

LA ABSORCIÓN NETA DE ALGUNOS ELEMENTOS MINERALES EN CAÑA DE AZÚCAR DURANTE EL TRANCURSO DE SU PERÍODO VEGETATIVO ¹

POR LOS INGENIEROS AGRÓNOMOS

RICARDO DIEZ ², GUSTAVO A. ORIOLI ³ E ISIDORO MOGILNER ⁴

ANTECEDENTES

La acumulación de distintos elementos minerales en la caña de azúcar en el transcurso de su período vegetativo ha sido estudiado por varios experimentadores.

C. VAN DILLEWIJN ⁽⁵⁾ reproduce las gráficas, síntesis de los resultados obtenidos, de algunos de ellos; de KOBUS, que en 1900 estudió en Java la acumulación de N, P, Ca y K en plantas enteras (parte aérea y raíces); de EVANS, que en 1935 estudió en Mauritius la acumulación de N, P y K en plantas enteras, durante un período vegetativo de 20 meses; de AYRES, que en 1936 realizó un estudio en Hawaii sobre la acumulación de distintos elementos minerales en la parte aérea de la caña de azúcar, durante un período vegetativo de 30 meses. AYRES, 1936 ⁽²⁾ estudió, en Hawaii, la acumulación mensual de N, P, Mg, Ca y Si en la parte aérea de la variedad H 109. El trabajo lo realizó sobre "caña soca" de 2 años, durante un período vegetativo de 14 meses. BORDEN, 1944 ⁽³⁾ estudió la acumulación de N, P y K en la variedad H 109 en "caña planta", en macetas con tierra abonada durante un lapso comprendido entre la aparición de la 6ª a la 48ª hoja, que corresponde a una edad aproximada de las plantas, en las condiciones de su ensayo, de 2 a 13 meses. El estudio lo realizó sobre plantas enteras y sobre 4 épocas de plantación. CATANI, ET AL, 1954 ⁽⁴⁾, realizaron un estudio en la variedad Co 419 sobre la acumulación mensual de N, P,

¹ Trabajo realizado en el Instituto de Botánica Aplicada, con fondos provenientes de la Comisión Administradora del Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria, creada de acuerdo con lo que establece el artículo 13 de la ley 15.429.

² Profesor interino de Química Agrícola.

³ Jefe de Trabajos Prácticos de Fisiología Vegetal.

⁴ Profesor titular de Fisiología Vegetal.

K, Ca, Mg, S y Si. El estudio se realizó en Piracicaba (San Pablo, Brasil) sobre la parte aérea y abarcó de los 6 a los 15 meses de edad del cultivo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Se utilizó la variedad P.O.J. 2878. Se plantó en el campo de la Escuela de Agricultura Anexa el 18/IX/59. La plantación se hizo con estacas de aproximadamente 70 cm de largo, cuyo peso verde promedio, era de alrededor de 382 g y que tenían un peso de 76,5 g de materia seca; 0,320 g de N; 0,090 g de P; 0,930 g de K y 0,090 g de Ca, cantidades promedio, aproximadamente, por estaca.

La brotación de la plantación terminó, aproximadamente, el 18/XI/59.

El análisis del suelo en que se realizó la plantación dio los resultados que a continuación se detallan.

ANALISIS DEL SUELO

Se hicieron análisis de 4 perfiles. Los rangos de los valores hallados se dan en la tabla que sigue.

Profundidad de la muestra	pH		Materia orgánica %	P		N g %	Ca g %	K g %
	actual	de cambio		Disponible mg %	Total mg %			
de 0.	de 6,3	de 5,2	de 0,14	de 0,79	de 7,4	de 0,015	de 0,00413	de 0,04
a	a	a	a	a	a	a	a	a
0,30 cm	6,7	5,7	0,40	1,12	12,4	0,02	0,0123	0,06
de 0,30	de 6,1	de 4,8	de 0,14	de 0,69	de 7,4	de 0,013	de 0,00619	de 0,05
a	a	a	a	a	a	a	a	a
0,60 cm	6,8	5,8	0,44	1,18	9,1	0,039	0,0206	0,10
de 0,60	de 5,6	de 4,3	de 0,39	de 0,95	de 6,6	de 0,013	de 0,00826	de 0,10
a	a	a	a	a	a	a	a	a
0,90 cm	6,6	5,2	0,52	1,46	9,1	0,035	0,0227	0,20

El pH va de ácido a débilmente ácido.

