

EVALUACION DE LA INTERACCION DE 3 DOSIS DE CARBONATO DE CALCIO Y 4 DOSIS DE FÓSFORO, SOBRE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR CULTIVADA EN UN INCEPTISOL DE SAN RAMON, ALAJUELA. PROMEDIO DE 2 COSECHAS.

Carlos Villalobos M; Marco Chaves S.
Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)

RESUMEN

El experimento se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la interacción entre el Ca y el P sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar (Variedad H 60-8521), sembrada en un Inceptisol de la Región de San Ramón. El Diseño Experimental empleado fue de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Como enmienda se utilizó CaCO_3 aplicado al voleo dos semanas antes de establecer el experimento y, Triple Superfosfato al momento mismo de efectuar la siembra incorporándolo al fondo del surco. Como fertilización complementaria se utilizó Nitrógeno y Potasio ambos en dosis de 150 kg/ha, aplicados en dos tractos del 50% cada uno. Las dos cosechas se efectuaron a los 20 meses en ciclo de caña planta y 12 meses en la caña soca. Los resultados de las evaluaciones de los diferentes tratamientos con relación al Testigo sin Ca y P, muestran todos incrementos en toneladas de azúcar por hectárea que van desde un 11% hasta un 80%, alcanzando los mayores rendimientos tanto en caña como en azúcar cuando se utilizó la dosis más alta de CaCO_3 y de P_2O_5 . El tratamiento Testigo produjo solamente 88,0 TM de caña y 9,3 TM de azúcar, mientras que el tratamiento con 2,0 TM de CaCO_3 y 150 kg de P_2O_5 produjo 149,8 TM de caña y 16,8 TM de azúcar, lo que representó un incremento del 70,5% y el 80,6%, respectivamente. Importante es hacer notar que los rendimientos en las variables azúcar/TM, así como TM de caña y azúcar/ha, mostraron un incremento creciente conforme se aumentó la dosis de P con cada una de las dosis de CaCO_3 , hecho que no ocurrió cuando el aumento de la dosis se dio sólo en este último nutrimento. La baja acidez y los altos contenidos de Bases Intercambiables presentes en el suelo, pudieron inducir la no respuesta al uso de CaCO_3 . La adición de 150 kg de P_2O_5 /ha fue el mejor tratamiento desde la perspectiva productiva, técnica y económica.

INTRODUCCIÓN

El Fósforo (P) es un nutrimento esencial para las plantas y por lo tanto deben éstas encontrarlo disponible en el suelo para que puedan absorberlo y asimilarlo y, poder así completar su ciclo normal de producción. Conjuntamente con el Nitrógeno (N) y el Potasio (K), el P forma parte del grupo selecto de nutrimentos que se conoce como elementos primarios. Promover la formación temprana y el desarrollo de raíces, participar en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y la transferencia de energía, la división y el alargamiento celular, son entre otras muchas, las funciones que dicho nutrimento desempeña durante el desarrollo de las plantas (CHAVES, 1999ab).

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: 111-116.

El P es necesario suministrarlo en el momento, la forma y la cantidad requerida por la planta; previendo además, su posible indisposición en el suelo en razón de que es un elemento propenso a formar compuestos insolubles con el Calcio (Ca), el Hierro (Fe) y el Aluminio (Al), los cuales no son aprovechables por las plantas. La limitante es aún más grave cuando se trata de suelos cuyos contenidos naturales del nutriente son deficientes, hay bajas temperaturas, se tiene un alto grado de compactación, las condiciones son de alta acidez y se tienen bajas concentraciones de Ca, entre otros factores que también limitan el buen aprovechamiento del mismo. Muchos de los suelos agrícolas de la región cañera de San Ramón presentan éstas características (Chaves y Alvarado, 1994; Chaves, 1996; 1999ab; Chavarria *et al*, 1999).

La adición de este nutrimento al suelo en condiciones técnicamente adecuadas resulta ser sin embargo, una práctica relativamente poco utilizada entre los productores de la región de San Ramón, particularmente cuando se trata de complementarlo con el Ca a través del uso de enmiendas (Cal). Esta situación acontece en algunos casos por desconocimiento, y en otros, porque se atribuye un costo muy elevado a su utilización en el programa de fertilización, lo que conduce según muchos agricultores a reducir significativamente el margen de ganancia final percibido. La calidad de las enmiendas es también un aspecto técnico fundamental a tomar en cuenta, pues es determinante en el efecto y resultados que se pretendan obtener (CHAVES, 1993; 2000).

