

**VERIFICACION DEL EFECTO DE LA INTERACCION DEL CARBONATO
DE CALCIO Y EL FOSFORO SOBRE LOS RENDIMIENTOS
AGROINDUSTRIALES DE LA CAÑA, VARIEDAD Q96, EN TUCURRIQUE
DE JIMÉNEZ. PROMEDIO DE CUATRO COSECHAS.**

Gilberto Calderón A.^{1/}; Marco Antonio Chaves S.^{2/}

¹E-mail: gilca@costarricense.cr

²E-mail: mchavez@laica.co.cr

INTRODUCCION

La acidez de muchos suelos agrícolas en nuestro país, constituye sin lugar a dudas, uno de los factores más limitantes para elevar la productividad y rentabilidad de los cultivos a niveles competitivos; en virtud de que afecta y disminuye significativamente el potencial productivo que los mismos poseen, y que en teoría es factible alcanzar (Chaves, 1993, 1999ac). En la Región Cañera de Turrialba y Jiménez, ésta condición edáfica resulta común y se da especialmente en los distritos de La Suiza, Tuis y Tayutic (cantón Turrialba) y en Pejibaye y Tucurrique (cantón Jiménez).

Los suelos que poseen dicha limitante, se caracterizan porque tienen un bajo nivel de fertilidad natural, el pH y la Acidez Extraíble muestran la presencia de altos contenidos de Acidez, una baja Suma de Bases y un deficiente contenido en Fósforo (Cuadros 1 y 2). Debido a lo anterior, es necesario corregir tal situación para lograr que el nivel productivo sea rentable, pues los rendimientos agroindustriales del cultivo de la caña de azúcar en estas localidades, no es el deseado.

En ese sentido, Chaves (1993, 1999ac) menciona que la acción prioritaria por ejecutar para realizar el manejo correcto y eficiente de los suelos ácidos del orden Ultisol, es por medio de la práctica del encalado; la cual debe considerar de preferencia el suplemento tanto de Ca como de Mg. Por otra parte, ese mismo investigador (Chaves, 1993) indica, que la corrección de la acidez modifica un gran número de propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, lo que puede crear y establecer condiciones favorables para el desarrollo de las plantas.

Con fundamento en la importancia pragmática que esos criterios técnicos tienen, DIECA ha venido realizando en las localidades de Turrialba y Jiménez, estudios de campo con la aplicación de CaCO₃ como Correctivo de Acidez, en interacción con el P, dado el papel determinante que ese nutrimento tiene en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo de la caña y la insuficiencia manifiesta del mismo en los suelos cañeros del lugar (Calderón, 1997, 1999ab; Chaves, 1996,1999c; Zúñiga y Chaves, 1993).

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: 305-311.

Fue así como en un suelo ácido de la localidad de Pejibaye, se condujo un trabajo práctico de campo (Calderón, 1997) realizado en la finca de un agricultor, donde se verificó utilizando tres niveles de tecnología, el efecto de variar los componentes Cal y P. Los resultados obtenidos al comparar el tratamiento denominado Tecnología Alta (cuyas variables fueron la aplicación de 2 TM de CaCO_3 y 150 kg/ha de P_2O_5), con respecto al tratamiento denominado Manejo del Agricultor (el cual no dispuso de Cal y P), mostró luego de tres cosechas, un incremento positivo en cuanto a producción de caña y azúcar (TM/ha) del 39 y 40 %, respectivamente, en relación con el segundo; lo cual reflejó una rentabilidad económica superior, dejando clara así la importancia del uso de una adecuada tecnología.

En la misma región, pero empleando un mayor rigor científico en relación con la prueba anterior, se llevó a cabo un estudio en una finca comercial del Colegio Técnico Profesional de La Suiza, ubicado en la localidad de El Carmen, Cantón de Turrialba. Se evaluaron 4 dosis de CaCO_3 : 0- 1,0 - 1,5 y 3 TM/ha, en interacción con 3 dosis de P: 0, 120 y 200 kg/ha de P_2O_5 , empleando un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con un Arreglo Factorial de 4 x 3 repeticiones.