Todos los perfiles de color rojizo, aumentando con la profundidad.

Horizonte superficial arenoso y los siguientes areno-arcillosos.

En general, pobre en todos los elementos y en materia orgánica, excepto potasio.

Para el estudio se utilizaron 2 variantes: *a*) sin abono y *b*) con abono. El abonado de la variante *b*) se realizaba mensualmente a razón de 160 kg/ha, con Ammo-Phos-Ko (13-13-13) de Mathieson.

Las fechas en que se realizaron las abonaduras fueron las siguientes: 16-XI-59; 29-XII-59; 29-I-60; 2-III-60; 13-IV-60; 18-V-60; 21-VI-60; 21-VII-60; 2-IX-60 y 4-X-60. Las tomas de muestras se realizaron todos los meses. El análisis se hizo sólo en la parte aérea, no se analizó el contenido de las raíces. El modo cómo se procedió en la toma de muestras para su análisis, fue el siguiente: de cada variante se eligieron al azar, dentro de las plantas que tenían un tamaño más o menos uniforme, 5 plantas. Una vez extraídas, cada una era dividida en las siguientes partes: *a*) tallo principal; *b*) hojas de tallo principal; *c*) macollos y *d*) hojas de macollos. Se pesó cada parte separadamente y se tomó 100 g de cada una de las partes correspondientes a las 5 plantas de cada variante. El muestreo de estos 100 g se realizó de manera tal, que fuese, en lo posible, un reflejo de cada uno de los órganos. Los 500 g de cada parte se llevaron a peso seco en estufa a 95° C. Se pesó a peso constante y se refirió el peso verde total de cada parte (*a*, *b*, *c* y *d*) a peso seco. La materia seca procedente de los 500 g se molió, se mezcló bien y se tomaron partes alícuotas para analizar N, P, K y Ca.

Los métodos de análisis fueron los siguientes: para N, sobre 0,5 g con repetición. Se realizó una digestión según KJELDHL usando como oxidante ácido perclórico y determinación del ión amonio por colorimetría con NESSLER. Para P, K y Ca, sobre 0,5 g con repetición. Se incineró en mufla a 500° C y luego la ceniza se trató con HCl. El P se determinó por colorimetría con Vanadato-Molibdato; el K y Ca por fotometría de llama.

Las fechas de extracción de muestras fueron: 18-XI-59; 18-XII-59; 18-I-60; 18-II-60; 21-III-60; 22-IV-60; 27-V-60; 27-VI-60; 27-VII-60; 31-VIII-60; 4-X-60 y 7-XI-60.

Se dio por terminada la extracción de plantas cuando demostraron estar "maduras" para ser cortadas, lo que coincidió con la última toma de muestras.

RESULTADOS OBTENIDOS

Materia seca: Los resultados que se dan en las tablas 1 y 2 y en las gráficas n° 1 y n° 2, permiten observar que hay un acúmulo constante de materia seca que se mantiene hasta el fin del ensayo. La pequeña pérdida en el contenido de materia seca que se observa en las plantas con abono durante el mes de agosto, no creemos que

