoso respecto al derrotero que lleva la actividad comercial en relación a las nuevas reglas, principios y requerimientos impuestos por el comercio agrícola y sobre todo el consumidor que adquiere y paga por los productos, en este caso azúcar.

El tópico es muy amplio, multivariado y complejo y evoluciona muy rápidamente, pues como manifestara Chaves (2022i) en torno a la nutrición vegetal "A la fecha se reconocen en la caña de azúcar un total de 17 nutrientes declarados por su función como esenciales, como acontece con C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S reconocidos como macronutrientes; complementados con otros 8 micronutrientes por la menor concentración en que son requeridos y absorbidos: Fe, Zn, B, Mn, Cu, Mo, Cl y Ni. El níquel (Ni) representa el de más reciente incorporación en ese grupo selecto."

En el Cuadro 3 se identifican y anotan como referencia un total de 52 asuntos específicos y temas estratégicos e importantes de incorporar, investigar, fortalecer y desarrollar con carácter prioritario y pronto en materia de nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. Como se infiere de su lectura y revisión, podría considerarse con buen argumento que algunos de ellos son repetitivos y ya están suficientemente investigados, no requiriendo por ello más desgaste y gasto en su atención; lo cual es parcialmente cierto, pero no concluyente, por cuanto uno de los grandes problemas y limitaciones observadas en la revisión de lo actuado (Cuadro 1), es precisamente la falta de consistencia, continuidad y finalización en el abordaje de los tópicos investigados.

Dicha conclusión identifica falencias graves en materia de nutrición y fertilización aplicadas al cultivo de la caña de azúcar que es necesario solventar y superar de inmediato para lograr maximizar los beneficios potenciales deseados, como son entre otras las siguientes:

- 1) Los asuntos planteados y tratados como prioritarios no parecieran partir en muchos casos de las demandas y necesidades del campo y los productores. Son por su contenido de interés exclusivo del investigador o referente institucional y comercial involucrado.
- 2) Las metodologías y criterios técnico-científicos empleados no son siempre los mejores, los más modernos y más convenientes al asunto tratado lo que debilita los resultados. Es imperativo unificar metodologías, procedimientos, instrumentos e indicadores que eviten sesgos innecesarios que desvirtúan y descalifican muchas investigaciones.

