

FERTILIZACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA: EXPERIENCIAS DE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS (PERIODO 1980-2000).

Marco Chaves Solera

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), Costa Rica.
E-Mail: mchavez@laica.co.cr

RESUMEN

Se exponen los principales resultados de investigación y experiencias comerciales obtenidas en Costa Rica durante los últimos 20 años (Periodo 1980-2000), sobre fertilización y nutrición de la caña de azúcar. En el país se procesan y utilizan los residuos agroindustriales como medida de salud pública, aporte nutricional al suelo e incorporación de valor agregado a la agroindustria azucarera; siendo éstos muy valiosos al emplearse como fertilizantes. La cachaza ha mostrado respuestas positivas a la aplicación de dosis entre 4 y 30 t/ha y el bagazo a 60 t; sin mostrar éste último, mejoramiento sobre la estructura física de los Vertisoles. La fertilización orgánica complementada con la química en partes iguales resulta favorable, aunque nunca equiparable al uso independiente de las mismas. La vinaza originada a partir de melaza aplicada (diluida en una relación 1:1) por surcos, responde a dosis de 60 a 125 m³/ha. Los Suelos ácidos y los del Orden Andisol deben adecuarse y acondicionarse obligadamente con CaCO₃ en dosis variables de 0,5 a 2,0 t/ha. El uso de CaSiO₄ no muestra respuestas que justifiquen su empleo comercial rentable. La respuesta al N es muy significativa, tanto en ciclo planta como retoño, en dosis muy amplias que van de 80 a 250 kg/ha. La fertirrigación es productivamente muy favorable y su empleo ha venido en incremento, aunque menos intenso en los últimos años. El P es nutricionalmente insustituible y de respuestas al igual que el N, económicamente muy significativas y muy rentables. Dosis entre 50 y 200 kg de P₂O₅ incorporadas al fondo del surco, complementadas con CaCO₃, redundan en incrementos productivos muy significativos. El empleo de rocas fosfóricas (33% P₂O₅) aplicadas al suelo muestran efectos agroindustriales positivos. El K correlaciona de manera significativa con el N, incorporándose fraccionados en partes iguales a los 40 y 60 días luego de efectuada la siembra o la cosecha de la plantación. El K alcanza en su respuesta productiva poca significancia estadística, aunque su ausencia resulta comercialmente muy negativa. Su respuesta se ubica entre 80 y 250 kg de K₂O y la del Mg entre

¹**Presentado en 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. También en Congreso Latinoamericano, 15 y Congreso Cubano, 5, de la Ciencia del Suelo, Varadero, Cuba, 2001. Programas y Resúmenes. Varadero, Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. 2001. Nov. 11-16. Boletín N° 4. p:114.**

40 y 60 kg de MgO/ha. El S responde a la adición de dosis entre 40 y 80 kg de SO₄/ha, principalmente en asocio con el N. El contenido de Zn es insuficiente en la mayoría de los suelos y responde positivamente a la adición de dosis granulares entre 20 y 40 kg/ha; el B a verificado respuestas a dosis de 10 kg/ha adicionado al suelo. Los efectos de la fertilización foliar no han sido consistentes y relativamente poco significativos en sus resultados productivos, por lo que su empleo comercial es aún limitado, aunque se avanza en la investigación. Las diferencias inducidas por las variedades comerciales de caña cultivadas en el país son determinantes en la respuesta a la fertilización, representando en muchos casos una variable aún más determinante que el mismo Orden Taxonómico del suelo empleado como sustrato. Existe una gran variabilidad genética entre los clones cultivados, predominando comercialmente la siembra de SP 70-1284 (17,1%) y CP 72-2086 (11,9%); a lo anterior se complementa la existencia de varios Ordenes de suelo, condiciones de clima, cultivo y manejo comercial de las plantaciones muy diversas que inducen una condición de severa variabilidad entre los factores de la producción.

INTRODUCCIÓN

La Caña de Azúcar representa para Costa Rica una importante fuente generadora de cultura, riqueza, trabajo y divisas, al contribuir con aproximadamente el 0,6 % del PIB Nacional y el 4,9 % del PIB Agropecuario. La agroindustria abastece satisfactoriamente el consumo interno industrial y humano de azúcar y melaza, exportando el excedente (38%) al mercado internacional. Además de azúcar y miel, el sector desarrolla complementariamente importantes proyectos de producción de alcohol (etanol) y cogeneración eléctrica, que incorporan valor agregado a la actividad y le generan bienestar al país.

