

ADICION DE 5 DOSIS DE ZINC EN FORMULACION GRANULAR Y SU EFECTO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE LA CAÑA DE AZUCAR, EN UN INCEPTISOL DE ESPARZA, PUNTARENAS. PROMEDIO DE 4 COSECHAS.

**Carlos Villalobos M.¹;
Marco Chaves S.²**

RESUMEN

Se consideró de mucha relevancia llevar a cabo una investigación sobre micronutrientes y como objetivo principal se estableció, el valorar el efecto del Zn sobre el rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar, sembrada en un suelo del orden Inceptisol cuyo contenido promedio apenas alcanzaba 1,0 ug/ml. El Diseño Experimental utilizado consistió en un Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones. Durante el establecimiento se aplicó P en el fondo del surco a razón de 100 kg de P₂O₅/ha; 45 días después se hizo la aplicación al suelo del Zn granular como Sulfato en dosis crecientes de: 0, 10, 20, 30 y 40 kg/ha, junto con el 50% del N y el K. Para complementar y equilibrar las dosis de Azufre (S) en 23,2 kg/ha (S aportado por la mayor dosis de Sulfato de Zinc), fue necesario hacer uso del Sulfato de Amonio. El restante 50% del N y el K se aplicó a los 90 días para completar así la fertilización básica de: 150, 100 y 150 kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. En los retoños no se adicionó P. Durante la segunda soca (tercera cosecha) se fortaleció los contenidos de Zn en el suelo repitiendo las dosis según correspondía a cada tratamiento. En total se efectuaron 4 cosechas, la correspondiente a la caña planta se realizó a los 10 meses y 12 meses de edad en la caña soca. Las concentraciones de Zn en el suelo se incrementaron en concordancia con las dosis adicionadas. La respuesta de la variedad SP 71-5574 a la aplicación del Zn fue positiva bajo las condiciones agro climáticas, edáficas y de manejo en donde se desarrolló el experimento, pues en promedio luego de cuatro cosechas los tratamientos de 20, 30 y 40 kg presentaron incrementos de rendimiento en TM de azúcar/ha de 1,04 TM (8,9%), 0,39 TM (3,3%) y 1,64 TM (14,0%), respectivamente, en comparación con el Testigo sin aplicación (0 Zn); mientras que el tratamiento de 10 kg presentó una productividad inferior en un -2,1% (-0,25 TM de azúcar). Si bien las diferencias no fueron estadísticamente significativas para ninguna de las variables analizadas, tanto en el promedio de las 4 cosechas como en los resultados individuales de la cuarta cosecha; este comportamiento sí varió al analizar el promedio de las tres primeras cosechas, en donde hubo diferencias significativas aunque solamente en la variable de producción de caña (TM/ha) y únicamente entre el tratamiento de 40 kg (13 TM de más) con relación al de 10 kg de Zn/ha. Pareciera existir un bajo efecto residual del nutriente en el suelo que debe evaluarse aún más. La dosis de 10 kg de Zn/ha resultó negativa en todas las variables de productividad agroindustrial evaluadas, lo que puede atribuirse a la dificultad de distribución y homogeneidad que una cantidad tan pequeña

¹ E-mail: carvillam@hotmail.com

² E-mail: mchavez@laica.co.cr

Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)

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: 201-205.

como esa puede alcanzar al adicionarse al suelo. El Zn ratifica sus efectos positivos y se perfila como un nutrimento de uso obligado en la fertilización comercial de la caña de azúcar. La dosis de 40 kg de Zn/ha fue la más rentable para esas condiciones, al obtener la mayor Tasa de Retorno Marginal, lo que la convierte consecuentemente en la más recomendable; sin embargo, la dosis de 20 kg adquiere también viabilidad técnica y económica en virtud de sus buenos resultados.

INTRODUCCION

Estudiadas y verificadas han sido las importantes funciones metabólicas que el Zn desempeña en las plantas; así como también, los efectos positivos que su adición por lo general induce sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar (Barrantes y Chaves, 1999). Entre sus funciones se puede anotar que el Zn es necesario para la producción de clorofila, la formación de carbohidratos, así como también en la promoción de numerosas reacciones metabólicas de la planta.

