

EL NITRÓGENO COMO FACTOR DE PRODUCTIVIDAD AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA.

Marco A. Chaves Solera¹

Resumen

La adición de nutrimentos esenciales, entre ellos el Nitrógeno, a los cultivos, resulta inequívocamente necesaria y obligada si se pretende alcanzar y mantener un nivel sostenido y elevado de competitividad empresarial fundamentados en la calidad, la productividad agroindustrial y la rentabilidad. Los criterios empleados para su aplicación muchas veces se alejan de los principios de racionalidad, equidad, oportunidad y tecnicismo que solo la investigación seria y responsable pueden aportar. Es imperativo que la fertilización del cultivo de la caña de azúcar se fundamente en principios apegados a la nutrición integral y no apenas selectiva y específica para solo algunos elementos, como ocurre en el caso del NPK. Por su función y funcionabilidad, el N es muy especial y merece atención particular, motivo por el cual debe valorarse en su respuesta a condiciones variables de suelos, climas, variedades cultivadas, entornos productivos, niveles de tecnología incorporados, interacción con otros nutrimentos, fuentes, dosis, épocas de aplicación y costo involucrado, entre otros. El N es posiblemente el nutrimento que más atención merece por formar parte de compuestos orgánicos, incluyendo todos los aminoácidos y ácidos nucleicos e intervenir importantes procesos metabólicos de la planta de caña.

Introducción

La importancia del Nitrógeno como factor influyente y determinante de la productividad agroindustrial de la caña de azúcar no está en duda, ni resulta tampoco cuestionada, falseada ni comprometida; sin embargo, los profundos cambios acontecidos en la comercialización asentada en los gustos y preferencias del consumidor por productos alimenticios más sanos, más naturales y que no impacten el ambiente, obligan a replantear e incorporar ajustes de fondo en los sistemas de producción agrícola. A

¹ Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Gerente. *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)*, Costa Rica. E-mail: mchavez@laica.co.cr. Teléfono (506) 2284-6066 / Fax (506) 2223-0839.

Presentado *En*: Congreso Nacional Agropecuario, Forestal y Ambiental, 14, Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2016. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, octubre 27 al 29. 9 p.

esta realidad se agregan los costos vinculados que incorporan los fertilizantes como factores indiscutibles para incrementar la productividad.

El uso de fertilizantes no es el problema, sino más bien el mal empleo que se hace de los mismos, promovido y favorecido muchas veces por la adopción de criterios empíricos y mediáticos basados en la suposición, la extrapolación de resultados sin validación de campo y la experimentación carente de rigor científico. Si bien el patrón de calidad del azúcar es por su naturaleza y origen muy diferente al de otros alimentos de consumo humano, los fertilizantes representan un costo que interviene y afecta la utilidad final e imagen de la empresa. Los costos por concepto de fertilización y acondicionamiento de suelos ácidos mediante el uso de enmiendas calcáreas representan en el ciclo de caña planta cerca del 20% de los costos totales (establecimiento, mantenimiento y cosecha); en el caso del ciclo de retoño significa el 17%, lo que es significativo y debe prudencialmente controlarse y optimizarse.

La optimización en el uso técnico y económico del fertilizante representa un importante beneficio directo para las utilidades finales, ya que se mejoran e incrementan los rendimientos agroindustriales y se minimizan las pérdidas por uso inadecuado del mismo. En la caña de azúcar se dispone de una buena base técnica lograda mediante investigación de campo y experiencia comercial responsable (CHAVES 1999ab, 2003, 2016b) para operar la práctica dentro de patrones de racionalidad y eficiencia.

Objetivos

General:

Comentar en torno a la importancia del Nitrógeno como factor directo y determinante de mejoramiento productivo agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.

Específicos:

- Aportar y comentar resultados puntuales de investigación relacionados con el uso del nutrimento y su impacto sobre la productividad agroindustrial.
- Sugerir y recomendar medidas para el uso óptimo y racional del nutrimento.

Experiencias con la Investigación

La investigación sobre nutrición y fertilización de la caña de azúcar desarrollada en Costa Rica, puede considerarse suficiente para determinar y definir tendencias y

superficies de respuesta consistentes a la adición de los principales nutrimentos esenciales, lo que interpretado y aplicado con objetividad y prudencia a condiciones particulares de cultivo, resulta ser conveniente para orientar las decisiones específicas que corresponda ejecutar en la materia.