Se estima el área cañera total actual en 55.000 hectáreas, de las cuales aproximadamente 51.000 ha (92,7%) se destinan a la fabricación de azúcar en los 16 ingenios nacionales y, las 4.000 ha (7,3%) restantes a la elaboración de dulce (panela) en los aproximadamente 450 trapiches existentes; así como también mucha de la caña se destina al uso pecuario (CHAVES *et al*, 2001b).

La caña se cultiva y está dispersa en prácticamente todo el territorio nacional, aunque comercialmente se ubica en 6 zonas productoras de azúcar agrónomicamente bien diferenciadas, manteniendo el Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas) la mayor relevancia, al procesar (Zafra 2001/2002) en sus 4 ingenios (El Palmar, Taboga, CATSA y El Viejo) el 63,3 % de la materia prima y fabricar el 61,8% del azúcar (96°); le siguen en importancia el Valle Central (6 ingenios) con el 11,0% y el 12,2%; y San Carlos (3 ingenios) con el 10,9% y el 9,7%, respectivamente (LAICA, 2003).

La caña se siembra en un piso altitudinal muy amplio que va de 0 a 1600 msnm, distribuido aproximadamente como sigue: 0 a 200 m 56,5%; 201 a 600 m el 18,7%; 601 a 1000 m el 12,4% y superior a 1000 msnm el 12,4% de la materia prima. Esta se origina del cultivo comercial de 75 clones de diverso origen y características agroproductivas; siendo las 12 principales las siguientes: SP 70-1284 (17,1%), CP72-2086 (11,9%), SP71-5574 (8,8%), CP72-1210 (7,8%), Q 96 (7,5%), NA 56-42 (6,8%), PINDAR (6,4%), NCo 310 (4,2%), SP71-6180 (3,8%), NCo 376 (3,4%), B 74-132 (2,5%) y B 80-689 (2,2%), para una cobertura del 82,4% del área total. Sobresale la siembra de 14 variedades de origen Hawaiano (serie H) en las zonas altas (+ 1000 msnm), cuya representación es del 4,2%, destacando comercialmente: H77-4643, H61-1721, H62-4671, H60-8521 y H70-0144 (CHAVES *et al.*, 2001a).

Por su importancia y representatividad, los órdenes de suelo donde predominantemente se cultiva la caña de azúcar en Costa Rica son: Inceptisol, Ultisol, Andisol, Alfisol, Vertisol, Entisol y Molisol (CHAVES y ALVARADO, 1994), generando por ello significativas diferencias (potenciales y reales) en todos los sentidos, que se traducen en prácticas de manejo también variables; las cuales se ven maximizadas por las amplias variaciones de carácter climático que prevalecen en el país, tipificadas por un régimen pluviométrico variable con ámbitos de 1.100 a 4.000 mm anuales y temperaturas medias de 20 a 28°C y extremas de 13 a 38 °C, con períodos secos variables predominantemente de régimen Ústico.

Nutricionalmente hay diferencias muy marcadas entre los suelos cuya fertilidad es de categoría predominantemente media-alta con valores de acidez (pH en agua) de 6,8 a 4,8 y contenidos de Al⁺³ de 0,1 a más de 1,8 cmol (+)/1, con niveles de saturación de Al⁺³ por lo general inferiores al 50%. La condición de Bases Intercambiables se polariza en suelos de carácter Eutróficos y Dystróficos. El N es en general deficitario y el contenido de Materia Orgánica inferior al 10%, aunque sus contenidos son altos en los Andisoles. El K aunque presente en cantidades importantes en algunas zonas (Pacífico Seco) resulta necesario adicionarlo en algunos suelos, en virtud de su desequilibrio relativo con respecto a las concentraciones de Ca y el Mg. El K ha demostrado ser necesario incorporarlo e integrarlo en cualquier programa de fertilización comercial y adicionarlo al suelo, sobre todo donde hay insuficiencia manifiesta, pues está claro que la planta de caña y las gramíneas en general tienen altas demandas y necesidades del nutrimento. Las concentraciones de P en el suelo son en su mayoría limitantes al igual que las de Zn. Los suelos son moderadamente profundos, sin pedregocidad, de topografía plana-ondulada, aunque algunas localidades cañeras poseen pendientes que llegan hasta el 30%, que limitan seriamente la mecanización de muchas prácticas agrícolas importantes en la siembra y la cosecha de la materia prima.