Resulta por lo tanto necesario en virtud de su esenciabilidad nutricional y complementariamente en razón de la alta frecuencia de insuficiencia, que este nutrimento presenta en una buena parte de los suelos agrícolas de nuestro país, proceder a investigar con mayor especificidad los efectos de su adición a la caña de azúcar (Chaves, 1996). Esta intención se convierte sin embargo en necesidad, cuando verificamos que el Zn es un nutrimento poco o casi nada utilizado actualmente en la fertilización de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica. Esto ocurre debido fundamentalmente a que a menudo se ignora que muchos suelos presentan como ya se mencionó, contenidos naturales insuficientes y condiciones físicas y químicas limitantes para su disponibilidad; así como también, la presencia de altos contenidos de Materia Orgánica, bajas temperaturas, alto pH y altos contenidos de Fosfatos, que podrían dificultar eventualmente su aprovechamiento por parte de la planta de caña.

A lo anterior se suma la posibilidad que hay actualmente de adicionar el Zn en forma granular al suelo o también por medio de fuentes líquidas aplicadas por la vía foliar, muchas de ellas de diferente conformación, solubilidad y calidad; surgen así opciones comerciales de compuestos multiminerales y otras fuentes que posibilitan incorporar complementariamente otros nutrimentos esenciales, como por ejemplo el Boro.

La información producto de la investigación que se ha generado hasta el momento con respecto a la aplicación de Zn, promovida y ejecutada principalmente por DIECA en las diferentes regiones cañeras del país, evidencia que en su mayoría los resultados obtenidos han determinado una respuesta positiva del cultivo de la caña a su incorporación, pues se han encontrado incrementos importantes en los rendimientos agroindustriales; pese a esto, existe aún alguna inconsistencia en muchas de las respuestas obtenidas, además de que algunas de ellas no alcanzan diferencias estadísticamente significativas que den certeza a su uso y recomendación comercial.

Como se comprueba en los resultados del análisis del suelo donde se estableció el presente experimento y otros pertenecientes a las diferentes regiones cañeras del país (Chaves y Alvarado, 1994; Chaves, 1996; 1999), hay una insuficiencia de Zn casi generalizada que justifica plenamente la realización de investigaciones de campo al respecto, con el objeto de dilucidar sus efectos y su respuesta al ser aplicado como parte de la fertilización habitual del cultivo de la caña.

OBJETIVO

El objetivo principal planteado para la realización del presente estudio, consistió en evaluar el efecto y la residualidad de la aplicación de cinco dosis crecientes de Zn granular, sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar sembrada en un suelo del orden Inceptisol de la región cañera de Puntarenas.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se estableció en junio de 1998 en la localidad de Marañonal de Esparza, Puntarenas, a 210 msnm con una temperatura media de 26°C y un total de 1.600 mm de precipitación media anual. Se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones; la parcela total (útil) fue de 55,25 m². La variedad evaluada durante un periodo de cuatro cosechas consecutivas fue la SP 71-5574, la cual se encuentra comercialmente bastante difundida en el lugar. Las cosechas se realizaron en ciclo planta a los 10 meses de edad y consistentemente en los ciclos de caña soca a los 12 meses.

Los tratamientos y dosis evaluadas fueron: 0, 10, 20, 30 y 40 kg de Zn/ha, utilizando como fuente el Sulfato de Zinc granular (31% Zn y 18% S).

Los principales contenidos químicos que presentó el suelo previo a cultivar el experimento, además de contar con un 2,8% de Materia Orgánica, fueron los siguientes:

pH	meq/100 ml suelo				P	ug/ml suelo			
	Al	Ca	Mg	K		Zn	Mn	Cu	Fe
5,2	0,25	6,7	1,4	0,18	4	1,0	4	7	54