Recientemente, CHAVES (2016b) formuló una importante recapitulación de resultados nacionales sobre investigación en materia de nutrición y fertilización de la caña de azúcar con N, que permite comprobar la alta y variable respuesta del cultivo a la adición de nutrimentos, principalmente aplicados al suelo, pues la vía foliar no es aún favorable ni consistente. Se evidencia e infiere a partir de dichos resultados la alta variabilidad observada en las respuestas de la planta, producto de la diversidad y heterogeneidad propia de las condiciones en que se cultiva la caña de azúcar en Costa Rica, con altitudes de 0 a 1.500 msnm, presencia de 7 ordenes taxonómicos predominantes de suelos, como son: Inceptisoles, Ultisoles, Vertisoles, Alfisoles, Andisoles y Mollisoles, principalmente; y condiciones de clima muy dispares entre regiones, zonas y localidades (CHAVES 1996, 1999a, 2003, 2012b; CHAVES y ALVARADO 1994; CHAVES *et al* 1999; CHAVES y BARRANTES 2007).

Como anotara CHAVES (2016b) en torno al tema de las deficiencias y limitantes *“Los suelos cultivados con caña muestran en su gran mayoría limitantes particulares de N-P-K-S-Zn y circunstancialmente de Ca y Mg, pues sus concentraciones y contenidos son bajos o su disponibilidad para la planta es limitada y restringida. Las generalizaciones no caben por lo que cada región, zona y localidad mantiene profundas diferencias”*.

Luego de investigar LAICA y el MAG por muchos años en diversos órdenes de suelo y entornos productivos con manejo diferenciado, empleando variedades comerciales de caña diferentes, formulas fertilizantes y dosis de N variables; en el Cuadro 1 se ubican los ámbitos de respuesta obtenidos a la aplicación de N al suelo. Dichos ámbitos se establecen tanto para caña planta como para caña soca o retoño, anotando los órdenes dominantes de suelo y la altitud (msnm) de cada región productora. Como excepción se anota lo concerniente a las zonas altas (>1.000 msnm), donde los niveles de fertilización son más elevados en concordancia con la alta productividad alcanzada en esas condiciones (160-200 t caña/ha) empleando variedades hawaianas de la sigla H, como demostraran CHAVES *et al* (1989ab), virtud de poseer un ciclo

vegetativo más prolongado, ubicado entre 18 y 24 meses entre siembra, retoño y cosecha.

En torno a los ámbitos de respuesta establecidos a partir de los resultados de investigación con N, CHAVES (2012b) asegura que *“Las superficies de respuesta a la adición de nutrimentos esenciales generadas a partir de la investigación y antecedentes de campo, están bastante ajustadas a la realidad, como se demostró en el presente estudio, lo que sirve como un importante referente orientador de la respuesta potencial que puede obtenerse al aplicar fertilizantes; las mismas deben sin embargo revisarse y actualizarse.”*

Cuadro 1. Ámbito de respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de N al suelo en Costa Rica, según región productora y orden de suelo predominante.

| Región productora | Altitud (msnm) | Área Sembrada | | Ordenes taxonómicos dominantes | Cantidad (kg de N/ha) | |
|--------------------------------------|----------------|---------------|------|--|-----------------------|------------|
| | | has | % | | Planta | Retoño |
| Guanacaste y Puntarenas ¹ | 0-400 | 41.898 | 64,8 | Inceptisol - Vertisol Mollisol - Alfisol Entisol | 80 – 150 | 100 – 150 |
| Valle Central | 600-1.300 | 4.398 | 6,8 | Inceptisol – Andisol Alfisol - Ultisol | 120 – 180 | 130 – 180 |
| Turrialba | 480-1.500 | 4.905 | 7,6 | Ultisol - Inceptisol Andisol | 120 – 180 | 130 – 180 |
| Zona Norte | 40-680 | 8.934 | 13,8 | Inceptisol - Ultisol | 110 – 150 | 120 – 150 |
| Zona Sur | 350-750 | 4.541 | 7,0 | Ultisol - Inceptisol | 120 – 150 | 120 – 150 |
| Regiones Altas | > 1.000 | -- | -- | Inceptisol – Andisol | 140 – 300* | 140 – 300* |
| Amplitud | 0-1.500 | 64.676 | 100 | | 80 - 300 | 100 - 300 |

^{1/} Suelos del orden Mollisol y algunos Vertisoles es recomendable la aplicación de 100-150 kg/ha.

* Dosis justadas a experiencias recientes

Conclusiones y Recomendaciones

- 1) El N es un nutrimento esencial de especial relevancia en la nutrición y el metabolismo de la caña de azúcar, lo cual obliga a su atención particular.