Aproximadamente el 40% de la materia prima se cosecha con máquina y el resto manualmente, en ciclos vegetativos que van de 11 a 24 meses de edad predominando los 12 meses; aunque en las zonas altas (+ de 1.000 m) la media de cosecha es de 18 meses. Se practica la quema de la plantación para su cosecha aunque ésta es cada vez menor en el tiempo, por el notorio incremento que la cosecha mecánica en verde viene sistemáticamente mostrando. Cerca del 40% de la caña que lo requiere se riega en el período seco, utilizando preferentemente los métodos de gravedad (surcos), aspersión y también goteo. El empleo preventivo de métodos e infraestructura de drenaje resultan necesarios y estratégicos por la alta intensidad que muestran las lluvias en algunas zonas y durante algunas épocas del año.

Agroindustrialmente el país ha alcanzado niveles de productividad bastante aceptables, expresados en promedios (ponderados) de 73 toneladas de caña/ha y concentraciones de 108,3 kg (10,8%) de sacarosa (96° pol) /t, para una productividad de 7,8 t de azúcar/ha y 40,7 kg de melaza/t (LAICA, 2003). La caña se le paga al productor con base en la calidad (contenido de sacarosa) de la materia prima que entrega al ingenio (LAICA, 2003).

El presente documento expone algunos de los resultados de investigación e inferencias más relevantes sobre fertilización de la caña de azúcar, obtenidas en Costa Rica en los 20 años transcurridos durante el periodo 1980 – 2000.

DESARROLLO

La orientación de la investigación desarrollada por parte del sector azucarero costarricense se ubica conceptualmente en Básica, Aplicada y Adaptativa, y resulta por tanto de carácter muy pragmático y resolutivo; esto en virtud de que la misma es definida y financiada en su mayoría por la misma agroindustria, siendo ésta ejecutada a través de la **DIRECCION DE INVESTIGACION Y EXTENSION DE LA CAÑA DE AZUCAR- DIECA** (CHAVES, 1996, 1999a).

La temática investigativa desarrollada en el país durante el periodo evaluado hay que señalar que ha sido muy amplia y variable como lo es el tema nutricional en sí mismo, fundamentada en criterios y principios de necesidad (actual y futura) y también de prioridad. Se integran en su definición no sólo asuntos de importancia sino también de urgencia. En lo que se refiere propiamente al área de la nutrición y la fertilización de la caña, los enfoques seguidos se han basado en el empleo racional, técnico y económico de los residuos orgánicos (cachaza y bagazo); uso agrícola de la vinaza generada a partir de la producción

de alcohol (etanol); enclamiento de los suelos ácidos; adición de macronutrientes esenciales (N-P-K-Mg-S); así como también la evaluación de Zn, B y Si, todo en relación a localidades, suelos, variedades sembradas, manejo agronómico de plantaciones y condición productiva de las mismas (CHAVES, 1985ab, 2001).

El estudio de la cachaza como material fertilizante revela una condición de acidez ligera (pH 5,6) de la misma y contenidos de N variables, ubicados entre 0,9 y 1,5% para una media de 1,2%, con aportes potenciales diferenciados principalmente de P, K, Ca, Mg y Al, los cuales se ubican en función del lugar de procedencia, el manejo agrícola y el proceso industrial aplicado al material (caña) que le dio origen. Hay por tanto correlación entre la condición química del suelo, el manejo (principalmente la fertilización) de las plantaciones de procedencia de la caña y el contenido químico de la cachaza extraída en el ingenio. Su adición incorporada al suelo en la siembra (fondo del surco o voleo) o sobre el surco de plantas en el caso de los retoños, resulta muy positiva, principalmente en complemento con la fertilización química en partes iguales; aunque sus efectos en los rendimientos son inferiores respecto a la fertilización tradicional inorgánica al valorarse ambas independientemente. La dosis de mejor respuesta ha sido muy variable (4 – 30 t/ ha), lo que se relaciona directamente con el contenido de humedad que posea la cachaza (seca-húmeda). Alguna cachaza es depositada y “aireada” durante algún tiempo en puntos específicos, mientras que otra es recolectada en el Ingenio y llevada directamente al campo donde es aplicada por lo general superficialmente en consideración de ir húmeda; también se incorpora líquida con el agua de riego.