Al momento de realizar la siembra y el establecimiento de la plantación se adicionó una fertilización básica general a todos los tratamientos, incluyendo el testigo, de 150, 100 y 150 kg de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Todo el P₂O₅ se adicionó al fondo del surco con Triple Superfosfato (0-46-0); posteriormente a los 45 días de ocurrida la siembra se aplicó la totalidad (una sola vez) de las diferentes dosis de Zn: 0, 10, 20, 30 y 40 kg /ha, en complemento con el 50% del N y el K. Como fuentes de estos elementos se utilizó Sulfato de Zn granular (31% de Zn y 18% de S), Nitrato de Amonio (33,5% N), Sulfato de Amonio (20% de N y 24% de S) y KCl (60% de K₂O). A los 90 días de efectuada la siembra se aplicó el restante 50% del N y del K, con lo cual se completó la fertilización básica. En los retoños se aplicó en todos los casos la misma fertilización base, exceptuando el P. Los contenidos de S aportados por la dosis máxima de Sulfato de Zn utilizada (40 kg), fueron equilibrados en todos los tratamientos en 23,2 kg/ha empleando Sulfato de Amonio.

Posterior a la segunda cosecha se procedió a realizar un nuevo análisis químico de suelo en cada uno de los tratamientos evaluados, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tratamientos pH (kg Zn/ha)	pH	meq/100 ml suelo				P	Zn	ug/ml suelo		
		Al	Ca	Mg	K			Mn	Cu	Fe
0	4,8	0,45	5,8	1,3	0,20	4	1,3	4	6	50
10	5,0	0,30	5,4	1,2	0,17	4	1,7	2	5	31
20	5,1	0,30	6,7	1,4	0,19	2	2,8	2	7	48
30	5,0	0,30	6,5	1,2	0,15	2	3,2	3	5	40
40	5,0	0,30	5,9	1,1	0,19	2	4,9	2	5	38

Es relevante notar en esos datos como el contenido de Zn en el suelo mejoró notablemente su concentración conforme se fue incrementando la dosis de Zn aplicada; sin embargo, fue con la aplicación de 30 y 40 kg de Zn/ha en donde se logró superar, aunque en muy poco, el nivel crítico establecido para ese nutriente que corresponde a 3,0 ug/ml, por lo que se consideró conveniente y necesario fortalecer y repetir las dosis de Sulfato de Zinc en el ciclo de segunda soca (tercera cosecha).

La aplicación de los nutrientes en los ciclos de retoño se realizó igual a como se hizo en el ciclo de caña planta, donde todo el Zn se adicionó en mezcla con el 50% del N y el K al inicio del invierno, y complementó 45 días después con la adición del resto de esos dos últimos elementos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En ocasión anterior, Villalobos y Chaves (1999) habían expuesto los resultados obtenidos en la primera cosecha del experimento. Complementariamente, se expone en el Cuadro adjunto la evaluación de las cuatro cosechas realizadas, el cual contiene los valores promedio de los resultados alcanzados al término del experimento; mismos que se pueden observar también en forma resumida en las dos figuras adjuntas.

Tratamientos kg Zn/ha	Porcentaje				Rendim. kg azuc/t	TM/ha		Relación Sacarosa	PRT
	Brix	Pol	Pza	Fibra		Caña	Azúcar		
0	18,76	16,10	85,67	13,80	103,31	113,39	11,71	9,68	100,0
10	18,56	16,00	86,16	13,78	103,02	111,26	11,46	9,71	97,9
20	18,62	16,38	88,08	14,04	106,34	119,93	12,75	9,41	108,9
30	18,85	16,32	86,70	13,40	106,78	113,35	12,10	9,37	103,3
40	19,40	16,88	86,94	13,59	109,73	121,68	13,35	9,11	114,0
PROMEDIO	18,84	16,34	86,71	13,72	105,84	115,92	12,28	9,44	104,9
C.V.%	1,77	2,09	1,05	1,75	2,61	3,95	6,30	2,60	6,30

Relación Caña/Sacarosa = TM de caña necesarias para obtener una TM de azúcar.

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

Adición de 5 dosis de Zinc granular y su efecto sobre los rendimientos de la caña de azúcar, en un Inceptisol de Esparza, Puntarenas. Promedio de cuatro cosechas, marzo-2002.