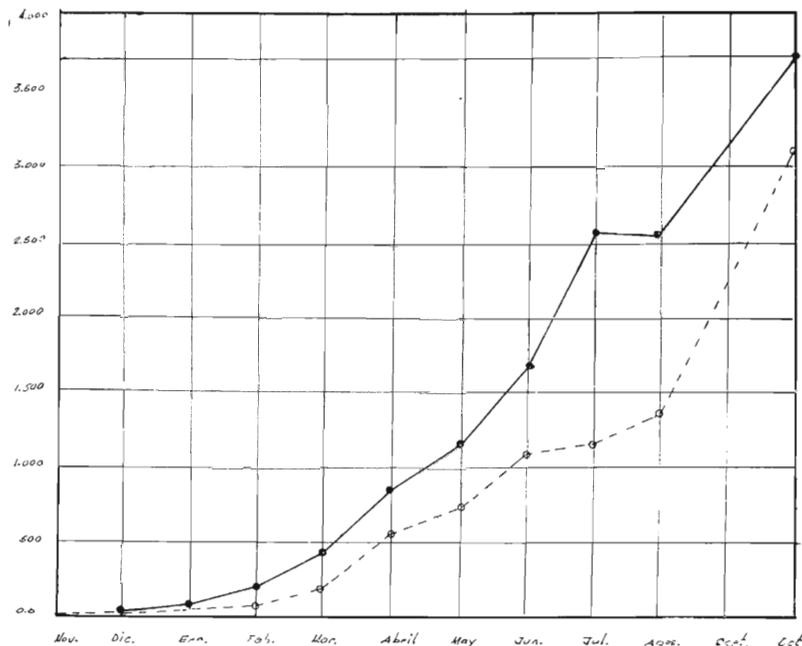
TABLA I

Cantidades totales por planta (parte aérea), en gramos

Meses	Materia seca	Cenizas	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
PLANTAS SIN ABONO						
Noviembre..	1,869	0,134	0,0244	0,00314	0,032	0,0141
Diciembre...	13,030	0,684	0,202	0,0143	0,196	0,0582
Enero.....	41,831	3,128	0,661	0,032	0,378	0,073
Febrero.....	84,210	6,202	0,842	0,066	1,497	0,371
Marzo.....	201,409	11,996	1,820	0,192	3,844	0,671
Abril.....	549,317	46,477	7,220	0,405	7,899	2,611
Mayo.....	729,709	56,724	5,487	0,676	10,629	1,977
Junio.....	1043,754	75,498	11,810	0,898	13,788	3,539
Julio.....	1168,538	95,528	9,301	0,878	13,377	4,126
Agosto.....	1338,480	74,448	8,021	0,760	16,334	5,306
Septiembre..	1484,68	126,994	8,487	1,066	24,997	6,968
Octubre.....	3151,62	196,874	13,940	1,588	27,373	6,074
PLANTAS CON ABONO						
Noviembre..	—	—	—	—	—	—
Diciembre..	19,351	1,383	0,344	0,036	0,285	0,086
Enero.....	88,925	7,179	1,870	0,161	0,907	0,173
Febrero.....	197,490	18,387	2,495	0,373	4,725	0,896
Marzo.....	444,917	34,534	3,905	0,639	12,251	1,872
Abril.....	832,340	71,071	10,057	1,218	17,387	4,225
Mayo.....	1148,457	115,998	7,927	1,790	21,578	3,032
Junio.....	1647,652	127,918	17,450	2,217	28,304	5,692
Julio.....	2572,300	223,952	20,157	2,270	35,684	8,465
Agosto.....	2545,160	123,510	16,188	2,939	33,508	10,325
Septiembre..	2061,400	133,697	10,712	2,550	33,960	8,257
Octubre.....	3706,900	190,856	18,405	4,029	51,565	6,106

sea característica, sino que nos inclinamos a interpretarla como deficiencia del muestreo. De la gráfica nº 2 se puede deducir que los ritmos de acúmulos mensuales de materia seca en ambas variantes (con y sin abono), son muy similares.

Fósforo: En los resultados que se dan en las tablas 1 y 2 y en las gráficas nº 3 y nº 4, se puede observar que hasta los 2 meses, aproximadamente, de la brotación, la acumulación de P en ambas variantes es muy poca; posteriormente los ritmos mensuales de acumulación aumentan y prácticamente, la tendencia de las curvas



Gráfica nº 1. — Materia seca por planta. En gramos
— Plantas con abono; - - - Plantas sin abono

en ambas variantes, es acumular P a ritmos mensuales uniformes, lo que se visualiza mejor en la gráfica nº 4. El aumento en el ritmo de acumulación de P que se observa en los dos últimos meses, especialmente en el último, podría deberse a la preparación de las plantas para florecer, pues las plantas de las 2 variantes florecieron en el verano de 1961. Pese a que las cantidades absolutas de acúmulo de P entre las plantas de las 2 variantes varían mucho, los ritmos mensuales de esos acúmulos son similares, lo que se puede observar en la gráfica nº 4.

