

DISMINUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS AGRICOLAS EN CAÑA DE AZÚCAR ASOCIADOS A ALTOS CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO ASÍ COMO CON BAJOS CONTENIDOS DE POTASIO EN EL SUELO Y A ALTAS LECTURAS DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉTRICA EN ÁREAS ABASTECEDORAS DE LA ASOCIACIÓN C.D.I DEL INGENIO PUJILTIC EN CHIAPAS.

Andrés Rodríguez Veloso.  
Asesor técnico en fertilizantes y calidad de los fertilizantes ISQUISA S.A de C.V.  
[andres.rodriguez@isquisa.com](mailto:andres.rodriguez@isquisa.com)

**RESUMEN.**

Aplicaciones continuas y generalizadas de urea más complejo triple 16; con aportes equivalentes de 172 Kg de N, 80 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 Kg de K<sub>2</sub>O /ha respectivamente, no han sido últimamente suficientes para mantener rendimientos cercanos o por encima de las 125 ton/ha, en todas las áreas de abasto de la asociación de productores C.D.I en el ingenio Pujiltic. Los rendimientos alcanzados en la zafra 2013-2014 por su magnitud pudieron ser clasificados en tres grupos, Buenos (90-125), Regulares (81-89) y Malos (menos de 80) ton/ha respectivamente. Los análisis de laboratorio de muestras de suelos representativas de cada uno de los tres grupos de productores mostraron una tendencia al incremento de los contenidos de calcio y magnesio, así como a la disminución del contenido de potasio asociada a la disminución de los rendimientos agrícolas. Las lecturas de la conductividad eléctrica incrementaron su magnitud asociadas también a la disminución de los rendimientos agrícolas, lo que puede interpretarse como un aumento de la salinidad en el suelo. Los menores contenidos de fósforo asimilable (Olsen), zinc y manganeso se encontraron en las áreas de menor rendimiento. Por su parte las relaciones entre cationes por su magnitud indicaron deficiencias relativas del potasio con respecto al calcio, magnesio e incluso con el sodio. Se sugiere evaluar la calidad del agua ocupada para regar.

**PALABRAS CLAVES.**

Caña de azúcar; disminución de rendimientos; calcio y magnesio alto; potasio bajo; salinidad.

**ABSTRACT.**

YIELD REDUCTION IN SUGARCANE ASSOCIATED TO HIGH CALCIUM AND MAGNESIUM CONTENTS WELL AS TO LOW POTASSIUM LEVELS ON THE SOIL AND HIGH READING OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN SUPPLYING AREAS OF THE C.D.I OF PUJILTIC SUGARMILL IN CHIAPAS.

Continuous and total area applications of urea plus triple 16 complex, with equivalent contribution of 172 Kg of N, 80 Kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 80 Kg of K<sub>2</sub>O /ha respectively, have not been enough lately to maintain yields close or above to 125 ton/ha, for all supplying growers of C.D.I the Pujiltic sugar mill. Yields of the 2013-2014 season could be classified in three groups as per their size, Good (90-125), Medium (81-89) and Bad (less than 80) tons/ha respectively. Lab analysis of representative soil samples for each of the three groups of growers showed an increasing trend as to calcium and magnesium content, as well as a decreasing trend for potassium associated to low yields. Electrical conductivity reading also increased associated to yield reduction which could be interpreted as increased soil salinity. Low available phosphorus (Olsen), zinc and manganese contents were found in low-yield areas. The relationship among cations, as per their size, indicated relative deficiencies of potassium to calcium, magnesium and even sodium. It is suggested to evaluate irrigation water.

## KEY WORDS.

Sugarcane, yield reduction, calcium and magnesium high content, potassium low content, increased soil salinity.

## INTRODUCCIÓN.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) por su alto potencial productivo, hace que también posea una alta capacidad de extracción de nutrientes del suelo. Lo que puede conducir a una reducción del nivel de fertilidad de los suelos o propiciar un desbalance entre los nutrientes si la dosificación calculada es insuficiente o también si se mantiene por muchos años dosificaciones fijas de fertilizantes simples o se emplean mezclas físicas o fertilizantes complejos con fórmulas rígidas de forma continúa.