El grado de variabilidad que presentan los rendimientos agroindustriales en todas las variables evaluadas en los diferentes tratamientos es realmente muy poca, como lo demuestran los bajos Coeficientes (%) de Variación alcanzados, que en el mayor de los casos corresponde a la variable de producción de azúcar (TM/ha) el cual se ubicó apenas en un 6,3%. No obstante, tres de los tratamientos (20, 30 y 40 kg) produjeron rendimientos industriales en TM de azúcar/ha superiores a los del Testigo sin aplicación de Zn; siendo el Tratamiento de 40 kg de Zn/ha el que alcanzó los mejores resultados en todas las variables analizadas, obteniendo un 14,0% de incremento en azúcar/ha, equivalente a 1,64 TM más que el Testigo.

Es importante mencionar que en el análisis estadístico de los resultados de la caña planta (Villalobos y Chaves, 1999) y el promedio de las primeras dos cosechas, no se presentaron diferencias significativas para ninguna de las variables analizadas; lo cual si ocurrió cuando se realizó el análisis al promedio de las tres primeras cosechas. En ese caso se reportó diferencias significativas únicamente en la variable de TM de caña/ha, entre el tratamiento de 40 kg con respecto al de 10 kg, pero no entre éstos en relación con los restantes tratamientos evaluados.

En el análisis de los resultados de la cuarta cosecha las diferencias no fueron estadísticamente significativas; sin embargo, al realizar el análisis integral a los resultados promedio de las cuatro cosechas, se manifiestan entonces diferencias significativas entre los tratamientos, como se anota en el cuadro resumen de las cifras productivas y comenta seguidamente.

Las dosis de Zn mejoraron la concentración de sacarosa en los tallos (kg/TM), especialmente las superiores a 10 kg, verificando un incremento lineal; la dosis máxima de 40 kg de Zn superó al Testigo en 6,42 kg lo que es equivalente al 6,2%, cifra nada despreciable en términos económicos que implica aumentar la producción de azúcar en más de 500 kg/ha. El aumento de concentración

de sacarosa con relación al testigo fue según la dosis de Zn de: 10 kg (-0,3%), 20 kg (2,9%), 30 kg (3,4%) y 40 kg (6,2%).

La productividad de caña (TM/ha) se vio positivamente mejorada con la adición de Zn al suelo, especialmente con las dosis de 20 y 40 kg/ha (Figura 1), las cuales superaron al Testigo en 6,5 TM y 8,3 TM lo que significó un 5,8% y un 7,3%, respectivamente. La dosis de 10 kg fue inferior al Testigo en -2,1 TM (-1,9%), en tanto que la de 30 kg fue en promedio prácticamente igual.

Al integrar los dos indicadores anteriores en el valor de productividad agroindustrial referido a la producción de azúcar (TM/ha), se observa (Figura 2) que las dosis de 20, 30 y 40 kg de Zn son las que llegaron a superar al Testigo en 1,04; 0,39 y 1,64 TM de azúcar/ha, respectivamente, lo que es equivalente porcentualmente al 8,9; 3,3 y 14,0. De acuerdo con esos resultados, la dosis de 40 kg de Zn/ha resultó ser para esas condiciones la más recomendable y rentable (Tasa de Retorno Marginal más alta) al ser evaluada desde esa perspectiva. En la primera cosecha ya Villalobos y Chaves (1999) habían llegado a la misma conclusión.

La dosis de 10 kg de Zn/ha no llegó a mejorar ninguno de los índices de productividad agroindustrial evaluados, lo que podría atribuirse a que la cantidad de producto comercial que se aplica en el campo es muy baja, lo que dificulta su distribución homogénea en toda la superficie de la plantación; el beneficio en dosis tan pequeñas como éstas es difícil de asegurar, lo que podría hacer pensar en la opción de la adición comercial por medios líquidos (foliares), lo que también debe evaluarse. Es conocido también que el Zn sufre de importantes procesos de fijación en el suelo que insolubilizan y limitan su absorción por parte de las raíces de la planta, lo que debe tomarse en cuenta al adoptar su adición mediante fuentes granulares; por ello, es necesario evaluar su reducida residualidad y disponibilidad en el suelo, lo que tiene importantes repercusiones técnicas y también económicas para un cultivo de características semiperennes como la caña de azúcar.