Los resultados (promedio de cuatro cosechas) permitieron concluir que la aplicación del CaCO_3 y el P, fueron determinantes en el aumento de la producción de azúcar (TM/ha) con respecto al tratamiento Testigo (sin Cal y sin P), lo cual mostró una clara superioridad desde el punto de vista de rentabilidad. En cuanto a la dosis de CaCO_3 que se le puede recomendar a un agricultor, quedó demostrado que la mejor es la de 1,5 TM/ha. Con respecto a las dosis de P, si bien 200 kg de P_2O_5 fue la mejor, desde el punto de vista práctico así como de flujo de caja para un pequeño agricultor, no resulta muy viable su aplicación, pues este nutrimento es precisamente uno de los más caros. Una dosis ubicada en el rango de 120-150 kg/ha de P_2O_5 aplicados en caña planta, se consideró como la mejor (Calderón, 1999a).

Siendo el P un nutrimento tan ampliamente investigado, resulta fundamental el poder optimizar y racionalizar su empleo, para lo cual es básico controlar e intervenir factores como: 1) fuente empleada, referido esto a solubilidad, concentración y elementos acompañantes, 2) forma y lugar de colocación, 3) dosis aplicada, 4) acondicionamiento previo del medio, 5) tipo de suelo, etc. (Chaves y Alvarado, 1994; Chaves, 1996, 1999abcd).

Experiencias desarrolladas en la región (Chaves, 1997), han demostrado la importancia de optimizar el uso del P en cuanto a la forma de colocarlo en la plantación de caña. Estudios de campo realizados en el lugar (CATIE) empleando el clon Q96 han determinado, que su incorporación al fondo del surco superó al Testigo sin P en un 30%, lo que fue también válido cuando se colocó en el entresurco; la colocación del P al voleo (27%) y superficial sin incorporar (25%) fueron también superiores respecto al Testigo. Los resultados de esa prueba experimental verificaron los buenos resultados alcanzados con el uso del P en la concentración de sacarosa, el tonelaje de caña y también de azúcar (TM/ha).

Con relación a dosis de CaCO_3 evaluadas en la zona y como referencia preliminar de trabajos efectuados en esta materia, es oportuno citar un estudio realizado en el distrito de Tuis, Turrialba;

en donde se evaluaron 5 dosis de CaCO₃: 0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 y 2,0 TM/ha, con el fin de determinar la más adecuada, en la variedad Q96 (DIECA, 1993, 1994). A pesar de no haberse determinado significancia estadística para las variables evaluadas, hubo un incremento importante en el tonelaje de caña con todas las dosis de CaCO₃ estudiadas, esto con respecto al Testigo. La dosis que en términos productivos y económicos resultó ser más eficiente fue la de 1,5 TM de CaCO₃/ha, la cual superó en el ciclo planta al Testigo en 0,5 TM (11,5%) de azúcar/ha, y 8,3 TM (52,8%) /ha en la segunda soca.

La necesidad de verificar el resultado de los trabajos de investigación realizados en la zona, así como de transferir los resultados obtenidos a los agricultores, justificaron la idea de establecer una parcela de verificación comercial en la finca de un agricultor del Asentamiento Campesino llamado Flora y Oso, ubicado en Tucurrique, la cual como ya se indicó, presenta suelos con fuertes problemas de acidez.

OBJETIVO

Verificar en la finca de un productor de caña, los efectos positivos de la aplicación del CaCO₃ en interacción con el P, en un suelo de características ácidas, de manera que los resultados generados sean transferidos directamente a los cañicultores de la región.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Asentamiento Campesino llamado Flora y Oso, ubicado en el distrito de Tucurrique, cantón de Jiménez, provincia de Cartago, a una altura de 800 msnm. Calderón (1999b), expuso oportunamente los resultados parciales promedio de dos cosechas de éste estudio. El análisis físico-químico del suelo del área donde se realizó el experimento se expone en los Cuadros 1 y 2. Se utilizó como fuente de P la fórmula química comercial 10-30-10 y como CaCO₃ el producto comercial registrado como "Carboazul", el cual es producido en Turrialba.

Cuadro N° 1.
Resultados del Análisis Químico del Suelo del Área en Estudio. Asentamiento
Flora y Oso, Tucurrique. Laboratorio de Suelos CATIE, Mayo de 1995.