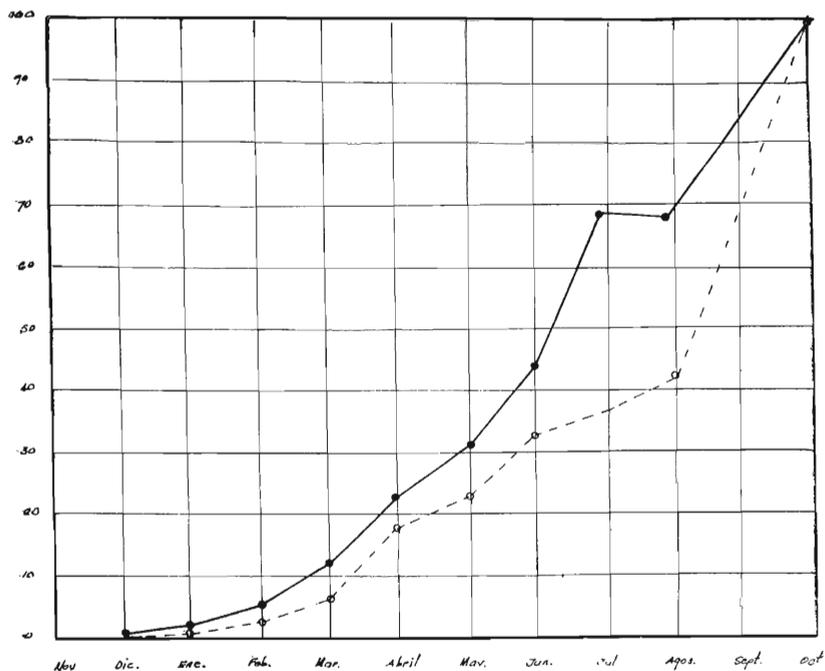
Calcio: La acumulación de calcio hasta los 2 meses de la brotación, es muy pequeña en las dos variantes. Posteriormente los ritmos mensuales de acumulación aumentan (gráficas nº 5 y nº 6). Hay una pérdida de calcio que presentan ambas variantes durante el mes de mayo, que coincidió con un período de gran sequía. Es difícil de explicar la pérdida de Ca que se produce en las plantas de la variante abonada durante los dos últimos meses.

TABLA II

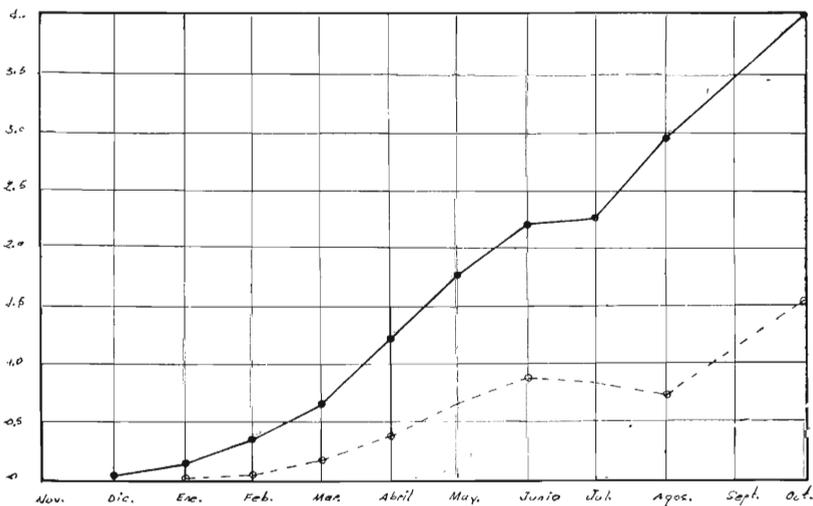
Incremento mensual por planta (parte aérea), en gramos