FIGURA N° 1

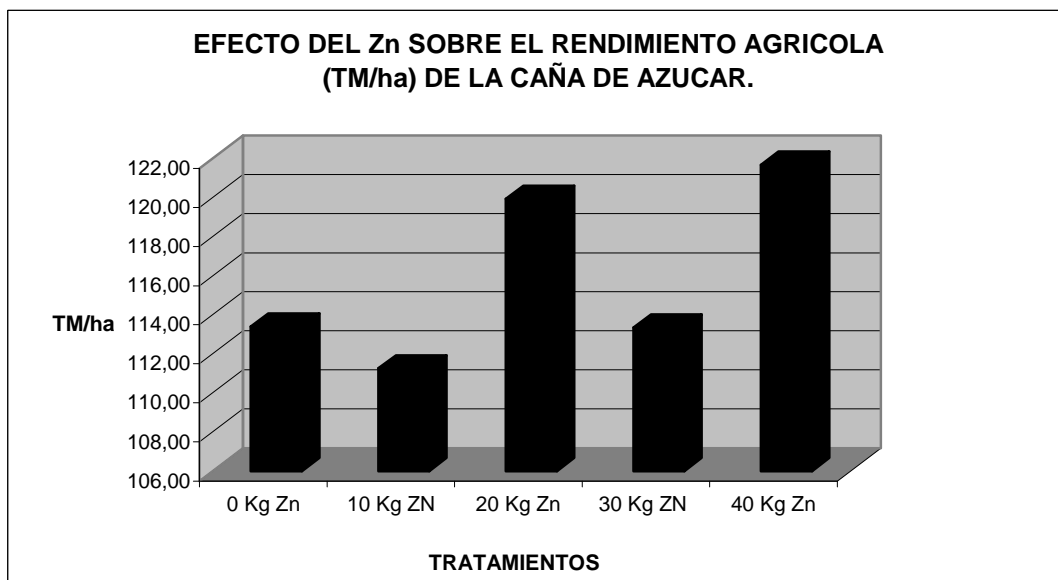
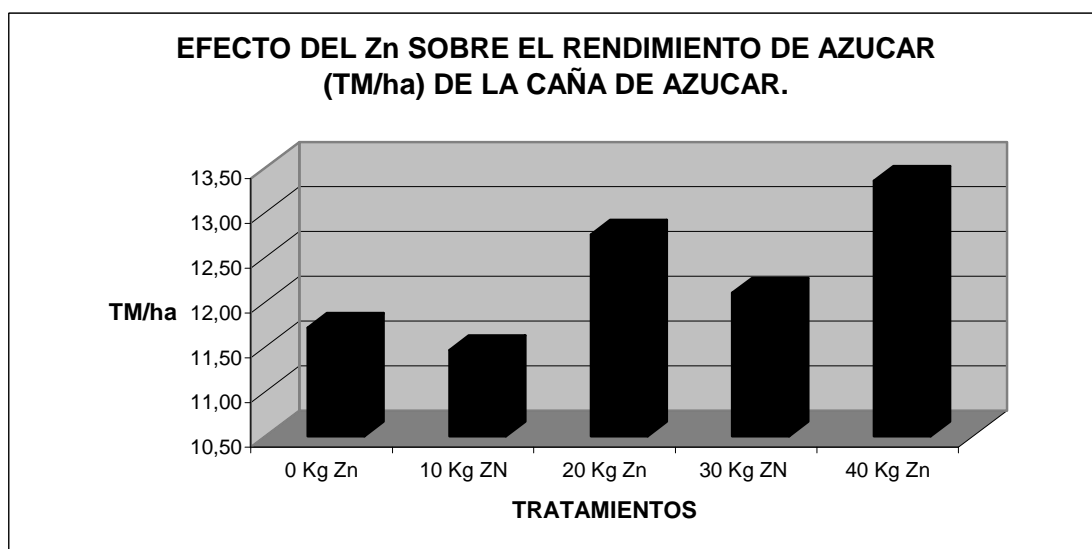


FIGURA N° 2



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados e inferencias establecidas a partir de la información obtenida en el estudio, puede concluirse lo siguiente:

- 1- La respuesta del cultivo de la caña de azúcar (variedad SP71-5574) a la adición de Zn al suelo es agroindustrialmente positiva, como lo comprueban los resultados del presente estudio, bajo la condición agro climática, edáfica y de manejo en las que se desarrolló la investigación.