- 2) La función y funcionabilidad del N en el suelo y la planta es complejo y muy particular, virtud de su amplia participación e intervención en procesos microbiológicos, físico químicos y metabólicos (CHAVES 1997, 1999b, 2010).
- 3) Por la naturaleza y magnitud de sus efectos e impactos, positivos y negativos, el N debe ser empleado con mucha prudencia, racionalidad y bajo principios técnicos muy sólidos y estrictos, que aseguren su optimización, maximizando los beneficios y minimizando los costos e impactos negativos.
- 4) La planta de caña de azúcar está demostrado posee como atributo una condición natural de alta rusticidad que viene directamente asociada a su reconocida capacidad de extracción de nutrimentos del suelo, potenciada por su excepcional sistema radicular, con los cuales satisface en buena parte y por algún tiempo sus requerimientos nutricionales básicos; sin embargo, con las cosechas sucesivas (5 o más) llega a agotar los suelos, reduciendo su capacidad productiva y volviendo obligada la restitución de los nutrientes básicos requeridos mediante la fertilización (CHAVES 1986, 1999b).
- 5) El N en el suelo y la planta está regulado y opera bajo los principios de sinergismos y antagonismos, motivo por el cual se debe conocer muy bien su función y su funcionabilidad y efectos en las diferentes etapas del ciclo vegetativo y procesos metabólicos implicados (CHAVES 2012a).
- 6) Los nuevos y exigentes elementos regulatorios de carácter ambiental vigentes actualmente en el país, aunados a la imperiosa necesidad empresarial de reducir los costos de producción para incrementar la rentabilidad y la competitividad, determinan y obligan al uso óptimo y racional del nutrimento.
- 7) Las pérdidas inducidas por lixiviación, volatilización y denitrificación, principalmente, deben ser conocidas y superadas mediante el empleo de prácticas de manejo agronómico apropiadas.
- 8) La variedad de caña cultivada está demostrado marca diferencia significativa en la respuesta de la planta a la adición del N; existiendo variaciones importantes en sus requerimientos. No todas las variedades responden igual al N, lo cual en muchos casos se ha encontrado es más determinante que las mismas dosis de N aplicadas.
- 9) El empleo de fuentes líquidas de N aplicadas al suelo o en adición foliar ha sido realmente poco estudiada, pero los resultados obtenidos son aún poco satisfactorios y convincentes cuando han ocurrido. Por esta razón, debe

investigarse aún más al respecto evitando interferencias e influencias comerciales que confundan los resultados e interpretaciones.

- 10) La decisión de cual fuente nitrogenada emplear y dosis aplicar, debe responder a un análisis consciente y objetivo de las condiciones y particularidades del entorno productivo donde se ubica la plantación. No caben en esta materia las generalizaciones sin fundamento técnico demostrado y comprobado. La experiencia y los resultados de la investigación son determinantes.
- 11) Es necesario en Costa Rica realizar un estudio con cobertura nacional que diagnostique en un nivel aceptable el estado de fertilidad actual y potencial de los suelos sembrados con caña de azúcar en el país. Asimismo, se debe iniciar un estudio que permita establecer niveles críticos foliares nutricionales para nuestras condiciones particulares de cultivo, pues actualmente se carece de esa información.
- 12) El empleo de fuentes nitrogenadas de bajo impacto ambiental (liberación retardada, liberación controlada o inhibición de la enzima ureasa en el suelo) resultan idóneas, lo cual debe investigarse más para contar con mayor solidez en las recomendaciones que pudieran emitirse (CHAVES 2016a). El costo implícito y el incremento productivo son elementos determinantes de conocer y valorar en estas nuevas opciones comerciales.
- 13) La práctica de la fertilización debe conceptual y pragmáticamente responder a una noción de nutrición integrada donde también participan otros nutrientes y factores de la producción. El N al igual que los otros nutrientes opera en asociación a otros elementos y factores, nunca independientemente.
- 14) Es importante tener presente que el fraccionamiento de las aplicaciones nitrogenadas, sobre todo las fuentes nítricas, a las cuales la caña de azúcar muestra preferencia, muchas veces resultan ser prudentes, preventivas y previsoras, sobre todo en zonas de alta precipitación donde puede ocurrir pérdida por lixiviación y contaminación de fuentes hídricas.
- 15) La racionalización de los costos debe técnica y administrativamente orientarse a maximizar beneficios productivos y ambientales y minimizar pérdidas optimizando la eficiencia del N.
- 16) Resulta imperativo orientar y concentrar esfuerzos institucionales y empresariales en procurar establecer y operar programas de fertilización basados en los principios de la agricultura de precisión y de sitio, mediante la

aplicación diferenciada de nutrimentos esenciales en función y atención de su demostrada necesidad. En este sentido debe avanzarse con dinamismo hacia la mecanización del empleo de fuentes (tasa variable) y no de fórmulas (tasa fija) lo que asegura la optimización nutricional y de costos implicados.