Son varias las fuentes comerciales de solubilidad variable que están actualmente disponibles en el mercado para adicionar P, aunque como menciona CHAVES (1996; 1999ab), la mayor fracción del elemento proviene de la intemperización de la **Apatita**, mineral abundante en el suelo compuesto principalmente de P y Ca, que a medida que se descompone va liberando el P, con el cual se forman muchos compuestos incluyendo los **Ortofosfatos** que son la forma química como las raíces lo absorben y asimilan. Se cita entre otras fuentes proveedoras de este nutrimento en el suelo: el humus, la Materia Orgánica, los microorganismos, los insectos y otros cuerpos vivos en proceso de descomposición.

Menciona IMPOFOS (1988) que la capa arable de la mayoría de los suelos agrícolas, contiene entre 800 y 1.600 kg de Fósforo/ha, aunque por lo general menos de 4 kg de esa cantidad es lo que se encuentra en la solución del suelo y disponible para las plantas en un momento dado; por ello la baja disponibilidad que el P tiene para las plantas.

En razón de todo lo anterior y considerando necesario contar con más información de campo generada en el propio lugar de producción, acerca de la respuesta de la caña de azúcar a la adición de P_2O_5 y $CaCO_3$, se estimó pertinente efectuar el presente estudio en el cual se evaluó dosis diferentes y crecientes de ambos nutrimentos, así como su interacción.

OBJETIVO

El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto inducido por la interacción Ca- P sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, y determinar la dosis técnico-económica mas viable para alcanzar una buena productividad y rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se estableció en julio de 1998 en una de las fincas del Ingenio San Ramón, ubicada en el Distrito de Piedades Norte a una altitud de 1.100 msnm, con una temperatura media aproximada de 21°C y una media de precipitación total anual próxima a los 2.000 mm. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, cuyas parcelas tenían un área total y útil de 51m². La variedad comercial de caña de azúcar cultivada fue la H 60-8521 evaluada en dos cosechas, a los 20 meses en caña planta y 12 meses en ciclo de caña soca.

El suelo empleado en el presente experimento como substrato presentó las siguientes características químicas:

| pH | Al | Ca | Mg | K | P | Zn | Cu | Mn | Fe |
|------------|-------------|------------|------------|-------------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 5,4 | 0,30 | 6,9 | 2,7 | 0,57 | 2 | 1,4 | 43 | 11 | 57 |

El pH, Al, Ca, Mg y K se encuentran expresados en cmol (+)/l de suelo, mientras que el P, Zn, Mn, Cu y el Fe en ug/ml. Con respecto a las características físicas del substrato su conformación textural fue de: 38% Arena, 42% Limo y 20% de Arcilla, para calificar como una Textura de Suelo Franco, cuyo contenido de Materia Orgánica fue de 6,18%.

Para adicionar el Ca y el P al suelo se utilizó como fuentes comerciales el CaCO₃ distribuido al voleo sobre toda el área de las parcelas experimentales con 15 días de anticipación al establecimiento y siembra de la plantación, en dosis de: 0; 1,0 y 2,0 TM/ha. El Triple Superfosfato se adicionó al fondo del surco al momento mismo de efectuar la siembra, utilizando dosis de: 0, 50, 100 y 150 kg de P₂O₅/ha. Como fertilización base complementaria se agregó a todos los tratamientos N y K₂O en cantidades de 150 kg/ha de cada uno, por medio de NH₄NO₃ y KCl como fuentes suplidoras, fraccionando dicha aplicación en 2 tractos del 50% cada uno a los 45 y 90 días de efectuada la siembra del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSION

Únicamente se obtuvo como se anotó el resultado de dos cosechas (planta y soca), en razón de que la finca donde se estableció el experimento se destinó a fines no agrícolas y, hubo por lo tanto, que discontinuar el estudio por motivos de fuerza mayor. No obstante lo anterior, los resultados obtenidos son muy elocuentes y reveladores de los efectos positivos que el P, principalmente, y el Ca en menor grado inducen sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar, lo que se confirma con los datos del Cuadro 1, el cual contiene el promedio de las dos evaluaciones efectuadas.