Pruebas de incorporación de bagazo en suelos de orden Vertisoles revelan respuestas a 60 t/ ha, no evidenciando sin embargo mejoras físicas significativas en dichos suelos. La incorporación comercial de Bagazo en suelos de textura limitante no ha demostrado ser muy efectiva como podría en teoría esperarse.

La producción de vinazas a partir del alcohol (Etanol) obtenido de la melaza (concentrada), es de aproximadamente 192 millones de litros y se aplica por gravedad en el campo de manera diluida (1:1), con respuestas positivas valoradas en términos de rendimiento agroindustrial entre 60 y 125 m³/ ha (120 - 250 m³ pura), generando por lo tanto importantes beneficios nutricionales, ambientales y de salud pública (BERROCAL, 1988; CHAVES, 1999ab, 2001). Se ha encontrado que la vinaza costarricense posee un contenido de aproximadamente 2 a 3 g de K₂O/litro (2- 3 kg/m³), lo que determina su aporte nutricional al adicionarse al suelo. Queda claro que existen diferencias sustanciales respecto a las características químicas si la vinaza procede jugo, melaza (concentrada) o de una mezcla de ambas.

La existencia de Andisoles (Alofanos) y suelos de naturaleza ácida (Ultisoles, Inceptisoles y Alfisoles) obliga a su corrección y acondicionamiento, el cual preferencialmente se realiza en el país empleando CaCO_3 y ocasionalmente Dolomita ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), en razón principalmente del costo involucrado y no de su eficiencia técnica. El uso del CaSiO_4 no ha mostrado aún en las pocas pruebas efectuadas respuestas técnico-económicas que justifiquen su inversión y empleo comercial. La respuesta de la planta a la cal aplicada al voleo e incorporada al suelo durante la siembra de la plantación es consistente aunque algo variable, en virtud del estado y condición de los indicadores de acidez del suelo (pH , Al^{+3} , H^+ , Mn^{+2} y Fe^{+3}), encontrándose respuestas de carácter productivo agroindustrial muy amplias que van desde 0,5 a 2,0 t/ ha, algunas de las cuales satisfacen insuficiencias de Ca en el suelo y no sólo problemas de toxicidad ocasionados por la presencia de Sesquióxidos de Fe y Al y Alofanos. Debe diferenciarse el encalamiento correctivo del fertilizante (adición de Ca y Mg). La calidad de los materiales de encalado se ha encontrado que es determinante y debe tomarse muy en cuenta en el éxito de su aplicación (CHAVES, 1993, 1999a, 2000).

La respuesta de la caña de azúcar a la adición de N es consistentemente alta tanto en ciclo planta como retoño, y mayor en las zonas altas con ciclo vegetativo prolongado (18-24 meses) y siembra de variedades de origen Hawaiano. La fertirrigación (31-0-0) ha mostrado ser eficiente y va en incremento al aumentar también complementariamente el riego por goteo. La Urea se aplica incorporada al suelo y en muchos casos revestida con S y B. La incorporación del fertilizante, sobre todo el N y el P han sido positivos. Se han verificado diferencias importantes en cuanto al empleo de diferentes fuentes nitrogenadas; así como también algún efecto positivo del enterramiento (incorporación) del fertilizante en relación a su adición superficial sin tapar, sobre todo en el caso de la urea.

La adición y respuesta al P es al igual que el N muy impactante y positiva sobre los rendimientos agroindustriales de la caña. El P responde mejor al ser incorporado en su totalidad al fondo del surco de siembra y principalmente en complemento con el encalado en los suelos ácidos, con el que muestra una sinergia excelente. Se recomienda dejar transcurrir un periodo no menor de 20 días luego de encalar para adicionar el P. Hay evidencias positivas de respuesta a la adición de rocas fosfóricas (33% P_2O_5), con efectos residuales importantes y favorables para un cultivo de naturaleza semiperenne como la caña de azúcar, lo que sugiere profundizar aún más en la investigación de éste asunto que podría eventualmente redundar en importantes beneficios para la agroindustria. El P responde mejor incorporado al fondo del surco durante la siembra o en el surco de plantas en los retoños.