En la asociación de productores C.D.I. de Pujiltic, ya no todos los asociados podían alcanzar rendimientos agrícolas cercanos al promedio histórico de 125 ton/ha, después de mantener por varios años aplicaciones fijas de 500 Kg/ha de Completo triple 16 más 200 Kg/ha de Urea; que aportan **(172 Kg de N, 80 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 Kg de K<sub>2</sub>O /ha)** Sin lugar a dudas, estaremos ante un caso de pérdida de fertilidad o de un desbalance entre los nutrientes en el suelo, que no permite que el cultivo cubra sus requerimientos y éste pueda alcanzar el rendimiento histórico.

El objetivo del presente trabajo fue, determinar mediante análisis de suelos representativos los posibles déficit de nutrientes o un probable desbalance entre los nutrientes, que se han convertido en los factores limitantes de la producción; entre los diversos asociados de la asociación C.D.I. que han fertilizados de forma continua y generalizada con los mismos portadores e igual dosificación.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Se coordinó con el departamento técnico del ingenio Pujiltic y los miembros de la asociación de productores C.D.I. (Cañeros Democráticos e Independientes), la selección de los productores que habían obtenido rendimientos agrícolas malos (menos de 80), rendimientos regulares (81-89) y rendimientos buenos (90 -125) ton/ha. Ver tabla I. Luego se organizó un muestreo de suelo representativo, en cada nivel de producción identificado. Cada muestra se formó de 20 sub muestras tomando estas en las distintas partes del área en forma de zigzag desde 0 a 30 cm de profundidad. Las muestras sin humedad y perfectamente identificadas se enviaron a un laboratorio de suelo acreditado.

Los predios muestreados se ordenaron por la magnitud del rendimiento alcanzado de mayor a menor y se le adjuntaron los resultados analíticos emitidos por el laboratorio de suelos, permitiendo así hacer una interpretación conjunta de ambos resultados. Este es el procedimiento o principio básico de la metodología para la interpretación de los análisis de suelo para detectar posible factores edáficos limitantes in situ del rendimiento. (F.L.I). Para facilitar la interpretación e incluso la presentación de los resultados, se calculó la media aritmética de los rendimientos en los diferentes niveles de producción, así como la de los variables evaluadas al suelo.

**Tabla 1.** Comportamiento del rendimiento agrícola individual y el promedio (ton/ha) en los tres grupos de productores de producción mala, regular y buena antes del muestreo de suelo.

Grupo de rendimiento bueno. Ton/ha.	Grupo rendimiento regular. Ton/ha.	Grupo rendimiento malo. Ton /ha.
125; 125; 100; 95; 90; 90; 90	85; 85; 85; 85; 84	80; 80; 75; 70; 70; 50
Media = 102.14	Media = 84.80	Media 70.83

## RESULTADOS DISCUSIÓN.

En la tabla II Se presentan los rendimientos agrícolas (ton/ha) de los predios cañeros seleccionados, en la asociación C.D.I ordenados por su magnitud de mayor a menor, con los correspondientes resultados de los análisis de suelo. En este caso con los porcentajes de saturación de los cationes básicos, el grupo textural, y la capacidad de intercambio catiónico.

**Tabla II.** Comportamiento de los porcentajes de saturación de los cationes básicos (% de saturación), la C.I.C (mili equivalentes /100 g de suelo) y el grupo textural asociados al rendimiento agrícola (ton/ha), en predios cañeros de la asociación C.D.I. en ingenio Pujiltic.