Profundidad (cm)	pH	cmol (+) / l				ug / ml suelo				M.O. (%)
		Ac. Extr.	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	
20	4,5	1,75	1,14	0,29	0,09	2,9	0,9	14,9	19,3	8,5

Cuadro N° 2.
Resultado del Análisis Físico del Suelo del Área en Estudio. Asentamiento
Flora y Oso, Tucurrique. Laboratorio de Suelos CATIE, Mayo de 1995.

Profundidad (cm)	Porcentaje (%)			Textura
	Arena	Limo	Arcilla	
20	26,40	16,00	57,60	Arcilloso

El P₂O₅ se aplicó todo al fondo del surco al momento de realizar la siembra de la plantación, y el CaCO₃ tres semanas antes. Toda la Cal se distribuyó al voleo en forma manual en toda el área útil de las parcelas que lo requerían. Los tratamientos evaluados consistieron en la combinación de la dosis de 2 TM de CaCO₃ con 120 kg / ha de P₂O₅ (2 x 2), los cuales se presentan en los Cuadros 3 y 4.

El estudio se estableció en agosto de 1995 y no implicó por su naturaleza el empleo de ningún Diseño Experimental; pues se trata de una Parcela de Verificación, la cual tiene un tamaño considerablemente mayor al de las empleados por lo general en un experimento de carácter estadístico. Las parcelas consistían en unidades experimentales individuales de 8 surcos de 32 m

de largo cada una, separados a 1,5 m entre sí, para un área total y útil de 432 m² sin repeticiones. Se cultivó la variedad comercial Q96, la cual se caracteriza por poseer un buen número de tallos por metro lineal (aproximadamente 15 en promedio), es poco precoz, presenta tricomas numerosos y posee un pobre despaje. Tiene tendencia al acame con la ventaja de que los tallos no quiebran al volcarse. Es una variedad potencialmente muy azucarera (110 - 125 kg azúcar/TM) y posee un contenido alto de fibra (14 - 18%). La primera cosecha se realizó a los 18,5 meses de edad y las tres siguientes cada 12 meses (Chaves *et al*, 2001).

La fertilización fue muy variada en cada uno de los ciclos como se demuestra seguidamente:

Caña Planta: 159 - 128 - 38,8 y 57 kg / ha de N, K₂O, MgO, B₂O₃ Y SO₄, respectivamente.

Primera soca: 113 - 81,2 - 40 y 25,5 kg / ha de N, K₂O, MgO y S, respectivamente.

Segunda soca: 162,5 - 102 - 21 y 25,5 kg / ha de N, K₂O, MgO y S, respectivamente.

Tercera soca: 153,5 - 91 - 14 - 1,3 y 17,2 kg / ha de N, K₂O, MgO, B₂O₃ y S, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados agroindustriales tanto individuales como promedio de las cuatro cosechas realizadas; así como la valoración económica de los resultados obtenidos, se presentan en los Cuadro N° 3 y 4 y las Figuras 1 y 2.

Cuadro 3.
Parcelas de Verificación Establecidas en Flora y Oso, Tucurrique,
Resultados Parciales de las Cuatro Cosechas. 2000.

Tratamientos		Corte*	Rend. Industrial kg azúcar/ TM	Producción TM/ha		Relación Sacarosa	PRT (%)
CaCO ₃	P ₂ O ₅			Caña	Azúcar		
2 TM	120 kg	1	139,10	153,24	21,30	7,19	243,7
		2	140,44	114,35	16,06	7,12	183,7
		3	131,57	67,01	8,82	7,60	100,9
		4	121,44	71,99	8,74	8,24	100,0
		Promedio		133,14	101,65	13,73	7,40
0 TM	120 kg	1	148,51	139,35	20,69	6,73	297,7
		2	148,03	108,33	16,03	6,76	230,6
		3	136,86	60,73	8,31	7,31	119,6
		4	121,09	57,41	6,95	8,26	100,0
		Promedio		138,62	91,46	13,00	7,04
2 TM	0 kg	1	124,90	102,78	12,83	8,01	184,1
		2	142,03	92,60	13,15	7,04	188,7
		3	129,08	53,00	6,84	7,75	98,1
		4	127,57	54,63	6,97	7,84	100,0
		Promedio		130,90	75,75	9,95	7,61
0 TM	0 kg	1	130,68	97,00	12,63	7,68	208,8
		2	143,06	81,01	11,59	6,99	191,6
		3	124,59	52,89	6,59	8,03	108,9
		4	126,19	47,92	6,05	7,92	100,0
		Promedio		131,13	69,71	8,21	8,49

* Los valores se refieren al número de Cosecha.