Meses	Materia seca	Cenizas	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio
PLANTAS SIN ABONO						
Noviembre..	1,86	0,134	0,024	0,003	0,032	0,014
Diciembre . .	11,17	0,650	0,178	0,011	0,160	0,044
Enero	28,80	2,440	0,459	0,018	0,180	0,018
Febrero.	42,38	3,080	0,181	0,034	1,120	0,300
Marzo.	117,19	5,790	0,980	0,130	2,350	0,300
Abril.	347,91	34,480	3,400	0,210	4,050	1,940
Mayo.	180,39	10,250	1,740	0,270	2,730	0,640
Junio.	314,05	19,770	6,330	0,220	3,160	1,560
Julio.	124,78	20,030	2,510	0,020	0,410	0,597
Agosto	169,94	21,180	1,280	0,110	2,960	1,180
Septiembre..	146,20	62,500	0,460	0,300	8,600	1,662
Octubre . . .	1813,14	122,42	5,919	1,522	11,039	0,768
PLANTAS CON ABONO						
Noviembre..	—	—	—	—	—	—
Diciembre . .	19,35	1,38	0,34	0,035	0,285	0,086
Enero	69,58	5,79	1,53	0,130	0,620	0,090
Febrero.	108,56	11,21	0,62	0,210	3,820	0,720
Marzo.	247,42	16,15	1,41	0,260	7,530	0,980
Abril.	387,43	36,54	6,15	0,580	5,130	2,350
Mayo.	316,12	44,92	2,13	0,580	4,190	1,190
Junio.	499,19	11,92	9,53	0,420	6,730	2,660
Julio	924,65	96,04	3,30	0,060	7,380	2,770
Agosto.	27,14	100,44	3,97	0,669	2,180	1,860
Septiembre..	483,76	10,18	5,47	0,389	0,460	2,068
Octubre.	1161,74	67,15	2,217	2,088	18,057	4,225

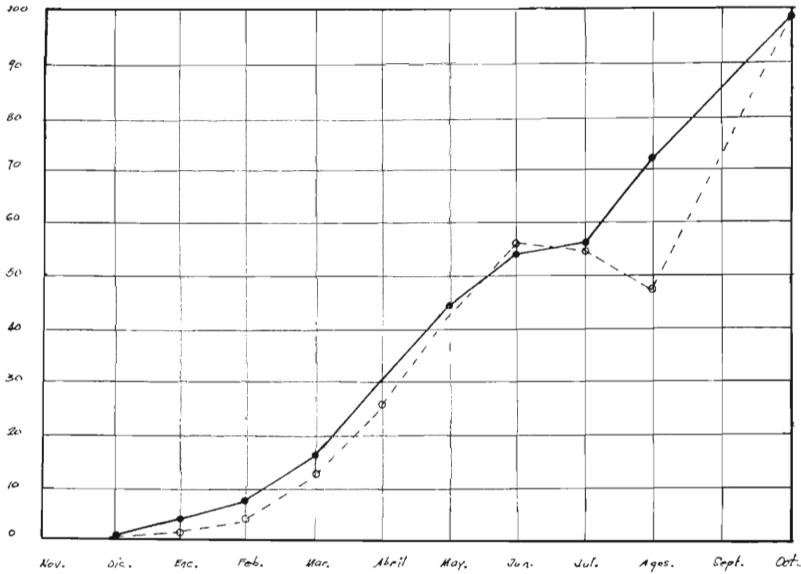
Potasio: La acumulación de K hasta los 2 primeros meses de brotada la caña, también es muy pequeña. Posteriormente la acumulación se realiza intensamente y a ritmos más o menos uniformes. En los dos últimos meses, el ritmo de acumulación se intensifica (gráficas n° 7 y n° 8). Los ritmos de acumulación de las dos variantes son prácticamente coincidentes a lo largo del período vegetativo (ver gráfica n° 8).