Grup. Text.	Muestra	Rend.	C.I.C.	% Sat. Ca	% Sat. Mg	% Sat. K	% Sat Na	% Sat H	% Sat AL
Arcilla	Z-2 M-3	125	<b>53.42</b>	78.42	18.51	1.68	1.39	0	0
Fr-Arc-Arn	Z-2 M-4	125	<u>34.03</u>	<u>82.41</u>	<u>15.37</u>	<u>0.91</u>	<u>1.31</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	43.61	85.30	13.59	0.58	0.53	0	0
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	<b>24.54</b>	<b>92.52</b>	<b>6.14</b>	<b>0.67</b>	<b>0.67</b>	0	0
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	37.48	86.24	12.50	0.69	0.57	0	0
Arcilla	Z-7 M-13	90	43.27	80.34	18.82	0.29	0.55	0	0
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	46.72	89.04	9.36	1.26	0.34	0	0
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>40.43</b>	<b>84.89</b>	<b>13.47</b>	<b>0.86</b>	<b>0.76</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Fr-Arc-Arn	Z-1 M 2	85	<u>36.58</u>	<u>84.97</u>	<u>13.72</u>	<u>0.72</u>	<u>0.59</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Franco	Z-3 M 5	85	31.27	86.44	12.34	0.56	0.66	0	0
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	49.39	82.09	15.83	1.28	0.80	0	0
Fra- Lim	Z-6 M 12	85	<b>71.97</b>	80.80	18.3	0.19	0.71	0	0
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	<b>55.60</b>	82.35	16.57	0.52	0.56	0	0
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>48.96</b>	<b>83.33</b>	<b>15.35</b>	<b>0.65</b>	<b>0.66</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-18	80	<u>42.19</u>	<u>72.14</u>	<u>26.84</u>	<u>0.31</u>	<u>0.71</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
Fr- Limoso	Z-5 M9	80	62.13	80.87	18.13	0.21	0.79	0	0
Franco	Z-6 M-11	75	<b>84.65</b>	81.18	18.13	0.37	0.32	0	0
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	<b>54.21</b>	80.80	18.33	0.32	0.55	0	0
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	20.88	92.60	6.10	0.30	1.00	0	0
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	<b>82.31</b>	92.72	6.76	0.15	0.37	0	0
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>57.72</b>	<b>83.38</b>	<b>15.71</b>	<b>0.27</b>	<b>0.62</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Valor Ref.</b>			<b>(65-75)</b>	<b>(15-20)</b>	<b>(4-7)</b>	<b>(&lt;5)</b>	<b>(0 - 5)</b>	<b>(0 - 10)</b>

La disminución del rendimiento agrícola (individual y de los promedios en cada uno de los tres grupos de productores) se asoció al incremento de la C.I.C así como a los contenidos de Calcio y Magnesio, no obstante el porcentaje de saturación del Potasio si disminuyó marcadamente, con independencia del grupo textural. En la Tabla III con los contenidos de los cationes básicos expresados en partes por millón (ppm) se hace más evidente el incremento de los contenidos de Calcio y Magnesio, reflejado también en la magnitud del parámetro conductividad eléctrica, él que aumenta asociado a la disminución del rendimiento agrícola. Resultados semejantes han sido descritos en una revisión bibliográfica hecha por *Monasterio, P. y colaboradores (2005)*.

Autores como *Mago, P. (1969)*, *Wagner, H. (1995)*, *Villafañe, R. (1995)* y *Zerega (1991)* han descrito también que la acumulación de Calcio y Magnesio en áreas sembradas de caña de azúcar, en lo fundamental se genera al regar con aguas con altos contenidos de estas sales y como consecuencia de ello aumentaron las lecturas de la C.E indicando salinidad en el suelo.

**Tabla III.** Comportamiento de los contenidos individuales de los cationes básicos expresados en ppm, el pH y la conductividad eléctrica (d S/m). En áreas de A. C.D.I. Pujiltic

Grup. Text.	Muestra	Rend.	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	pH (al agua)	C.E. dS/m
Arcilla	Z-2 M-3	125	8,394	1,202	351	171	7.70	1.60
Fr-Arc-Arn	Z-2 M-4	125	<u>5,620</u>	<u>636</u>	<u>121</u>	<u>102</u>	<u>7.88</u>	<u>1.74</u>
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	7,454	720	98	53	8.48	0.82
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	<b>4,549</b>	<b>183</b>	<b>64</b>	<b>38</b>	8.17	1.03
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	6,477	569	100	49	8.44	0.93
Arcilla	Z-7 M-13	90	6,967	990	49	55	8.07	4.32
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	8,336	532	230	36	8.37	0.79
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>6,828</b>	<b>690</b>	<b>145</b>	<b>72</b>	<b>8.16</b>	<b>1.60</b>
Fr-Arc-Arn	Z-1 M 2	85	<u>6,228</u>	<u>610</u>	<u>104</u>	<u>50</u>	<u>8.32</u>	<u>0.84</u>
Franco	Z-3 M 5	85	5,417	469	68	47	8.44	0.99
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	8,124	950	247	91	8.06	1.49
Fra-Lim	Z-6 M 12	85	11,654	1,600	53	117	8.02	7.52
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	9,175	1,120	112	71	7.87	6.47
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>8,120</b>	<b>950</b>	<b>117</b>	<b>75</b>	<b>8.14</b>	<b>3.46</b>
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-18	80	<u>6,100</u>	<u>1,376</u>	<u>51</u>	<u>69</u>	<u>8.39</u>	<u>2.09</u>
Fr-Limoso	Z-5 M9	80	10,068	1,369	52	113	8.02	7.08
Franco	Z-6 M-11	75	13,770	1,865	122	63	7.99	7.84
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	8,777	1,207	67	69	7.98	7.06
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	3,875	155	24	48	8.69	0.796
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	15,293	676	50	69	7.97	6.42
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>9,647</b>	<b>1,108</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>8.17</b>	<b>5.21</b>
	<b>Valor Ref.</b>		<b>2000-4000</b>	<b>250-500</b>	<b>250-450</b>	<b>&lt; 200</b>	<b>5.5-6.4</b>	<b>(0.5- 1.0)</b>