Cuadro N° 4.
Resultados Agroindustriales del Estudio de Verificación de la Interacción del Carbonato de Calcio y Fósforo, en Caña de Azúcar, en Tucurrique de Jiménez. Promedio de 4 Cosechas. 2003.

Tratamientos		Rendim kg Azuc./TM	TM / ha		Relac. Sacar.	PRT (%)	Colones / ha			^{3/} B/C
TM CaCO ₃	kg P ₂ O ₅		Caña	Azúcar			^{1/} Ingresos	^{2/} Costos	Utilidad Neta	
2	120	133,14	101,65	13,73	7,4	149,1	1.178.200,0	641.326,0	536.873,0	1,84
0	120	138,62	91,46	13,00	7,0	141,2	1.118.000,0	596.260,0	521.739,4	1,88
2	0	130,90	75,75	9,95	7,6	108,0	855.700,0	548.348,5	307.351,5	1,56
0	0 (T)	131,13	69,71	9,21	7,6	100,0	792.060,0	517.997,5	274.062,5	1,53
Promedio	-	133,14	84,64	11,47	7,4	-	985.990,0	575.983,2	410.006,8	1,70

Tipo de Cambio: ₡403,94. Datos con Precios del 14 Agosto del 2003.

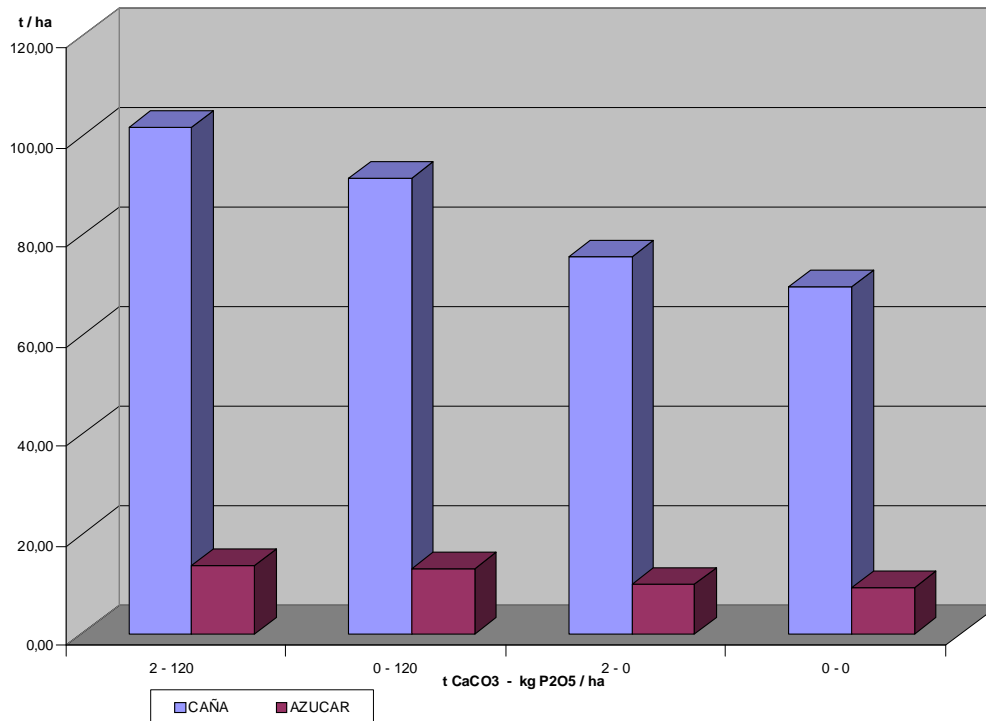
^{1/}= Precio Estimado del kg de Azúcar en Cuota Cosecha 2002 – 2003 = ₡86,00

^{2/}= Incluye Corta y Carga (₡1700,00), Transporte (₡1850,00), Herbicidas, Fertilizantes, Preparación Terreno, Semilla, Aporca Manual, Mano de Obra y Cargas Sociales.

^{3/}= Relación Beneficio/ Costo.