- 2- En razón de la importancia que el Zn como nutrimento esencial tiene para el desarrollo normal y equilibrado del cultivo, resulta necesaria la adición de dosis técnico-económicas apropiadas en aquellos suelos cuyo contenido natural es bajo y/o su exigencia alta, con lo cual se puede asegurar una nutrición más balanceada necesaria para sustentar una alta productividad agroindustrial.
- 3- Con base en los resultados alcanzados en la investigación realizada, pareciera que la adición de Zn al cultivo de la caña de azúcar en fertilización granular al suelo en dosis de 40 kg/ha, resulta ser suficiente para elevar de manera importante los rendimientos de azúcar (TM/ha) y mejorar la rentabilidad del cultivo. Complementariamente el uso de dosis de 20 kg de Zn/ha son también favorables, rentables y apropiadas, dependiendo de la situación particular de la plantación.
- 4- Dosis superiores a 10 kg de Zn/ha resultan positivas en términos de incremento productivo, pese a lo cual fueron las de 20 y 40 kg las que más consistencia mostraron en sus resultados agroindustriales y económicos.
- 5- La dosis de 40 kg de Zn/ha superó al resto de tratamientos estudiados y en particular al tratamiento Testigo sin Zn (sólo fertilización base), en todas las variables de rendimiento agroindustrial. En cuanto a la concentración de sacarosa en el tallo la diferencia fue de 6,42 kg/TM de caña, lo que significó un 6,2%; en la producción de caña hubo un aumento de 8,3 TM/ha equivalente al 7,3%. El azúcar producida por hectárea fue también incrementada en 1,64 TM, para un importante y apreciable 14,0%. La dosis de 20 kg/ha resultó ser también rentable y apropiada para su uso comercial, como lo demuestra el hecho de alcanzar aumentos sobre el Testigo de 3,03 kg/TM (2,9%); 6,5 TM/ha (5,8%) y 1,04 TM/ha (8,9%), respecto a las mismas variables citadas anteriormente.
- 6- La aplicación de dosis bajas de Zn granular pueden resultar limitantes e inconsistentes en sus resultados, debido a la dificultad de lograr una distribución homogénea y equilibrada del producto en toda la superficie del terreno cultivado.
- 7- Es importante para maximizar el beneficio de adicionar Zn a la caña, lograr incorporar el nutriente en las fórmulas (completas) de fertilizantes comerciales utilizadas por los agricultores, con el objeto de no tener que incurrir en gastos extras en la aplicación de formulaciones especiales y específicas de ese elemento.
- 8- Pareciera prudente y técnicamente recomendable incorporar el Zn en los programas de fertilización comercial de la caña de azúcar, lo cual deberá respaldarse en el análisis de suelos como principio orientador y operarse como se recomendó en el punto anterior.

LITERATURA CITADA

- 1) Barrantes, J.C.; Chaves, M. 1999. Efecto del Zinc Aplicado al Suelo y Foliar Sobre la Producción Agroindustrial de la Variedad de Caña de Azúcar SP 71-5574 en un Ultisol de Pérez Zeledón. Promedio de Dos Cosechas. In: Congreso Nacional

- Agronómico y de Recursos Naturales, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso Nacional de Suelo. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 350.
- 2) Chaves S., 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. 15 th World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Memorias. Volumen 7^a. p: 353-372.
 - 3) Chaves S., 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.
 - 4) Chaves S., M. 1999. 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.
 - 5) Villalobos, C; Chaves, M. 1999. Adición de 5 Dosis de Zinc en Formulación Granulada y su Efecto Sobre los Rendimientos de Caña de Azúcar, Ciclo Planta, 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: 349.