Por otra parte la disminución del contenido de Potasio se puede entender por el antagonismo del Calcio y el Magnesio sobre el Potasio y la pobre aplicación de este elemento como se puede ver en la Introducción (80 Kg de K<sub>2</sub>O /ha). Varios investigadores han reportado afectación del rendimiento agrícola por bajos contenidos de Potasio *Orlando, et al (1993), Raij, B. (1976), Rossetto, et al (2004), Alpizar, M. (1983), Azofeifa, G. (1969), Cuellar (1983)*

**Tabla IV.** Resumen de las tablas II y III con los valores promedios de los parámetros evaluados en cada grupo de productores de la asociación C.D.I de Pujiltic.

Muestra	Rend.	C.I.C.	% Sat. Ca	% Sat. Mg	% Sat. K	% Sat Na	% Sat H	% Sat AL
<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>40.43</b>	<b>84.89</b>	<b>13.47</b>	<b>0.86</b>	<b>0.76</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>48.96</b>	<b>83.33</b>	<b>15.35</b>	<b>0.65</b>	<b>0.66</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>57.72</b>	<b>83.38</b>	<b>15.71</b>	<b>0.27</b>	<b>0.62</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	<b>Valor Ref.</b>		<b>(65-75)</b>	<b>(15-20)</b>	<b>(4-7)</b>	<b>(&lt;5)</b>	<b>(0-5)</b>	<b>(0-10)</b>
Muestra	Rend.	Ca ppm	Mg ppm	K ppm	Na ppm	pH (al agua)	C.E. dS/m	
<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>6,828</b>	<b>690</b>	<b>145</b>	<b>72</b>	<b>8.16</b>	<b>1.60</b>	
<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>8,120</b>	<b>950</b>	<b>117</b>	<b>75</b>	<b>8.14</b>	<b>3.46</b>	
<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>9,647</b>	<b>1,108</b>	<b>61</b>	<b>72</b>	<b>8.17</b>	<b>5.21</b>	
<b>Valor Ref.</b>		<b>2000-4000</b>	<b>250-500</b>	<b>250-450</b>	<b>&lt; 200</b>	<b>5.5-6.4</b>	<b>(0.5- 1.0)</b>	

**Tabla V.** Comportamiento de la concentración de aniones y cationes en el extracto de pasta (mili equivalentes /L) en relación con los rendimientos agrícolas. En A. C.D.I. Pujiltic