El K mantiene una fuerte asociación y correlación sinérgica con el N, motivo por el cual se recomienda incorporar ambos elementos fraccionados en partes iguales aproximadamente a los 40 y 60 días luego de efectuada la siembra o la cosecha de la plantación. El K no es un nutrimento que muestre y marque diferencias significativas en los rendimientos agroindustriales cuando se le adiciona al suelo, aún en dosis elevadas como lo demuestran los antecedentes, lo que se relaciona y tiene que ver mucho con su función y su funcionabilidad en el suelo y la planta. El incremento de los rendimientos agroindustriales no debe ser el único criterio que fundamente la esenciabilidad y adición del K a la caña de azúcar (CHAVES, 1999). El uso del K_2SO_4 ha mostrado efectos productivos importantes aunque económicamente poco viables en virtud del costo de la fuente.

El fraccionamiento del fertilizante no muestra resultados de investigación consistentes que den sustento a su recomendación, por lo que su empleo responde más a principios preventivos que productivos; procurando con su práctica evitar y minimizar pérdidas nutricionales principalmente de N por causa de las altas precipitaciones que acontecen en muchas regiones cañeras. El fraccionamiento e incorporación (enterramiento) del fertilizante al suelo siguen siendo, como se indicó, prácticas prudentes, racionales y válidas, independientemente del resultado productivo que experimentalmente muestren.

El Mg a demostrado por su parte respuesta positiva a su adición en los suelos ácidos y Dystróficos, estableciendo interacción significativa y directa con el Ca y el K, en cuanto a su proporción relativa e inducción de deficiencias (CHAVES, 1988). La investigación realizada en el país con Mg ha sido muy escasa y debe por tanto ampliarse, fortalecerse y profundizarse aún más. La adición de S como SO_4 al suelo ha obtenido muy buenas respuestas, mostrando incrementos importantes en la productividad agroindustrial, colocando el empleo de éste nutrimento como un elemento altamente positivo para la caña de azúcar. Su respuesta ha sido muy consistente y positiva en la mayoría de pruebas experimentales realizadas en el país. El S pasó en poco tiempo de ser un “nutrimento olvidado en la nutrición y la fertilización de la caña de azúcar”, a ocupar un lugar preponderante como elemento mejorador e inductor de incrementos productivos significativos y sobre todo muy rentables, en virtud de su alta tasa de retorno marginal.

El Cuadro adjunto muestra según región productora, ciclo vegetativo, nutrimento y dosis, los ámbitos de respuesta alcanzados en el período de tiempo estudiado, así como la amplitud mínima-máxima de su respuesta (CHAVES, 1999a).

**ÁMBITOS DE RESPUESTA NUTRICIONAL ALCANZADOS EN COSTA RICA
SEGÚN REGIÓN PRODUCTORA DE CAÑA DE AZÚCAR.**

REGIÓN CAÑERA	PLANTA			RETOÑO 3/			kg/ha 4/		t/ha 5/
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	SO ₄	CaCO ₃
PACÍFICO SECO ¹	80-150	60-100	80-100	100-150	50-100	80-140	0	80	0
VALLE CENTRAL	120-180	130-160	120-160	150-200	130-160	150-200	40	40	0-1,5
TURRIALBA- SAN CARLOS	110-150	120-200	130-180	120-150	100-150	130-160	40	40	0-1
PÉREZ ZELEDÓN	120-150	150-200	130-180	120-150	180-200	150-180	40	40	1-2
REGIONES ALTAS 2/	160-200	160-200	160-200	160-250	130-150	160-250	60	60	0,5-2
AMPLITUD (MIN-MAX)	80-200	60-200	80-200	100-250	50-200	80-250	0-60	40-80	0-2

1/ En suelos Molisoles y algunos Vertisoles es recomendable la aplicación de 100-150 kg de N; 100-120 kg/ha de P₂O₅ y 80-100 kg de K₂O/ha

2/ Alturas mayores de 1000 msnm y ciclo vegetativo superior a 15 meses.

3/ El fósforo se recomienda aplicarlo como complemento en el segundo retoño

4/ Aplicados en caña planta y segundo retoño

5/ Incorporado al suelo un mes previa la siembra y en el segundo retoño (tercera cosecha)

Las fuentes granuladas de uso comercial predominantes en el país son Urea (46% N), Nitrato de Amonio (33,5% N), Sulfato de Amonio (21% N y 23,7% S), Superfosfato Triple (46% P₂O₅), Cloruro de Potasio (60% K₂O), Magnesamón (22% N, 7% MgO, 11% CaO) y Óxido de Mg (86% MgO); se emplea también el Fosfato Mono (MAP) y Diamónico (DAP); así como el K-MAG (22% N y S, 18% MgO). El uso de formulaciones completas es amplio y mayoritario entre los productores; los ingenios utilizan en un alto grado fuentes primarias o formulaciones particulares acordes a sus propias condiciones y necesidades.