La interacción Ca-P no resultó ser tan positiva como a ocurrido en otros estudios y podía por lo tanto esperarse en éste. Esta acción positiva es explicable por la adición de Ca que se logra y el efecto de corrección de la acidez que el Ca induce en el suelo, y que le permite al P ser mayormente absorbido por las plantas, como indicaran ANDERSON Y BOWEN (1994) y CHAVES (1999ab). Debe en este sentido tenerse en cuenta que la acidez del suelo donde se realizó el estudio era baja y los contenidos de Bases Intercambiables (Ca, Mg y K) por el

contrario altos, lo que poco ayudó a expresar la benevolencia del encalado y la de esos nutrimentos (Chaves y Alvarado, 1994). Es importante realizar la evaluación y verificar los resultados del estudio, ya que muchos productores en condiciones similares efectúan aplicaciones correctivas de acidez cuando en realidad de acuerdo con el análisis de suelo no es necesario.

Es preciso observar como se generó un incremento creciente en las variables de rendimiento caña y azúcar/ha, a medida que se fue aumentando la dosis de P, principalmente; sin embargo, no ocurrió lo mismo con el Ca, pues inclusive tres de los tratamientos a los cuales no se les aplicó la enmienda pero si P, produjeron un mayor rendimiento agroindustrial respecto a si se comparan con los tratamientos en los que se utilizó 1,0 TM de CaCO₃, lo que también se puede comprobar en la Figura que se adjunta.

Pese a todo las dosis de CaCO₃ mejoraron individualmente los índices de productividad agroindustrial de algunos tratamientos, como se demuestra en los dos tratamientos donde se adicionó la enmienda (1,0 y 2,0 TM) sin complemento de P en relación con el Testigo. La concentración de sacarosa (Rendimiento Industrial) se elevó en 1,6 kg (1,5%) en el caso de la dosis de 1,0 TM y se mantuvo muy semejante (-0,5 kg) con 2,0 TM. En cuanto a producción de caña el beneficio de incorporar la cal fue importante, puesto que con la adición de 1,0 y 2,0 TM de CaCO₃/ha el incremento respecto al Testigo fue respectivamente de 8,5 y 23,3 TM, lo que representó un 9,7% y un 26,5%. En lo referente a producción de azúcar, las diferencias fueron de 1,15 TM y 2,41 TM de azúcar/ha para un importante 12,3% y 25,9%, respectivamente.

CUADRO N° 1.

RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE LA EVALUACION DE TRES DOSIS DE CARBONATO DE CALCIO Y CUATRO DOSIS DE FOSFORO EN SAN RAMON, ALAJUELA. PROMEDIO DE DOS COSECHAS, AÑO 2001.