- 17) El uso sensato, prudente y técnico del N entraña insoslayablemente un juicio y valoración de los beneficios y afectaciones que el nutrimento puede generar y que deben atenderse. Hay que aceptar que los procedimientos y prácticas agronómicas ya no son exclusivas del ámbito agrícola sino de la toda comunidad en general.

Literatura Citada

- 1) CHAVES SOLERA, M.A. 1986. **Requerimientos, extracción y remoción de nutrimentos por la caña de azúcar.** Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 4, N° 29, San José. p: 1-2.
- 2) CHAVES SOLERA, M. 1996. **Experiencias con la fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.** Congreso de ATACORI “*Cámara de Productores de Caña del Pacífico*”, 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 76-84.
- 3) CHAVES SOLERA, M. 1997. **El Nitrógeno y la caña de azúcar.** Congreso de ATACORI “*Roberto Mayorga C.*”, 11, San Carlos Costa Rica, 1997. Memoria. San José, ATACORI, octubre-noviembre. Tomo I p: 39-65.
- 4) CHAVES, M. 1999a. **Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.** 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: EUNED, julio. Volumen III. p: 193-214.
- 5) CHAVES SOLERA, M. 1999b. **El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
- 6) CHAVES SOLERA, M. 2003. **Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: experiencias de los Últimos 20 Años (Periodo 1980-2000).** Congreso de ATACORI “*Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez*”, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 49-54.

- 7) CHAVES SOLERA, M. 2010. **Dinámica del Nitrógeno en el suelo y la planta de caña de azúcar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 57 Láminas.
- 8) CHAVES SOLERA, M. 2012a. **Relaciones catiónicas y su importancia para la agricultura.** Revista Especializada Ventana Lechera, Dos Pinos. Fertilización: *Práctica para mejorar la calidad y producción de forraje.* San José, Costa Rica. Edición N° 18, Año 6, febrero 2012. p: 10-20.
- 9) CHAVES SOLERA, M. 2012b. **Comparativo de la fertilización aplicada a las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica.** Congreso Tecnológico DIECA 2012, 5, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 5, 6 y 7 de setiembre del 2012. 30 p.
- 10) CHAVES SOLERA, M.A. 2016a. **Estudio de 9 fuentes de Nitrógeno realizados en 6 regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica: compendio de resultados.** Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Abril. Presentación Electrónica en Power Point. 107 Láminas.
- 11) CHAVES SOLERA, M.A. 2016b. **Resultados de investigación con el uso del nitrógeno en la caña de azúcar en Costa Rica.** Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y El Caribe (ATALAC), 10, y Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de México (ATAM), 38. Memoria Digital y Resúmenes. Setiembre 2016, Veracruz, México. 17 p.
- 12) CHAVES SOLERA, M.A.; ALVARADO H., A. 1994. **Manejo de la fertilización en plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Andisoles de ladera de Costa Rica. Memorias.** 15th World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Volumen 7a. p: 353-372.
- 13) CHAVES SOLERA, M.; BARRANTES MORA, J.C. 2007. **Nutrición de la caña de azúcar en la zona sur de Costa Rica: experiencias continuadas durante el periodo 1986-2006.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 30 p.
- 14) CHAVES, M.; RODRÍGUEZ, M.; ANGULO, A. 1999. **Fertilización de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en la región de Guanacaste.** 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: EUNED, julio. Volumen III. p: 339.

- 15) CHAVES S., M.A.; SALAZAR, J.; GUZMAN, G. 1989. **Efecto de seis dosis crecientes de Nitrógeno sobre los rendimientos agroindustriales de la variedad de caña de azúcar "H 44-3098". Promedio de dos cosechas.** Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica, 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 106-107.
- 16) CHAVES S., M.A.; SALAZAR, J.; GUZMAN, G.; MADRIZ, T. 1989. **Respuesta de la caña de azúcar, variedad "H 44-3098" a la interacción N - K en Hacienda Juan Viñas, promedio de dos cosechas.** Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica, 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 124-125.