Entre los micronutrientes o elementos menores, el Zn es el más estudiado y ha logrado alcanzar buenas respuestas al ser incorporado en su forma granular, en dosis entre 20 y 40 kg /ha utilizando sulfatos. La respuesta de la caña a éste y otros micronutrientes aplicados por la vía foliar es todavía algo limitada, con algunas excepciones, pues no ha sido significativa ni consistente en sus resultados. El B muestra respuesta leve cuando es aplicado al suelo en dosis de 10 kg/ha como Razorita (48% B₂O₃) y principalmente cuando se interacciona con el Zn. El uso foliar asociado de Zn +B muestra algunos resultados positivos, insinuando con ello posibles efectos benéficos, aunque se debe profundizar aún más la investigación para generalizar su posible empleo.

En la mayoría de los casos de aplicación de fertilizantes evaluados a través del tiempo, las diferencias e influencias inducidas por las variedades cultivadas fueron independientemente del nutriente, el suelo y el manejo aplicado, contundentes y altamente significativas, ubicándose como una de las fuentes de variación más determinantes en la respuesta a la fertilización de la caña de azúcar. Puede afirmarse por lo tanto contundentemente, que el cambio de variedades de uso comercial debe siempre motivar y obligar a revisar la respuesta a los fertilizantes y con ello, también las recomendaciones que se les den a los

agricultores en ésta materia. Esto se vuelve por tanto un imperativo casi permanente, sobre todo si consideramos que la agroindustria azucarera nacional y mundial mantiene una alta rotación y sustitución de sus variedades comerciales.

Ningún desarrollo se tiene en cuanto a la determinación de niveles críticos de nutrientes y muy escaso en cuanto a diagnóstico foliar, aunque algo se ha investigado y avanzado con el empleo del método DRIS en la región de Guanacaste. En esta materia lo comentado anteriormente respecto a la determinante influencia de las variedades es también válido y aplicable, motivo por el cual debe ser tomado en cuenta al realizar conclusiones y establecer inferencias.

CONCLUSIONES

En términos generales puede concluirse de lo actuado y ejecutado durante el periodo de 20 años evaluado, en lo que a investigación en el campo de la nutrición y la fertilización de la caña de azúcar se refiere, lo siguiente:

- Existe una base investigativa importante que sustenta satisfactoriamente las recomendaciones comerciales de fertilización actuales, la cual representa una buena aproximación de las necesidades reales del cultivo. Estas aproximaciones son aplicables a las diferentes regiones productoras de caña del país.
- La participación y el liderazgo que DIECA ha mantenido desde su creación en 1982 ha sido fundamental y relevante en ésta materia; evidenciándose a su vez, una significativa disminución en la participación y aporte mostrado al tema en épocas pasadas, principalmente por las casas comerciales y también por las universidades nacionales.
- El esfuerzo de investigación realizado hasta el momento es muy importante pero resulta a todas luces insuficiente, por lo que debe prestarse mayor énfasis y especificidad al estudio en esta importante materia.
- Existen áreas de la nutrición de la caña de azúcar cuyo conocimiento y desarrollo es aún muy incipiente; como acontece por ejemplo con la fertilización foliar; el fertirriego; el estudio de micronutrientes (Zn, B, Mn, Fe, Co, Ni); la determinación de niveles críticos específicos (suelo y tejido); el reconocimiento de deficiencias y toxicidades; efecto de los fertilizantes sobre la

microbiología del suelo; materia orgánica; vinazas, etc. Se requiere disponer de información tanto básica como aplicada.

- La variedad cultivada constituye y representa uno de los factores inductores de variación más importantes y determinantes en la investigación de la nutrición y la fertilización de la caña de azúcar, razón por la cual, debe ser muy tomado en cuenta al inferir conclusiones, generalizar resultados y emitir recomendaciones comerciales.
- Como factor de la producción la fertilización es determinante, rentable y su beneficio incuestionable, aunque paradójicamente ha sido junto con el control de malas hierbas, la renovación de plantaciones y el uso de semilla de alta calidad, los componentes agrícolas más sacrificados por el agricultor ante la crisis de precios y baja rentabilidad de la actividad agrícola..
- Hay por ésta razón una evidente, notoria y preocupante “brecha tecnológica” entre lo que la investigación a encontrado y recomendado, y lo que los productores (agricultor e ingenio) realmente aplican, como lo demostraran CHAVES *et al* (2000).
- La investigación en el campo de los suelos, la nutrición y la fertilización del cultivo debe fortalecerse y sistematizarse, procurando para ello establecer alianzas interinstitucionales.