Grup. Text.	Muestra	Rend.	Ca meq/l	Mg meq/l	Na meq/l	K meq/l	C.E e dS/m	pH e	RAS
Arcilla	Z-2 M-3	125	23.15	3.57	3.25	1.63	0.81	8.07	0.89
Fr-Arc-Arn	Z-2 M-4	125	11.60	4.38	2.04	0.33	0.92	8.11	0.72
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	5.11	1.71	0.83	0.24	0.75	8.02	0.45
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	8.43	0.20	1.03	1.42	0.65	7.98	0.50
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	5.03	0.02	0.65	0.64	0.65	8.04	0.41
Arcilla	Z-7 M-13	90	31.16	12.37	1.48	0.46	0.89	7.64	0.32
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	5.18	0.90	0.38	0.26	0.65	7.99	0.22
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>12.80</b>	<b>3.31</b>	<b>1.38</b>	<b>0.71</b>	<b>0.76</b>	<b>7.97</b>	<b>0.50</b>
Fr-Arc-Arn	Z-1 M 2	85	5.11	0	0.65	0.58	0.68	8.06	0.41
Franco	Z-3 M 5	85	6.91	0.30	0.76	0.66	1.03	8.02	0.40
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	6.49	0.21	1.01	0.61	0.88	8.23	0.55
Fra- Lim	Z-6 M 12	85	31.84	23.51	3.02	0.31	1.07	8.09	0.57
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	0.72	0	0.35	1.09	0.23	7.36	0.59
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>10.21</b>	<b>4.80</b>	<b>1.15</b>	<b>0.65</b>	<b>0.77</b>	<b>7.95</b>	<b>0.50</b>
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-18	80	80.00	12.66	10.67	1.34	2.31	8.22	0.39
Fr- Limoso	Z-5 M9	80	23.27	6.20	2.41	0.50	3.12	7.94	0.63
Franco	Z-6 M-11	75	31.16	11.54	0.85	0.24	4.39	7.93	0.18
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	30.10	17.03	1.72	0.32	4.89	7.96	0.35
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	4.83	0	1.14	0.56	5.49	8.05	0.74
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	31.74	12.46	2.07	0.39	4.28	8.15	0.44
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>33.51</b>	<b>9.98</b>	<b>3.14</b>	<b>0.55</b>	<b>4.08</b>	<b>8.04</b>	<b>0.45</b>
	Valor Ref.		(5-20)	(2.5-10)	(< 7)	(0.9-5)	(<2)	(7.9-8.3)	(6-10)

Los resultados de la tabla V indican también una mayor concentración de los cationes Calcio y Magnesio en las áreas de menor rendimiento agrícola y menor concentración de Potasio e incluso Sodio. La presencia de Calcio y Magnesio tanto en las arcillas como en la solución del suelo, no deja dudas del proceso de acumulación de estos cationes (salinización acumulación de Ca y Mg). Tampoco la C.E en extracto de pasta no deja lugar a dudas del proceso de salinización y su efecto negativo sobre el rendimiento agrícola. La tabla VI indica que predominaron los Sulfatos.

**Tabla VI.** Comportamiento de los aniones en el extracto de pasta. En A. C.D.I. Pujiltic.

Grup. Text.	Muestra	Rend.	CO <sub>3</sub> meq/L	HCO <sub>2</sub> /meq/L	CL meq/L	SO <sub>4</sub> meq/L	NO <sub>3</sub> meq/L	PO <sub>3</sub> meq/L
Arcilla	Z-2 M-3	125	0	2.65	2.11	26.68	0.01	0.02
Fr-Arc-Arn	Z-2 M-4	125	0	1.05	2.01	15.16	0	0.01
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	0	3.15	0.84	3.57	0	0.01
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	0	1.60	1.01	6.11	2.32	0.01
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	0	1.95	1.12	3.20	0.04	0.01
Arcilla	Z-7 M-13	90	0	1.75	0.73	42.54	0	0.03
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	0	5.15	0.68	0.38	0	0.04
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>0</b>	<b>2.47</b>	<b>1.21</b>	<b>13.94</b>	<b>0.33</b>	<b>0.01</b>
Fr-Arc-Arn	Z-1 M 2	85	0	1.30	1.44	3.51	0.02	0.01
Franco	Z-3 M 5	85	0	1.55	1.21	5.79	0.01	0.02
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	0	2.85	1.23	4.12	0.01	0.03
Fra- Lim	Z-6 M 12	85	0	2.06	1.02	55.00	0.53	0.03
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	0	0.75	0.20	0.24	0.96	0
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>0</b>	<b>1.70</b>	<b>1.02</b>	<b>13.73</b>	<b>0.30</b>	<b>0.02</b>
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-18	80	0.21	0	3.64	0.77	19.77	0
Fr- Limoso	Z-5 M9	80	0	0.94	0.51	30.81	0.05	0
Franco	Z-6 M-11	75	0	0.58	0.17	42.97	0	0.04
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	0	2.20	0.82	45.61	0	0.02
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	0	0.75	0.59	4.85	0.31	0
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	0	1.45	1.04	43.16	0.65	0.02
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>0.03</b>	<b>0.98</b>	<b>1.12</b>	<b>28.02</b>	<b>3.46</b>	<b>0.01</b>
	Valor Ref.		(< 5)	(5-15)	(20-30)	(2-8)	(5-5.5)	

En la tabla VII se muestran los resultados del contenido de Fósforo y de los elementos menores

Los menores contenidos de Fósforo (por ambos métodos) y los menores contenidos de Zinc, Manganeso y el Hierro, se encontraron asociados a los menores rendimientos. Es decir también la disminución de los rendimientos agrícola se correspondió con la disminución de los contenidos de Fósforo, Zinc, Manganeso e Hierro.