De acuerdo con los resultados expuestos en los Cuadros adjuntos, se puede notar que la interacción del CaCO₃ con el P fue positiva y el comportamiento productivo muy superior en relación con el tratamiento Testigo sin cal y sin P. Este comportamiento se expresó de forma similar durante las 4 cosechas, lo cual reafirma y ratifica las bondades de aplicar ambos componentes nutricionales.

Figura 1. Resultados agroindustriales del estudio de verificación del carbonato de calcio y fósforo, en Tucurrique de Jiménez. Promedio de cuatro cosechas. 2003.



La producción de caña y azúcar en el ciclo planta siempre fue superior respecto al resto de tratamientos. Conforme se avanzó en el desarrollo del ciclo vegetativo de la plantación, la reducción de productividad agroindustrial fue bastante significativa; diferenciándose la producción de azúcar del primero al cuarto corte en el caso del tratamiento 2TM- 120 kg/ha, en un 143,7%, correspondiente a 12,56 TM/ha. En el tratamiento 0 TM-120 kg fue de 13,74 TM/ha (197,7%); en el de 2 TM - 0 kg del 84,1% correspondiente a 5,86 TM/ha, y en el caso del Testigo (-Ca -P) la caída fue de 6,58 TM equivalente al 108,8%.

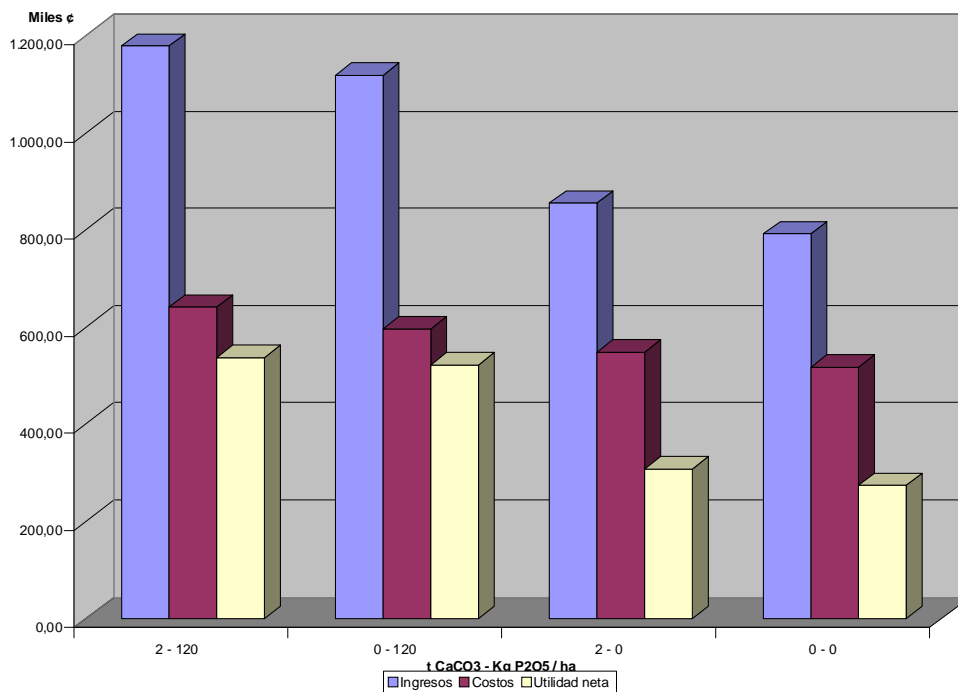
Al comparar la aplicación individual del P con respecto al CaCO₃ se evidencia que el primero tuvo un mayor impacto sobre la producción de caña y azúcar (TM / ha) en relación al segundo, lo cual permite inferir, que en la Interacción Ca-P ese nutrimento tiene una considerable influencia.

Es oportuno reiterar que con la Interacción Cal-P y con el tratamiento con solo P, el incremento verificado en el rendimiento agrícola y en la producción de azúcar fue muy superior con relación al tratamiento Testigo, y también al que sólo se le aplicó CaCO₃; diferencias que fueron del 49,1% y 41,2%, respectivamente. Se menciona esto por dos razones importantes; 1) el nivel de fertilidad natural del suelo donde se llevó a cabo el estudio es muy baja (Cuadro 1), lo cual sugiere que es posible elevar significativamente la productividad agroindustrial en esas condiciones empleando un adecuado manejo de la nutrición, 2) en tales condiciones de fertilidad y con el manejo nutricional suministrado, se deduce que la variedad Q96 se adaptó bien al medio.