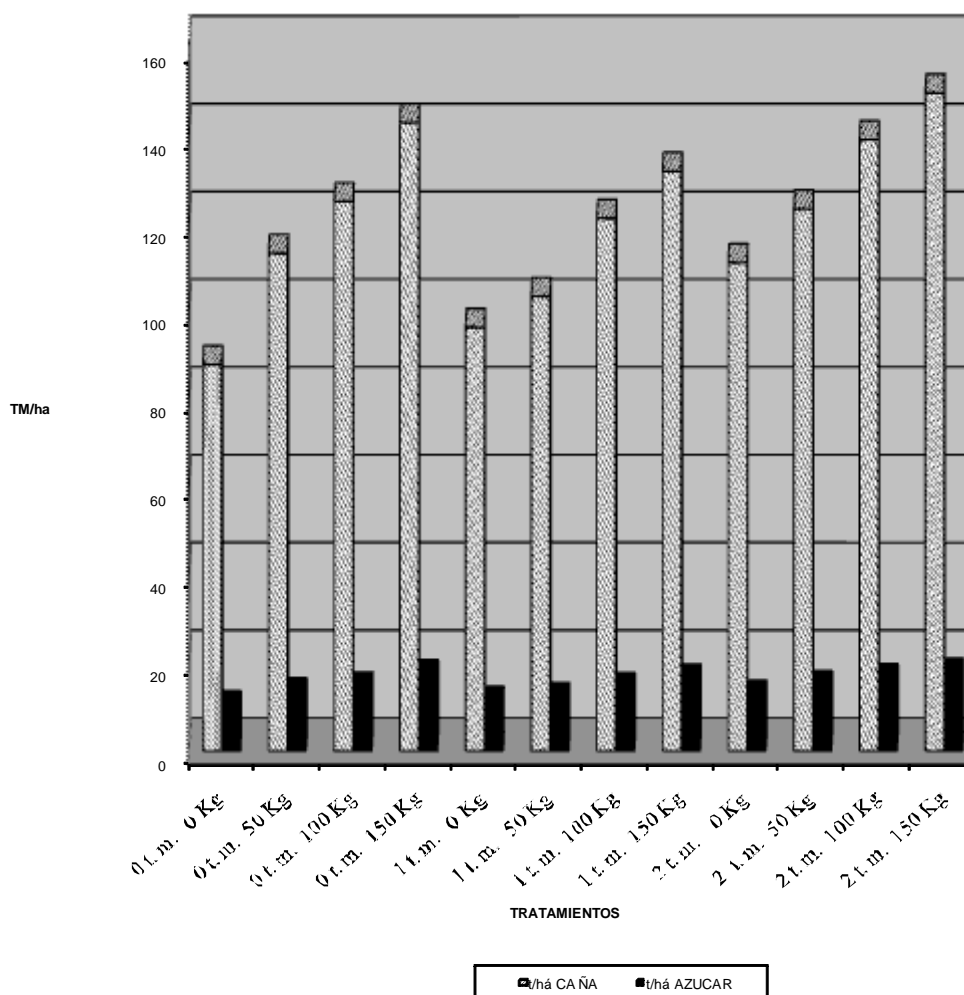
| TRATAMIENTOS* | | PORCENTAJE | | | | RENDIM. kg az/TM | TM/ha | | RELAC. SACAR. | PRT |
|-------------------|-------------------------------|------------|-------|-------|-------|---------------------|--------|--------|------------------|-------|
| CaCO ₃ | P ₂ O ₅ | BRIX | POL | PZA | FIBRA | | CAÑA | AZUCAR | | |
| 0 | 0 | 19,90 | 16,89 | 84,94 | 14,56 | 105,90 | 87,98 | 9,32 | 9,44 | 100,0 |
| 0 | 50 | 19,80 | 17,00 | 85,75 | 13,90 | 108,75 | 113,30 | 12,32 | 9,20 | 132,2 |
| 0 | 100 | 20,25 | 17,15 | 84,80 | 14,05 | 108,85 | 125,10 | 13,62 | 9,19 | 146,1 |
| 0 | 150 | 20,65 | 18,20 | 87,55 | 14,55 | 114,80 | 143,05 | 16,42 | 8,71 | 176,3 |
| 1 | 0 | 19,90 | 16,85 | 84,85 | 14,35 | 107,55 | 96,45 | 10,37 | 9,30 | 112,3 |
| 1 | 50 | 20,05 | 17,15 | 85,35 | 14,35 | 107,90 | 103,50 | 11,17 | 9,27 | 119,9 |
| 1 | 100 | 20,70 | 17,45 | 84,20 | 13,90 | 110,50 | 121,30 | 13,40 | 9,05 | 143,9 |
| 1 | 150 | 20,75 | 18,25 | 87,85 | 14,35 | 116,85 | 132,00 | 15,42 | 8,56 | 165,5 |
| 2 | 0 | 20,20 | 17,25 | 85,45 | 15,15 | 105,45 | 111,20 | 11,73 | 9,48 | 125,9 |
| 2 | 50 | 20,15 | 17,49 | 86,70 | 13,80 | 112,80 | 123,40 | 13,92 | 8,87 | 149,4 |
| 2 | 100 | 20,25 | 17,55 | 86,60 | 14,50 | 111,30 | 139,20 | 15,49 | 8,98 | 166,3 |
| 2 | 150 | 20,25 | 17,80 | 87,95 | 14,85 | 112,20 | 149,85 | 16,81 | 8,91 | 180,5 |
| PROMEDIO | | 20,24 | 17,42 | 86,00 | 14,36 | 110,24 | 120,53 | 13,33 | 9,08 | 143,1 |
| C. V. % | | 1,57 | 2,69 | 1,50 | 2,81 | 3,17 | 15,71 | 18,13 | 3,14 | 18,13 |

Relación Sacarosa = TM de caña necesarias para fabricar una TM de azúcar.

PRT = Diferencia porcentual respecto al Testigo en lo que a TM de azúcar se refiere.

* Los valores de CaCO₃ se anotan en TM y los de P en kg, ambos por hectárea.