Varios investigadores consideran que contenidos de Fósforo asimilables superiores a 10 ppm son suficientes para cubrir los requerimientos del cultivo *Olsen et al (1954)*. Autores como *Bowen (1968)* *Rashid et al (1985)* y *Agarwala et al (1985)* han encontrado pérdidas significativas de los rendimientos agrícolas en caña con la deficiencia de elementos menores, particularmente con el Zinc por su marcada reducción del tamaño de los entrenudos.

**Tabla VII.** Comportamiento de los contenidos de Fósforo asimilable evaluado por dos métodos (Olsen y Bray) y de los elementos menores Zinc, Manganeso y el Hierro (expresados todos en ppm). En áreas de la asociación C.D.I en Pujilitic

Grup. Text.	Muestra	Rend.	P x Bray	P x Olsen	Zinc ppm	Mn ppm	Fe ppm
Arcilla	Z-2 M-3	125	23.60	23.60	2.63	28.01	28.79
<i>Fr-Arc-Arn</i>	Z-2 M-4	125	<u>1.59</u>	<u>16.11</u>	<u>3.85</u>	<u>19.16</u>	<u>40.38</u>
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	0.60	4.11	3.85	12.18	9.39
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	0.62	16.37	0.92	22.11	32.95
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	0.64	6.72	0.56	22.56	33.88
Arcilla	Z-7 M-13	90	0.53	6.10	3.85	10.32	11.31
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	0.90	11.68	0.87	15.27	9.27
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>4.07</b>	<b>12.09</b>	<b>2.36</b>	<b>18.51</b>	<b>23.71</b>
<i>Fr-Arc-Arn</i>	Z-1 M 2	85	<u>0.54</u>	<u>12.80</u>	<u>1.50</u>	<u>13.93</u>	<u>13.71</u>
Franco	Z-3 M 5	85	0.61	6.22	1.74	10.18	13.07
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	15.71	20.74	1.66	13.46	23.03
Fra- Lim	Z-6 M 12	85	1.00	7.14	2.40	11.75	32.69
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	0.74	5.12	1.66	15.51	11.76
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>3.72</b>	<b>10.40</b>	<b>1.79</b>	<b>12.96</b>	<b>18.85</b>
<i>Fr-Arc-Arn</i>	Z-9 M-18	80	<u>0.52</u>	<u>3.85</u>	<u>1.84</u>	<u>6.25</u>	<u>24.72</u>
Fr- Limoso	Z-5 M9	80	0.91	5.43	1.84	6.35	31.98
Franco	Z-6 M-11	75	4.02	10.35	1.89	4.77	6.34
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	0.57	5.97	1.80	4.24	10.82
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	0.63	3.78	1.20	4.01	5.16
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	0.65	6.04	1.2	3.98	17.37
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>1.21</b>	<b>5.90</b>	<b>1.62</b>	<b>4.93</b>	<b>16.06</b>
	<b>Valor Ref.</b>		<b>(21 - 41)</b>	<b>(5.5 - 11)</b>	<b>(1.3 - 2.5)</b>	<b>(7 - 12)</b>	<b>(9 - 12)</b>

En la tabla VIII se presentan los elementos menores Cobre y Boro y contenidos de Sulfatos, Carbonatos y Nitratos (expresados en ppm) además los porcentajes de Materia orgánica y las relaciones entre cationes. De todos los indicadores evaluados llaman más la atención por su relación con la disminución de los rendimientos agrícolas los contenidos de Sulfatos y las relaciones entre cationes que por su magnitud indican deficiencias relativas de Potasio con respecto al Calcio el Magnesio e incluso el Sodio.

La acumulación de Calcio y Magnesio fundamentalmente en forma de Sulfatos, que ha incrementado la conductividad eléctrica es una señal inequívoca de un proceso salinización, que ha empezado a afectar los rendimientos agrícolas y está provocando un desequilibrio entre los cationes por lo que el Potasio muestra una deficiencia tanto absoluta como relativa. Muy presuntamente la llegada de altos contenidos de Calcio y Magnesio es vía el agua de riego, problemática que se ha presentado también en otras regiones cañeras como Venezuela según *Monasterio, P. y colaboradores (2005)*.