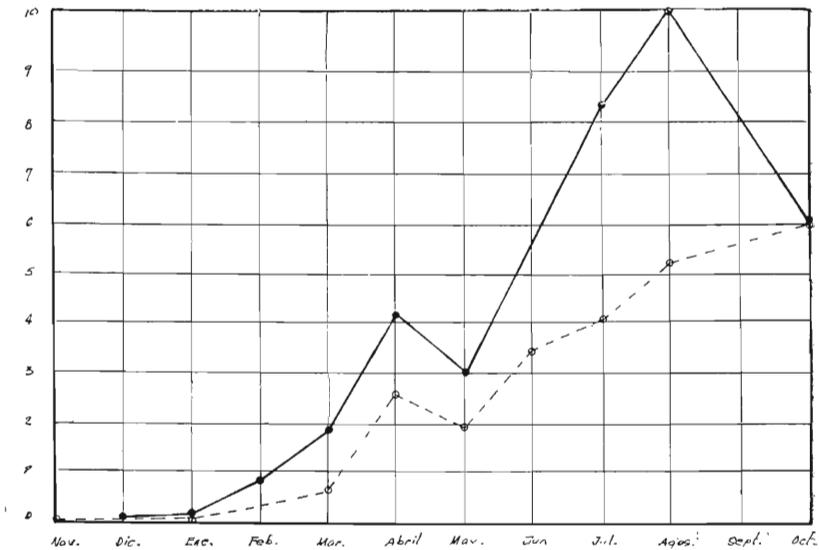
Gráfica nº 2. — Materia seca por planta, expresado en %
 (100 % cantidad máxima hallada de este elemento)
 — Plantas con abono ; --- plantas sin abono



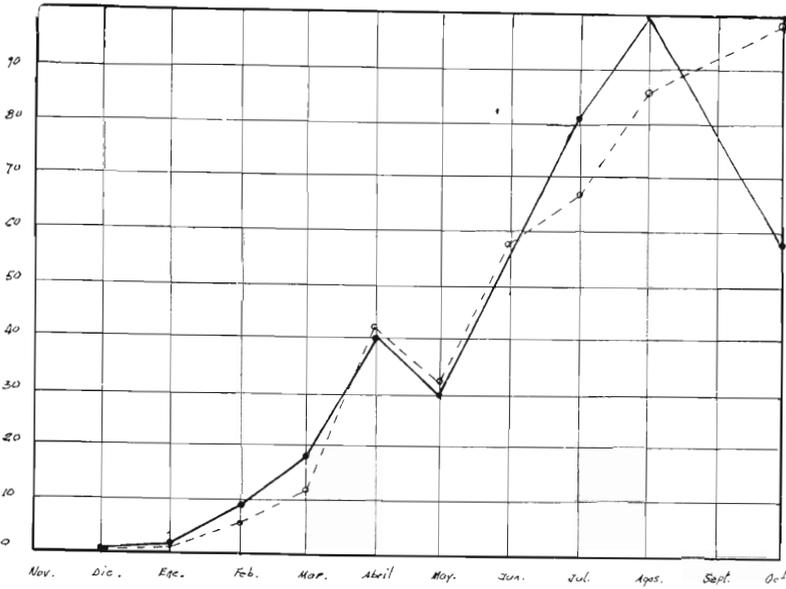
Gráfica nº 3. — Fósforo por planta, en gramos
 — Plantas con abono : --- plantas sin abono



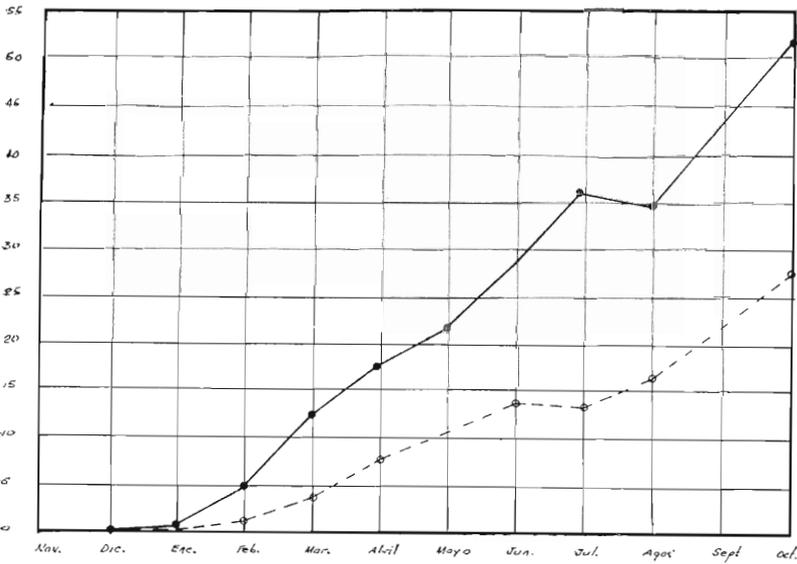
Gráfica nº 4. — Fósforo por planta, expresado en $\%$;
 (100 $\%$: cantidad máxima hallada de este elemento)
 — Plantas con abono ; --- plantas sin abono