- 3) Se carece por lo general de indicadores técnico-productivos apropiados, representativos y reveladores que permitan establecer resultados y conclusiones eficientes y utilitarias.
- 4) La hipótesis de trabajo cuando es planteada y perceptible es confusa o ajena a la realidad del asunto tratado. Por lo general se carece de ella.
- 5) Mucha de la nombrada y concebida “investigación” responde más a “experimentación” por carecer de método científico y rigurosidad en los criterios de trabajo empleados, basados en elementos de simple “aplicación-respuesta”.
- 6) Los objetivos trazados en las investigaciones desarrolladas no siempre responden a las necesidades prioritarias del campo recabadas a partir de una lectura correcta y oportuna de demandas y posibilidades técnicas.
- 7) Muchos de los temas abordados se investigan de manera aislada y ocasional, careciendo del seguimiento y la continuidad necesaria que genere la consistencia deseada en sus resultados. La investigación es aislada y fraccionada.
- 8) Los resultados obtenidos no permiten siempre establecer inferencias y conclusiones claras con la certeza y contundencia necesarias.
- 9) Se carece casi de manera general de valoraciones de carácter económico-financiero en las investigaciones desarrolladas que den sustento y certeza a las recomendaciones posteriores.
- 10) Poco o nada se integra e involucra el factor ambiental en las investigaciones realizadas.
- 11) Falta lectura sobre potenciales y necesidades futuras por explorar en el área nutricional.
- 12) Los investigadores nacionales poco revisan y consultan sobre antecedentes de lo ya ejecutado y logrado en el país, por lo que casi siempre “parten de punto cero” o recurren a resultados externos nada o poco válidos en sus justificaciones técnicas.
- 13) Los estudios son en general muy puntuales en el asunto investigado y de limitada interacción de factores, lo que reduce su alcance interpretativo.
- 14) Es necesario desarrollar alguna información básica importante sobre nutrición del cultivo donde la participación de la academia resulta obligada virtud del sofisticado contenido técnico-científico involucrado. El trabajo en laboratorio e invernadero bajo condiciones controladas se torna muy necesario. El apoyo a las tesis para graduación universitaria (Lic., MSc, Dr., PhD) son la fórmula para resolver esta necesidad con la calidad y capacidad necesaria.
- 15) Se carece de mucha profundidad técnico-científica en el tratamiento, explicación y justificación de los asuntos abordados y resultados obtenidos.
- 16) El análisis estadístico es casi un ausente en muchos de los estudios realizados. Esa carencia es criticable, injustificada e inaceptable.
- 17) Los resultados sobre dosis no se optimizan empleando instrumentos y métodos matemáticos y estadísticos válidos como regresiones y valoraciones financieras, lo que los torna apenas puntuales con criterio discontinuo y no continuo como corresponde. Es imperativo maximizar el máximo productivo como también el óptimo económico.
- 18) Buena parte de los estudios de investigación carecen de una publicación final bien formulada donde se consideren los criterios, elementos y metodologías empleadas; lo que limita conocer elementos fundamentales y su posible replicación posterior.
- 19) Las recomendaciones comerciales carecen de la verificación, validación y escalamiento previo y obligado en el campo, lo que crea un inconveniente espacio a la duda sobre su real efectividad al replicarlo a nivel comercial. El asunto se torna preocupante y peligroso en el caso de las recomendaciones emitidas por empresas comerciales en favor de sus productos. DIECA debe llevar y mantener sin objeción ni justificación el liderazgo nacional en esta materia.
- 20) Es notoria actualmente la carencia de una línea conductora institucional unificada, articulada e integrada en materia de investigación y capacitación sobre el tema, lo que genera solo esfuerzos aislados sin metas sectoriales claras.
- 21) La deficiencia y falencia anterior conduce al desgaste innecesario y al mal uso de recursos humanos, financieros y operativos valiosos e insuficientes, lo que es muy criticable.

Con base y fundamento en todo lo anterior se sugieren, identifican y describen en el Cuadro 3 un total de 52 asuntos importantes de revisar, valorar, estimar y considerar válidamente atender por parte de las instituciones encargadas y responsables de la investigación, la innovación y la transferencia de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar, como es el caso de DIECA. Como se infiere del contenido expuesto, mucho responde a la necesidad de conocer la situación actual generando información básica valiosa para la toma correcta y bien fundamentada de decisiones y orientación de la investigación mediante la formulación de mapas y cuadros de contenido técnico sobre suelos, elementos climáticos y ambientales, que tipifiquen los diferentes ambientes y entornos de producción nacional de caña de azúcar. También se mencionan tópicos propios de la investigación que fortalezcan lo disponible y amplíen áreas de gestión necesarias potencialmente accesibles. La propuesta planteada en dicho cuadro es por contenido amplia y compleja en respuesta y atención directa a

la trascendencia que tiene fertilizar bien y nutrir apropiadamente las plantaciones comerciales nacionales de caña de azúcar. Serán la revisión profesional, la ponderación bien razonada, la priorización

justa y el buen criterio los llamados a definir que se hace y que no; el tiempo juzgará.

Cuadro 3. Temas estratégicos (52) importantes de incorporar, investigar, fortalecer y desarrollar con carácter prioritario en materia de nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.