**Tabla VIII.** Comportamiento del Cobre, Boro Azufre en forma de Sulfato, N en forma de Nitrato (expresados en ppm) Materia Orgánica (expresada en %). Además de las relaciones entre los cationes Calcio, Magnesio. Potasio y Sodio. En áreas de la asociación C.D.I en Pujiltic

Grup. Text.	Muestra	Rend.	Cu ppm	B ppm	S-SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	M. Org.	Ca+Mg/K	Ca/K	K/Na
Arcilla	Z-2 M-3	125	2.58	0.99	949	4.90	3.72	57.7	46.7	1.2
Fr-Arc-Arn	Z-2 M-4	125	<u>1.80</u>	<u>0.64</u>	<u>101</u>	<u>6.34</u>	<u>2.65</u>	108	91.0	0.69
Fr-Arc-Lim	Z-9 M-17	100	1.59	0.50	38	8.92	5.38	171.8	148.2	1.09
Fr-Arn	Z-1 M-1	95	1.26	0.61	67	23.75	3.83	147.7	138.5	1
Fr-Arc	Z-3 M-6	90	1.11	0.53	60	13.67	6.56	144.1	125.8	1.2
Arcilla	Z-7 M-13	90	2.04	0.51	103	11.38	5.53	340.7	276.1	0.52
Fr-Arc	Z-7 M-14	90	0.64	0.71	48	9.56	8.89	78.2	70.8	3.7
	<b>Media</b>	<b>102</b>	<b>1.57</b>	<b>0.64</b>	<b>195</b>	<b>11.21</b>	<b>5.22</b>	<b>149</b>	<b>128</b>	<b>1.34</b>
Fr-Arc-Arn	Z-1 M 2	85	<u>0.80</u>	<u>0.80</u>	<u>34</u>	<u>3.62</u>	<u>3.12</u>	136.4	117.4	1.22
Franco	Z-3 M 5	85	0.72	0.56	62	9.86	5.53	177.4	155.2	0.84
Fr-Arc	Z-4 M 8	85	1.26	1.25	100	11.05	7.39	76.5	64.1	1.6
Fra- Lim	Z-6 M 12	85	2.37	0.74	790	28.83	9.33	526.7	429.4	0.26
Fr-Arc-Lim	Z-5 M 10	84	1.45	0.85	95	4.92	5.65	191.4	159.3	0.92
	<b>Media</b>	<b>84.80</b>	<b>1.32</b>	<b>0.84</b>	<b>216</b>	<b>11.65</b>	<b>6.20</b>	<b>221</b>	<b>185</b>	<b>0.96</b>
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-18	80	<u>2.19</u>	<u>0.33</u>	<u>103</u>	<u>8.47</u>	<u>4.43</u>	320.4	233.5	0.43
Fr- Limoso	Z-5 M9	80	1.34	0.70	658	20.49	10.04	463.6	378.7	0.26
Franco	Z-6 M-11	75	1.67	0.76	519	8.90	6.05	268.9	219.8	1.15
Fr-Arc-Arn	Z-9 M-16	70	1.73	0.48	464	8.46	3.72	314.5	256.3	0.58
Fr-Arenoso	Z-4 M-7	70	0.36	0.64	41.65	4.6	2.25	333.5	312.9	0.3
Fr-Limoso	Z-9 M-15	50	0.71	0.81	928	22.32	6.68	644	600.3	0.4
	<b>Media</b>	<b>70.83</b>	<b>1.33</b>	<b>0.62</b>	<b>452</b>	<b>12.20</b>	<b>5.52</b>	<b>390</b>	<b>333</b>	<b>0.52</b>
	Valor Ref.		(0.9 - 1.2)	(0.9 - 1.4)	(8 - 12)	(13 - 26)	2.0 - 2.5	(8-30)	(10-40)	(> 1)

Como sugerencia se indicó a los productores de la asociación C.D.I (principalmente a los de producción regular y mala) incrementar en su programa de fertilización la aplicación del Potasio. La dosis sugerida es un 40 % superior a la dosis de Nitrógeno que se aplique. También se sugiere un programa de mejoramiento de suelo donde se ocupe un desalinizador que contenga (Co-polímeros de ácidos carboxílicos y polímeros del ácido fosfónico). E instrumentar un programa de control sobre la calidad del agua de riego, que contribuya a eliminar los altos aportes de Calcio y Magnesio.