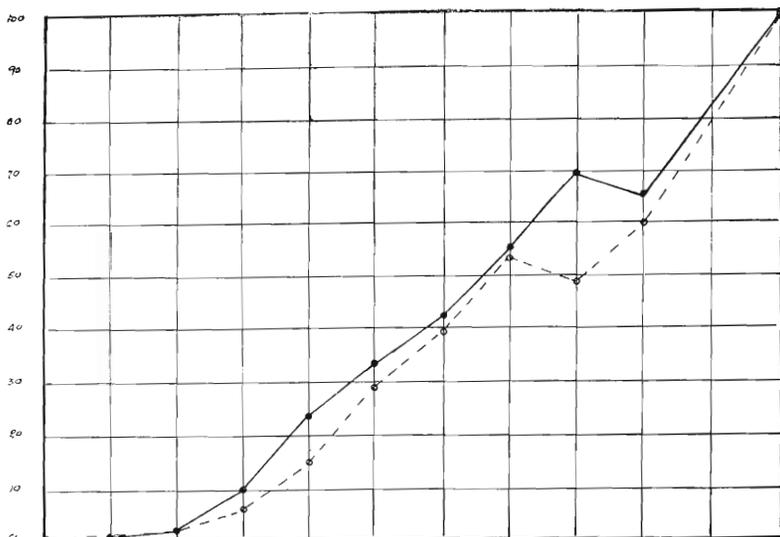
Gráfica nº 5. — Calcio por planta, en gramos
 — Plantas con abono ; --- plantas sin abono



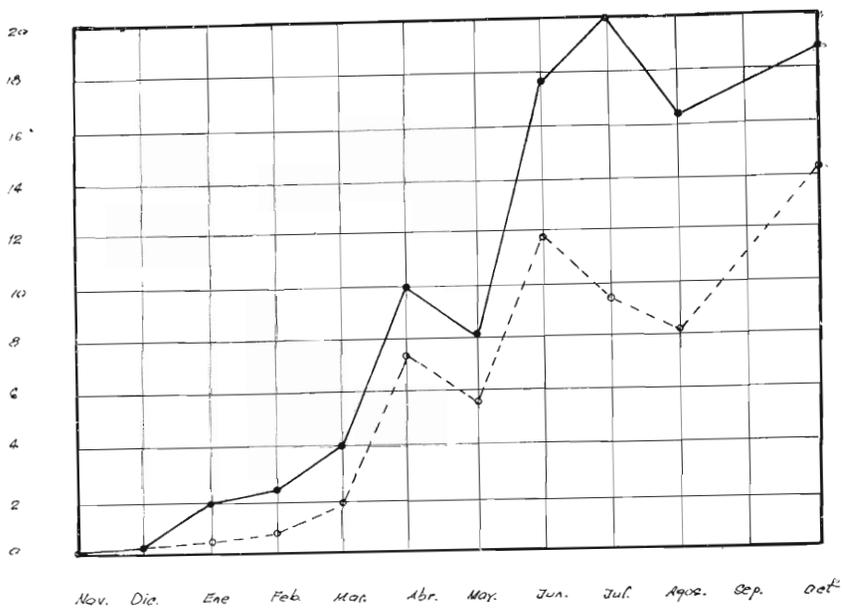
Gráfica nº 6. — Calcio por planta, expresado en %
 (100 % cantidad máxima hallada de este elemento)
 — Plantas con abono ; --- plantas sin abono