Esto último es técnicamente relevante, porque si bien lo apuntado no es objeto principal del presente estudio, la experiencia en la zona indica que variedades de uso comercial en la zona como PINDAR y B76-259 no se adaptan bien en este tipo de suelos.

Desde el punto de vista económico (Cuadro 4 y Figura 2), el análisis de sensibilidad practicado muestra una clara superioridad de parte de la Interacción en cuanto a Utilidad Neta se refiere, con respecto al tratamiento Testigo sin cal y sin fósforo . Esta ventaja comparativa es sin duda el elemento de mayor convencimiento para que el agricultor decida mejorar la nutrición del cultivo por medio de la aplicación de esos insumos.

Figura Nº2. Valoración económica del estudio de verificación del carbonato de calcio y fósforo, en Tucurrique. Promedio de cuatro cosechas. 2003.



Los resultados encontrados en este estudio son concordantes con los obtenidos en la investigación realizada en La Suiza de Turrialba, tanto en cuanto al impacto de incremento a la producción de caña y azúcar (TM/ ha), como al positivo retorno económico obtenido cuando se empleó la Interacción Ca-P en un suelo ácido, respecto al no uso de ambos (Calderón, 1999a). Lo anterior, ratifica la validez de los estudios realizados en la Región de Turrialba y Jiménez, con respecto al manejo de los suelos que poseen dichas limitantes químicas promovidas por la alta acidez.

CONCLUSIONES

Con fundamento en los resultados e inferencias derivadas del estudio, puede concluirse lo siguiente:

1. La verificación constituye una de las etapas finales y formales del proceso investigativo, previo ingresar a la fase de transferencia al agricultor, ya que permite evaluar semicomercialmente y en las condiciones propias del productor, la benevolencia de una determinada tecnología que superó satisfactoriamente la fase de investigación sistemática y, está pronta por tanto, lista para ser recomendada para uso general.
2. La acidez de los suelos representa un factor edáfico negativo para la producción de caña y azúcar (TM/ha), que limita fuertemente la posibilidad de alcanzar el potencial genético y productivo propio de las variedades de caña empleadas comercialmente.
3. Una de las mayores limitantes que la acidez induce en el suelo, es la presencia de elementos y compuestos indeseables en cantidades tóxicas para las plantas; y por el contrario, la insolubilidad e indisponibilidad de nutrimentos esenciales para el desarrollo normal de la caña de azúcar.
4. La insuficiencia de Ca y la indisposición del P, representan dos características propias ligadas directamente con los suelos ácidos, que deben obligadamente contrarrestarse para acceder a potenciar incrementos significativos de la productividad agroindustrial. La condición del suelo experimental fue típica de un suelo ácido, como lo evidencia la alta acidez (1,5 cmol) y las bajas concentraciones de Ca, Mg, K, P y Zn.
5. Todos los tratamientos estudiados superaron ampliamente al Testigo sin cal y P, en lo que respecta a la producción de caña y azúcar (TM/ha). La interacción 2 TM de cal y 120 kg de P_2O_5 fue superior en 31,9 TM de caña (45,8%) y 4,5 TM de azúcar (49,1%). El mismo tratamiento sin P pero sólo con cal también superó al Testigo, pero apenas en 6,0 TM de caña (8,7%) y 0,74 TM de azúcar (8,0%). La adición de P sin cal implicó un aumento de producción muy superior, respecto al factor cal sin P. El uso del P mejoró también la concentración de sacarosa en los tallos. Quedó así evidenciada y demostrada en el estudio, la enorme importancia del P como nutrimento inductor de mejoramiento agroindustrial; así como su sinergia con el Ca como interacción positiva.
6. El empleo y adición unilateral del Ca por medio del encalado, no implica ni adiciona por sí solo, incrementos importantes de productividad, lo que obliga a complementar su empleo con el P. La combinación de 2 TM de $CaCO_3$ y 120 kg de P_2O_5 /ha resultó ser el tratamiento más productivo, más rentable y más económico.
7. El estudio permitió demostrar al agricultor involucrado en la prueba, que la aplicación del Carbonato de Calcio en interacción con el Fósforo, generó incrementos significativos en producción de caña y azúcar (TM / ha) con respecto al no empleo de ambos.