EFFECTO DE LA INTERACCION CALCIO FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS EN CAÑA



Si bien es cierto se encontró diferencias estadísticas significativas individualmente entre los 12 tratamientos evaluados (Tuckey 5%), tanto en la variable de producción de caña como también en la de azúcar/ha, las mismas están determinadas y obedecen en un alto grado al P_2O_5 y no tanto a la interacción Ca-P, tal como se muestra en el Cuadro N° 2, en el cual se presenta el análisis grupal internamente (dosis) para cada factor (Ca y P) pero a la vez separado e individualizado para cada uno de ellos. Pese a todo sí hubo un incremento en los rendimientos agroindustriales al utilizar 2,0 TM de $CaCO_3$ /ha, aunque las diferencias no alcanzaron un nivel significativo como se evidencia en el análisis estadístico; en dicho caso las diferencias promedio con respecto al Testigo fueron de 13,8 TM (11,8%) de caña y 1,56 TM (12,1%) de azúcar.

En lo que respecta al P la situación fue por el contrario muy clara y contundente, en el sentido de que tanto en la concentración de sacarosa en los tallos (kg/TM), como también en la producción de caña y azúcar (TM/ha), el incremento de las dosis de P se manifestó en la productividad en forma creciente y lineal. Las dosis de 50, 100 y 150 kg de P_2O_5 /ha

aumentaron la producción de azúcar respecto al tratamiento Testigo en un 18,9%, 35,3% y 55,0%, respectivamente.

Con respecto a otras variables industriales (kg de azúcar/TM, Brix, Fibra % Caña y Pureza de los jugos), puede notarse también en el Cuadro N° 2, cómo si bien existen diferencias entre algunos de los tratamientos, tanto con el uso del Ca como también del P, para ninguna de las variables esas diferencias fueron tan amplias como para que estadísticamente resultaran significativas, según el análisis comparativo de medias realizado.

CUADRO N° 2.

RESULTADOS AGROINDUSTRIALES DE LA EVALUACION DE TRES DOSIS DE CARBONATO DE CALCIO Y CUATRO DOSIS DE FOSFORO EN SAN RAMON, ALAJUELA. PROMEDIO DE DOS COSECHAS, AÑO 2001.

| TRATAMIENTOS | PORCENTAJE | | | | RENDIM. Kg azuc/TM | TM/ha | | RELAC. SACAR. | PRT |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|---------------|--------------|------------------|--------------|
| | BRIX | POL | PZA | FIBRA | | CAÑA | AZUCAR | | |
| 0 TM CaCO ₃ | 20,15 | 17,31 | 85,76 | 14,26 | 109,57 a | 117,35 a | 12,94 a | 9,07 | 100,0 |
| 1 TM CaCO ₃ | 20,35 | 17,42 | 85,56 | 14,23 | 110,70 a | 113,31 a | 12,55 a | 9,03 | 99,9 |
| 2 TM CaCO ₃ | 20,21 | 17,52 | 86,67 | 14,57 | 110,44 a | 131,16 a | 14,50 a | 9,05 | 112,1 |
| PROMEDIO | 20,23 | 17,45 | 86,00 | 14,35 | 110,23 | 120,60 | 13,33 | 9,05 | 105,6 |
| C. V. % | 0,50 | 0,34 | 0,69 | 1,31 | 0,53 | 7,76 | 7,74 | 0,22 | 7,73 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
| 0 kg P ₂ O ₅ | 20,00 | 16,99 | 85,08 | 14,69 | 106,30 a | 98,54 c | 10,47 b | 9,41 | 100,0 |
| 50 kg P ₂ O ₅ | 20,00 | 17,21 | 85,93 | 14,02 | 109,82 a | 113,40 bc | 12,45 b | 9,11 | 118,9 |
| 100 kg P ₂ O ₅ | 20,40 | 17,38 | 85,20 | 14,50 | 110,22 a | 128,53 ab | 14,17 ab | 9,07 | 135,3 |
| 150 kg P ₂ O ₅ | 20,55 | 18,08 | 87,78 | 14,58 | 114,62 a | 141,63 a | 16,23 a | 8,73 | 155,0 |
| PROMEDIO | 20,23 | 17,41 | 86,00 | 14,45 | 110,24 | 120,52 | 13,39 | 9,08 | 127,3 |
| C. V. % | 1,39 | 2,70 | 1,45 | 2,04 | 3,09 | 15,47 | 18,32 | 3,06 | 18,41 |

Relación Sacarosa = TM de caña necesarias para fabricar una TM de azúcar.