1	Caracterizar y tipificar las condiciones climáticas y ambientes productivos de las regiones, zonas y localidades productoras de caña en el país
2	Investigar sobre la relación nutrición y fenología de la planta
3	Ubicar, segregar y caracterizar localmente la taxonomía (USDA) de los suelos sembrados con caña a nivel de orden y suborden
4	Enfatizar en la importancia y necesidad del muestreo de suelos y foliar como instrumento de diagnóstico nutricional: <i>desarrollar instrumentos</i>
5	Estudiar y tipificar deficiencias nutricionales, identificar causas y formas de corrección
6	Investigar en la definición y establecimiento de niveles críticos específicos de nutrimentos en suelo y foliares como criterio de recomendación
7	Caracterizar las condiciones físico-químicas de los suelos de las regiones, zonas y localidades productoras de caña
8	Diseñar un mapa nacional de contenidos nutricionales en suelos cultivados con caña de azúcar
9	Formular un mapa de contenidos de Materia Orgánica (Carbono) en todas las zonas productoras
10	Realizar un levantamiento topográfico nacional que ubique el potencial mecanizable de los suelos sembrados con caña
11	Identificar, crear e incorporar elementos edafoclimáticos y nutricionales que contribuyan con la zonificación agroecológica del cultivo
12	Investigar en la medida de las posibilidades sobre compactación de suelos, sus efectos, manejo y adaptación de variedades resilientes
13	Investigar sobre la remoción y pérdida de nutrimentos en el suelo
14	Ubicar con certeza las necesidades, requerimientos y exigencias nutricionales de la planta de caña de azúcar
15	Enfatizar la investigación en el uso de enmiendas apropiadas al suelo para corrección de la acidez: <i>carbonatos, sulfatos, silicatos, etc</i>
16	Trabajar el tema de las relaciones iónicas (catiónicas, aniónicas) entre nutrimentos aplicadas a la caña: <i>C/N, N/K, P/S, Ca/Mg, Ca/K, K/Mg, etc</i>
17	Determinar y ubicar el régimen hídrico actual de las zonas productoras de caña y con ello las necesidades efectivas de riego y drenaje
18	Investigar el empleo y respuesta de los suelos y la planta de caña a la adición de materiales orgánicos: <i>cachaza, cenizas, bagazo, RAC</i>
19	Desarrollar tecnología destinada a procurar incorporar valor agregado y técnico a los residuos y derivados de la agroindustria cañero-azucarera
20	Desarrollar técnicas apropiadas para el composteo de materiales orgánicos incorporándolos a las plantaciones comerciales de caña
21	Intensificar la investigación y desarrollar tecnología con el uso de "Biochar" y materiales afines para recarbonizar el suelo
22	Incrementar la investigación relacionada con la rotación de cultivos, asocio de plantas y uso de abonos verdes en la caña de azúcar
23	Investigar la respuesta físico-química del suelo y la planta de caña a la adición de vinazas
24	Comprobar y redefinir la respuesta nutricional de la caña a la adición de N-P-K-Mg-S organizada por localidad y orden taxonómico de suelo
25	Investigar la respuesta de la planta a la adición foliar y al suelo de micronutrimentos esenciales: <i>Zn, B, Mo, Si</i>
26	Investigar sobre el uso potencial de fertilizantes líquidos, de lenta liberación, controlados y estabilizados
27	Investigar sobre hidroponía y fertirriego en el cultivo
28	Investigar respecto a la adición de reguladores y activadores enzimáticos aplicados con fines nutricionales
29	Investigar sobre fuentes, dosis, formas, fraccionamiento, interacciones, sinergismos, antagonismos y épocas de aplicación de enmiendas y fertilizantes
30	Estudiar sobre estrés biótico y abiótico (mineral)
31	Revisar y actualizar el mapa de "superficies de respuesta" disponible respecto a la adición de nutrimentos ubicado por localidad y orden de suelo
32	Desarrollar la agricultura de precisión orientada a la aplicación mecanizada de fertilizantes bajo criterio de tasa variable y no la tradicional tasa fija
33	Incursionar en el uso de drones y tecnología remota para identificar necesidades nutricionales y de fertilización en el campo
34	Analizar con criterio técnico-económico la composición e idoneidad de las formulaciones de fertilizantes empleadas comercialmente en la actualidad
35	Abordar el tema nutricional con visión integral visualizada como degradación de los suelos: <i>acidez, compactación, erosión, contaminación, etc.</i>
36	Investigar sobre el potencial genético de la caña de azúcar para fijar nitrógeno atmosférico (N ₂)
37	Impulsar y desarrollar el área de la microbiología de los suelos como eje fundamental y estratégico de la mejora productiva
38	Incorporar y vincular la nutrición y la fertilización como criterio selectivo en la investigación que sobre el factor genético (variedades) se desarrolle
39	Identificar y definir los factores que intervienen, modifican y determinan la eficiencia y la efectividad de la fertilización y los fertilizantes
40	Formular indicadores representativos y reveladores de eficiencia técnica, económica y ambiental relacionados con enmiendas y fertilizantes
41	Insistir en la necesidad obligada de establecer como comprobación parcelas de verificación, validación y demostrativas sobre fertilización
42	Incorporar de manera obligada el estudio económico a toda prueba investigativa sobre fertilizantes como criterio de recomendación final
43	Investigar en torno al impacto y la contaminación potencial provocada por el uso de fertilizantes (nitratos, fosfatos, DBO, DQO, etc)
44	Investigar el impacto provocado por la quema de residuos vegetales y plantaciones sobre el estado de fertilidad del suelo
45	Estructurar "Paquetes Tecnológicos" apropiados y optimizados para cada una de las seis regiones productoras de caña en el país
46	Darle estricto seguimiento a las medidas de prevención y mitigación establecidas en la NAMA Caña de Azúcar con relación al uso de fertilizantes
47	Asegurar que el tema de la nutrición y la fertilización constituya un eje estratégico formal y permanente del Plan Anual Operativo de DIECA
48	Procurar incorporar en DIECA un especialista calificado y bien formado (MSc, PhD) en materia de nutrición de la caña
49	Realizar una encuesta nacional a productores de caña que ubique y contextualice la situación actual de la nutrición y la fertilización del cultivo
50	Operar programas de capacitación y educación formal dirigido a productores y empresarios sobre suelos, nutrición y fertilización del cultivo
51	Generar material escrito y audiovisual destinado a productores para emplear en campañas de actualización técnica
52	Publicar Guías Regionales o un documento integral sobre uso de enmiendas y fertilizantes a nivel nacional