8. Se logró convencer con ésta evidencia y demostración pragmática contundente, al agricultor dueño de la parcela así como a los productores vecinos, respecto de la importancia de esos insumos en la nutrición general del cultivo de la caña; hecho que se comprobó cuando éste aplicó por convicción en diferentes oportunidades la cal y el P al resto de su finca.
9. Los resultados obtenidos, permitieron establecer un ambiente positivo de confianza y credibilidad entre el agricultor dueño de la finca en donde se efectuó el estudio y el personal de DIECA. Esta vinculación es vital en el proceso de Transferencia de Tecnología, pues constituye el “puente” para que los productores se animen a cambiar de actitud y aceptar las nuevas tecnologías.
10. El establecimiento y ejecución de esta prueba demostrativa, representó una excelente estrategia didáctica de campo para informar a los agricultores, pues permitió la realización de un Día de Campo en el lugar que resultó muy concurrido y participativo, en donde se mostraron las diferencias agronómicas debidas a los tratamientos aplicados. Por ejemplo, fue bastante evidente la deficiencia de P, la germinación y el retoñamiento irregular, la disminución en el número de hijos y el lento crecimiento de los tallos de caña en ausencia del citado nutrimento; así como también, el impacto productivo negativo inducido por la desnutrición.

LITERATURA CITADA

- 1) Calderón Araya, G. 1997. Verificación de Tres Niveles de Tecnología Aplicados en una Plantación de Caña de Azúcar, Variedad Q96, en Pejibaye de Jiménez. In: Informe Anual de Labores 1997. LAICA- DIECA. San José, Costa Rica. 3 p. (en proceso de publicación).
- 2) Calderón, G. 1999a. Efecto de la Interacción de Dosis Crecientes de Carbonato de Calcio y Fósforo, Sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña, Promedio de Cuatro Cosechas, en un Ultisol de Turrialba. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 355.
- 3) CALDERON, G. 1999b. Verificación del Efecto de la Interacción del Carbonato de Calcio y el Fósforo Sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña, Variedad Q96, en Tucurrique de Jiménez. Promedio de Dos Cosechas. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 356.
- 4) 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. LAICA- DIECA. Junio. 41 p.
- 5) 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: 15 th World Congress of Soil Science. Internacional Society of Soil Science (ISSS). Memorias. Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Volumen 7^a. p: 353-372.
- 6) CHAVES SOLERA, 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, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. p: 76-84.
 - 7) CHAVES SOLERA, M.A. 1997. Resumen de las Actividades de Generación y Transferencia de Tecnología Más Sobresalientes Obtenidas por DIECA Durante 1996. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, junio. 37p.
 - 8) 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, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José. Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. V.3. p: 193-214.
 - 9) CHAVES SOLERA, M. 1999b. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la Caña de Azúcar. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
 - 10) CHAVES, M. 1999c. La Práctica del Encalado de los Suelos Cañeros en Costa Rica. In: Congreso de ATACORI “*Randall E. Mora A.*”, 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Volumen 1. p: 216-223.
 - 11) CHAVES, M. 1999d. El Fósforo y la Caña de Azúcar. In: Congreso de ATACORI “*Randall E. Mora A.*”, 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Volumen 1. p: 187-215.
 - 12) CHAVES S., M.; RODRÍGUEZ R., M; VILLALOBOS M., C.; ANGULO M., A.; CALDERON A., G.; ALFARO P., R.; RODRIGUEZ F., J.M.; BARRANTES M., J.C. 2001. Censo de Variedades de Caña de Azúcar de Costa Rica Año 2000. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, marzo. 87 p.
 - 13) DIECA. 1994. Informe Anual de Labores 1993. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA. p: 120-121.
 - 14) DIECA. 1995. Informe Anual de Labores 1994. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA. p: 108-110.
 - 15) Zúñiga G., R.; CHAVES S., M.A. 1993. Efecto de Cinco Dosis de Carbonato de Calcio Sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar, Ciclo Planta, en Tuis de Turrialba. In: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen II (1): 71.