### CONCLUSIONES.

1. El rendimiento agrícola disminuyó asociado al incremento del contenido de Calcio y Magnesio además reflejado en altas lecturas de la C.E (salinidad).
2. Bajos contenidos de Potasio y Zinc también estuvieron asociados a los bajos rendimientos agrícolas.
3. Muy presuntamente la llegada de altos contenidos de Calcio y Magnesio es vía el agua de riego.
4. Se sugiere un programa de fertilización que incremente la dosificación del Potasio (un 40 % superior a la dosis de nitrógeno).
5. Se sugiere un programa de mejoramiento de suelo donde se ocupe un desalinizador que contenga (Co-polímeros de ácidos carboxílicos y polímeros del ácido fosfónico).

## REFERENCIAS.

- Agarwala, S.C.; Chatterjee. B.D.; Nautiyal, B. K.; N .Nauyital (1985). Inducción de deficiencias de zinc, cobre y molibdeno en caña de azúcar y su efecto en la concentración de azúcar y otras encimas. Sugar Cane (6): p.1-7.
- Alpizar Monge, D. 1983. Respuesta de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*) a Dosis de Potasio en un Suelo (Oxic dystrandep) en Grecia de Alajuela. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 126 p.
- Azofeifa González, C.A. 1969. Respuesta al Potasio por la Caña de Azúcar en La Guácima, Alajuela. Tesis Ing .Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad Agronomía. 42 p.
- Bowen. J.E. (1968). Algunos efectos fisiológicos causados en caña de azúcar por la variación de los contenidos de boro y zinc. Rep. Hawaiian Sugar Technol. P. 35-40.
- Cuellar Ayala, I. 1983. Potasio en los Principales Tipos de Suelos de las Plantaciones Cañeras de Cuba y Efectividad de la Fertilización Potásica de la Caña de Azúcar. In: Resúmenes de Tesis de Doctorado del INICA (1964-1994), Habana, Cuba, 1994. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) p: 34-35.
- Mago, P. 1969. Consideraciones sobre las aguas de riego y la salinización de los suelos del valle El Rodeo. Boletín No. 87. Estación Experimental del Occidente. Yaritagua. Ven. MAC. 30 p.
- Monasterio, P., Rodríguez, L. y Tablante, J. (2005). Rev. Caña de azúcar 23 (1 y 2): 16-28.
- Olsen, S. R.; Cole, C. V. Watanabe, F.S.; Dean, L.A. (1954). Estimación de la disponibilidad del fósforo en el suelo por extracción con bicarbonato de sodio. USD circular n° 939
- Orlando Filho, J; Muraoka, T.; Rodella, A.A.; Rossetto, R. (1993). Fuentes de potasio en la fertilización de la caña de azúcar. KCL y SO<sub>4</sub>K<sub>2</sub>. En Congreso Nacional de técnicos azucareros y alcoholeros de Brasil, 5 Aguas de Sao Pablo. Anais. Piracicaba.
- Raij, B. V. (1976) Calibración del potasio cambiante en suelos con cultivos de algodón y caña de azúcar. Ciencia y cultura, San Pablo. V.26 n6 p.575-576.
- Rashid, A, R.L.Fox, R. P. Bosshart, R. S. Yost (1985). Contenidos de zinc en el suelo y su posible influencia en el crecimiento de la caña de azúcar. Rep. Hawaiian Sugar Technol. Nov. A15- A-23
- Rossetto, R.; Spironello, A.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. (2,004). Encalado en caña de azúcar y su inter relación con el contenido de K. Bragantia, Campinas, V.63 n.1 p.105-119.
- Zérega, L. Hernández, T. Valladares, J. F. 1991. Caracterización de suelos y aguas afectadas por sales en zonas caña-meleras de la Azucarera Río Turbio. Revista Caña de Azúcar 9 (1): 52 p.
- Wagner, H; C. Rincones; R. Borrego y G. Medina. 1995. Evaluación de factores limitantes de suelos yaguas en áreas caña meleras de la región central de Venezuela. Revista Caña de Azúcar 13(2) 65-82 p.
- Villafañe, R. 1995. Detección de suelos afectados por sales en áreas bajo riego de los estados Portuguesa, Barinas y Lara. Venezuela. R. A. Tropical. Vol. 45, No. 3,457- 472 p.