PRT = Diferencia porcentual respecto al Testigo en lo que a TM de azúcar se refiere.

Los tratamientos individualmente más eficientes en cada una de las variables de productividad agroindustrial expresados como TM de CaCO₃ y kg de P₂O₅/ha, fueron los siguientes: en el caso del Rendimiento Industrial (116,85 kg/TM) fue 1,0 TM - 150 kg/ha; en la producción de caña (149,85 TM/ha) fue 2,0 TM – 150 kg, y en la productividad de azúcar (16,81 TM/ha) el tratamiento 2,0 TM – 150 kg/ha, el cual generó a su vez una Relación Caña/Azúcar de 8,91 todo lo cual significó un incremento respecto al Testigo del 80,5%. Para las mismas tres variables de rendimiento la interacción 0 CaCO₃ y 150 kg/ha de P₂O₅, fue la segunda dosis más eficiente. Como se infiere la dosis de 150 kg de P₂O₅/ha resulto ser la más efectiva en términos agro productivos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El hecho de que las diferencias en productividad obtenidas en los rendimientos agroindustriales inducidas por la adición del Ca, no fueran estadísticamente significativas, podría atribuirse al hecho de que el grado de acidez era bajo y el contenido de Ca en el suelo era por el contrario alto, superior al nivel crítico, por lo que al adicionarlo no se alcanzó un efecto tan claro.
2. El efecto productivo generado por la adición del CaCO_3 fue positivo aunque no estadísticamente significativo, lo que no resultó tan determinante y contundente como el P_2O_5 , el cual ejerció su preponderancia tanto incorporado individualmente como en interacción con el CaCO_3 .
3. Cuando se adicionó CaCO_3 sin P_2O_5 los rendimientos agroindustriales cayeron significativamente y fueron inferiores, respecto a adicionar comparativamente dosis bajas de Fósforo (50 kg) sin cal, lo que ratifica una vez más el efecto positivo del P.
4. En suelos con bajo contenido de P resulta indispensable la adición del mismo para lograr incrementar los rendimientos y la productividad de la caña de azúcar, como lo demuestran los resultados obtenidos en el presente experimento.
5. La adición de P_2O_5 y CaCO_3 al igual que acontece con otros nutrientes esenciales para el cultivo de la caña de azúcar, no solamente contribuyen a incrementar los rendimientos en cada cosecha, sino que también prolongan la vida útil comercial de la plantación haciéndola por tanto más rentable y competitiva.
6. Con base en lo anterior se recomienda para suelos de características edáficas, agroclimáticas y agroproductivas similares a las de la localidad donde se estableció el presente estudio, la adición de P en dosis de 150 kg de P_2O_5 /ha; en razón no solamente de que fue la concentración donde se obtuvo los mejores rendimientos agroindustriales, sino también, porque en el análisis económico practicado al estudio mostró la mejor relación beneficio/costo.
7. Queda demostrada una vez más la importancia de utilizar y respetar el análisis de suelo como instrumento eficiente de orientación técnica, para discernir sobre la necesidad real de aplicar enmiendas y nutrientes esenciales en la fertilización comercial de la caña de azúcar.

LITERATURA CITADA

1. Anderson, D; Bowen, J. 1994. Nutrición de la Caña de Azúcar. Quito, Ecuador. 40 p.
2. Chavarría, E; Villalobos, C; Chaves, M. 1999. Evaluación del Efecto de 5 Dosis de Fósforo sobre la Producción de Caña de Azúcar en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso

- Nacional de Suelos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 344.
3. Chaves Solera, M. 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, LAICA-DIECA. 41 p.
 4. Chaves Solera, M; 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. Internacional Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, 15 th Congress, del 11 al 15 de julio de 1994. Memoria. Volumen 7^a. p: 353-372.
 5. Chaves Solera, M. 1996. Experiencias con la Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: Congreso ATACORI “*Cámara de Productores del Pacífico*”, 10, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
 6. Chaves Solera, M. 1999a. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA. 130 p.
 7. Chaves Solera, M. 1999b. Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar en Costa Rica. In: 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. Volumen 3. p: 193-214.
 8. Chaves Solera, M. 2000. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. 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: 216-223.
 9. INPOFOS (Instituto de La Potasa y el Fósforo). 1988. Manual de Fertilidad de los Suelos. 1.^{ed}. Quito, Ecuador. 85 p.