LITERATURA CITADA

1. BERROCAL, M. 1988. Efecto de los Residuos de la Agroindustria Azúcar-Alcoholera, Bagazo, Cachaza y Vinaza, en la Producción de Caña y Azúcar en un Vertisol de Guanacaste. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)* 12(2): 147-153.
2. CHAVES, M.A. 1985a. Diagnóstico sobre la Producción y Utilización de los Residuos Agrícolas y Agroindustriales en Costa Rica. In: Taller Regional sobre Residuos Agrícolas y Agroindustriales en América Latina y El Caribe. Santiago de Chile, 1984. Memorias. Santiago de Chile, PNUMA/CEPAL/GEPLACEA. Julio. p: 155-321.
3. CHAVES SOLERA, M.A. 1985b. Las Vinazas en la Fertilización de la Caña de Azúcar. *El Agricultor Costarricense* 43(9-10): 174-177.

4. CHAVES SOLERA, M.A. 1988. Efeito de Relações Ca:Mg, Utilizando Carbonatos e Sulfatos, Sobre o Crêscimento e a Nutrição Mineral da Cana-de-açúcar. Tesis Magister Scientiae. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 186p.
5. CHAVES SOLERA, M.A. 1989. Nutrición de la Caña de Azúcar en Costa Rica, sus Logros y la Necesidad de Nuevos Enfoques en su Estudio. In: Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica. 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Julio. Volumen 1. p: 80-81.
6. CHAVES SOLERA, M.A. 1993. Importancia de las Características de Calidad de los Correctivos de Acidez del Suelo: Desarrollo de un Ejemplo Práctico para su Cálculo. San José, Costa Rica, DIECA. Junio. 41p.
7. 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. In: World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS), 15th, Acapulco, México, del 11 al 15 de Julio de 1994. Memorias. Acapulco, ISSS. Volumen 7a. p: 353-372.
8. CHAVES, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: CONGRESO DE ATACORI “*Cámara de Productores de Caña del Pacífico*”, 10, Guanacaste, Costa Rica, Setiembre de 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
9. CHAVES, M. 1999a. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Julio de 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenios Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 193-214.
10. CHAVES SOLERA, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, Setiembre. 130 p.
11. CHAVES, M. 2000. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. In: Congreso de ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica, Setiembre del 2000. POSTER. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Volumen 2. p: 216-223.
12. CHAVES, M; RODRIGUEZ, M; ANGULO, A. 2000. Fertilización de las Plantaciones Comerciales de Caña de Azúcar en la Región de Guanacaste. In: Congreso ATALAC, 5, Congreso ATACA, 13 y Congreso ATACORI, 14, Heredia, Costa Rica, setiembre 2000. Poster. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 86.
13. CHAVES SOLERA, M. 2001. Estimación de la Cantidad de Residuos y Derivados Producidos por la Agroindustria Azucarera Costarricense. In: Seminal on Development of Environmentally Compatible Polymers from Biowaste. San José, Costa Rica, 2001. Proceedings. San José, UNA/POLIUNA/NIMC/Fukui University of Tecnology. February-March. p: 92-110.
14. CHAVES S, M; RODRIGUEZ R, M; VILLALOBOS M, C; ANGULOM, A; CALDERON A.,G; ALFARO P., R; RODRIGUEZ F., JM; BARRANTES M, J.C. 2001a. Censo de Variedades de Caña de Azúcar de Costa Rica Año 2000. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, marzo. 87p.

15. CHAVES S, M; BARRANTES M, JC; VILLALOBOS M, C; ANGULO M, A; RODRIGUEZ R, M; CALDERON A, G; RODRIGUEZ F, JM; ALFARO P, R. 2001b. Estimación del Área Sembrada con Caña de Azúcar en Costa Rica Durante el Año 2000, según Región Productora. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 126p.

16. LAICA. 2003. Informe Estadístico 2001/2002. San José, Costa Rica, LAICA. 76 p.