Fuente: Elaborado por el autor.

Conclusión

Es definitivo que el análisis y valoración del tema de los suelos, la nutrición y la fertilización de los cultivos como la caña de azúcar, debe superar y ampliar el irrestricto ámbito técnico-científico como se ha hecho tradicionalmente, considerando e incluyendo también lo concerniente al componente financiero, comercial y sobre todo ambiental, social, alimentario y de salud pública. El cambio de paradigmas debe necesariamente darse pues los tiempos y demandas se han modificado radicalmente.

Por ello, las prácticas, los procedimientos agrícolas tradicionales, los elementos vinculados con los sistemas convencionales de producción agropecuaria, en particular los relacionados con el empleo de enmiendas y fertilizantes, han sistemáticamente dado lugar a una gran variedad de preocupaciones y críticas, en particular de índole ambiental y de salud pública que merecen sin objeción ser objeto de una seria y responsable consideración. En este particular resulta cierto y necesario aceptar que **cualquier forma de agricultura que se practique, va a modificar e impactar de alguna manera el ambiente y los ecosistemas; motivo por el cual, el reto y desafío actual y futuro, es establecer el balance más conveniente entre costos implicados, impactos potenciales generados y beneficios que los mismos representan para la naturaleza y la sociedad.**

Consecuentes con ese principio se mencionan seguidamente a manera de conclusiones algunas observaciones y aseveraciones importantes de tomar en cuenta cuando del tema nutricional se requiera adoptar posiciones y formular planes y programas operativos:

- 1) Resulta necesario utilizar fertilizantes (orgánicos y/o sintéticos) si se desea conservar y mantener en niveles competitivos la productividad del suelo en una agricultura sostenible.
- 2) Se reconoce que muchos de los actuales sistemas de producción agropecuaria, incluyendo los de caña de azúcar, generan mal empleados, consecuencias ambientales potencialmente indeseables, como acontece por ejemplo con la contaminación por lixiviación de nitratos a las aguas marinas y de consumo humano, la eutrofización, erosión, acidificación y degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad. Es por ello imperativo hacer uso correcto y conforme de esos insumos en referencia a las buenas prácticas de campo.
- 3) La optimización y el correcto uso de las enmiendas y los fertilizantes forma parte de las prácticas, labores y procedimientos agrícolas correctos y obligado implementar en cualquier sistema agroproductivo, evitando los excesos, las aplicaciones fuera de tiempo, en forma inadecuada o en dosis desequilibradas.
- 4) Se fertiliza para producir más y mejor lo que coloca a la planta como actor y objetivo principal.

- 5) La gestión institucional desarrollada en materia de investigación e innovación vinculada con el tema de los suelos, la nutrición y la fertilización del cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica puede calificarse como buena y satisfactoria, aunque insuficiente. Debe sin objeción priorizarse, fortalecerse y ampliarse la agenda de asuntos por atender.
- 6) La dinámica investigativa nacional vinculada con el tema nutricional visualizada en el tiempo ha sido sin embargo difusa, errática, desordenada, fraccionada y responde en muchos casos más a iniciativas personales que institucionales fundadas en demandas, necesidades reales y prioritarias del campo.
- 7) La participación y el aporte de DIECA en este acápite ha sido sin lugar a dudas determinante en el avance logrado en el tópico; no así la academia, cuya contribución es débil, ocasional e inconsistente con una evidente y notoria mayor presencia de la Universidad de Costa Rica (UCR).
- 8) El MAI y el MAG cumplieron indiscutiblemente un papel muy relevante en el avance logrado hasta la primera mitad de los años 80 cuando surgió DIECA como institución líder; pese a lo cual, el mismo fue superficial, discontinuo e insuficiente.
- 9) El aporte de las empresas privadas orientadas a la comercialización de equipos, maquinaria, insumos y fertilizantes es importante, aunque orientado más a fomentar la venta de sus productos, que a desarrollar de manera objetiva y con fundamento científico los asuntos tratados. Se evidencia más comercio y negocio que ciencia y tecnología.
- 10) Resulta imperativo asegurar un manejo y tratamiento integral y completo de la nutrición del cultivo como factor determinante y esencial de la producción, y no de forma aislada y desarticulada como aconteció por mucho tiempo y ocurre actualmente.
- 11) Suelo, atmósfera, agua y planta deben integrarse, conjuntarse y articularse en todos sus elementos, factores y alcances para generar un efecto sinérgico positivo de sus vínculos y relaciones, procurando que se traduzcan en mayor producción agroindustrial en el campo.
- 12) El tema de la degradación del suelo merece indiscutiblemente un tratamiento particular y especial en cualquier estrategia que se quiera desarrollar sobre la nutrición del cultivo, pues de otra manera los efectos serán solo parciales, efímeros y poco contributivos.
- 13) La microbiología y recarbonización del suelo son áreas temáticas y metas institucionales y sectoriales que deben insoslayablemente desarrollarse y fortalecerse de manera inmediata con carácter prioritario.
- 14) DIECA debe otorgar y mantener en adelante el interés, liderazgo y prioridad programática al tema de la nutrición y la fertilización del cultivo, como aconteció y puede demostrarse antes del 2021; pues sin alimento simplemente las plantas no producen.

- 15) La heterogeneidad y variabilidad de los ambientes y entornos donde se produce comercialmente caña de azúcar en Costa Rica (Chaves 2019), obligan sin objeción ni justificación alguna a desarrollar programas particulares y específicos para cada localidad productora. No caben ni se admiten por desproporcionadas y descontextualizadas las generalizaciones ni las adaptaciones en el plano de las recomendaciones técnicas.
- 16) El trabajo de investigación genética debe caminar sin objeción de la mano con el nutricional, por lo cual la selección y liberación de nuevas variedades para uso comercial debe conllevar y estar complementada de la obligada recomendación de fertilización.
- 17) El sector cañero-azucarero y DIECA carecen actualmente de un profesional calificado (MSc, Dr, PhD) especializado en el tema de los suelos, la nutrición y la fertilización del cultivo, que organice y oriente las acciones en este campo temático; lo cual debe incorporarse para atender con la capacidad necesaria el tema, pues de lo contrario se arrastrarán las debilidades observadas.
- 18) Existen notorias debilidades y grandes vacíos en el abordaje y tratamiento dado al tema que deben necesariamente solventarse si se desea contar con criterios integrales que aseguren balance y equilibrio al conocimiento; entre los cuales están los vinculados con los estudios económicos, la contaminación potencial, el incremento de la ecoeficiencia y la eco-competitividad, entre otros. No todo es ciencia y tecnología hay también negocio, ambiente, sociedad y salud vinculados.
- 19) El componente suelos y nutrición son variables determinantes en cualquier esfuerzo que se realice para generar una zonificación agroecológica; motivo por el cual su desarrollo es muy importante como base de esa iniciativa.
- 20) La implementación, escalamiento y éxito de la iniciativa sectorial NAMA Caña de Azúcar (LAICA 2022abc) sustenta buena parte de sus metas, objetivos y actividades en el correcto manejo de las enmiendas y la fertilización, en particular el nitrógeno; lo que amerita y obliga otorgar un tratamiento especial y particular al tema.
- 21) Es necesario realizar con carácter prioritario e inmediato un estudio que identifique, recolecte, organice y describa con alcance sectorial los estudios realizados en el país en el campo de los suelos, la nutrición y la fertilización del cultivo de la caña de azúcar; lo cual permitiría ubicar y referenciar con certeza el estado de situación actual del tópico, como información determinante para la correcta toma de decisiones sobre donde orientar y conducir los esfuerzos institucionales futuros.

Como corolario cabe mencionar que las prácticas, labores y procedimientos empleados en la producción agropecuaria no constituyen en su esencia conceptos cerrados, estáticos y absolutos, pues evolucionan, cambian, se modifican y ajustan de forma constante, de manera que la ciencia y la tecnología proporcionan una orientación

que permite comprender mejor las relaciones complejas y cambiantes que los constituyen y determinan.

Hoy día se habla mucho de sistemas y métodos alternativos de producción, sin embargo, se debe tener prudencia al respecto, pues por lo general como está comprobado, estos son menos productivos, menos eficientes y más onerosos respecto a los sistemas convencionales tradicionales; siendo los beneficios para los agricultores, consumidores y ambiente muchas veces cuestionables, lo que amerita estudio y reflexión.

Literatura citada

- Chaves Solera, M. 1999a. **El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
- Chaves, M. 1999b. **Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. 19-23 de julio. Volumen III. p: 193-214. *También en*: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 46-67.
- Chaves Solera, M.A. 2015. **Errores y omisiones técnico-administrativas que sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 16 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017. **Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019. **Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica**. En. Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica*. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- Chaves Solera, M.A. 2022. **Función y funcionalidad nutricional: orientado a la caña de azúcar**. Revista Entre Cañeros N° 25. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 13-59.

LAICA. 2022a. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica**. Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 225 p.

LAICA. 2022b. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica. Manual Descriptivo y Operativo del Piloto Nacional**. Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 104 p.

LAICA. 2022c. **Resumen Ejecutivo NAMA Caña de Azúcar Costa Rica**. Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde.

San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 30 p.

Wikipedia. 2023. **ESTADÍSTICAS A PROPÓSITO DEL DÍA MUNDIAL DE LA POBLACIÓN. DATOS NACIONALES**. Consultado el 27 de noviembre 2023 en la dirección: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP_DMPO23.pdf

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