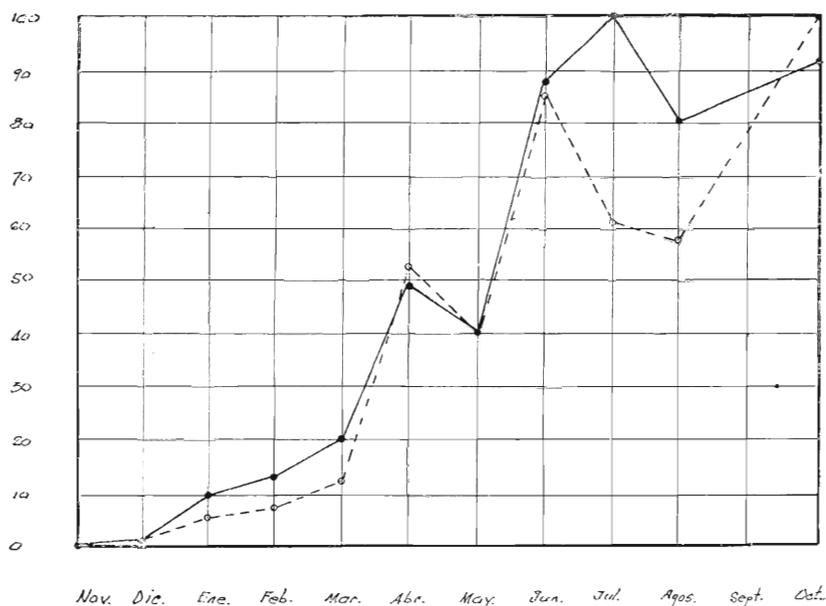
Gráfica nº 7. — Potasio por planta, en gramos
 — Plantas con abono ; --- plantas sin abono



Gráfica nº 8. — Potasio por planta, expresado en %
 (100 % cantidad máxima hallada de este elemento)
 — Plantas con abono; - - plantas sin abono



Gráfica nº 9. — Nitrógeno por planta, en gramos
 — Plantas con abono; - - plantas sin abono



Gráfica nº 10. — Nitrógeno por planta, expresado en %
 (100 % cantidad máxima hallada de este elemento)
 — Plantas con abono : - - - plantas sin abono

Nitrógeno: Durante los primeros meses la acumulación es lenta. Desde el mes de marzo al mes de junio, es decir, del 5º al 8º mes de brotada la caña, el ritmo de acumulación se intensifica extraordinariamente en ambas variantes. En ese lapso de 3 meses, ambas variantes acumulan aproximadamente, el 70 % del total de N acumulado durante su período vegetativo. Hasta el mes de junio, los ritmos de acumulación de las dos variantes son prácticamente coincidentes (ver gráfica nº 9 y nº 10). Desde el mes de junio en adelante, las tendencias de las curvas de acumulación de las dos variantes divergen (ver gráficas nº 9 y nº 10).

DISCUSION

El objetivo de este trabajo fue estudiar la curva de absorción de N, P, K y Ca, a lo largo del período vegetativo de la variedad de caña de azúcar P.O.J. 2878; y, además, observar si un abonado realizado cada mes con N, P y K primordialmente y con cantidades menores de Ca, para que las plantas tuviesen siempre a su dispo-

sición esos elementos, hacía o no variar la tendencia de la curva de absorción de los mismos. La circunstancia de que el suelo en que se plantó la caña era sumamente pobre, hacía mucho más notoria la diferencia en cuanto a disponibilidad para absorber los elementos citados, entre la variante sin abonar y la abonada. En realidad, lo que se determinó, fueron los acúmulos mensuales de N, P, K y Ca y no la curva de absorción. Pero creemos que, dentro de ciertos límites, las curvas halladas para los acúmulos mensuales, reflejan las tendencias de las curvas de absorción. Pues el acúmulo es lo absorbido, menos lo excretado por raíz y lo perdido por lixiviación o por otras causas.

De los resultados obtenidos, pareciera que la caña de azúcar, por lo menos la variante P.O.J. 2878, tiene tendencia a absorber N, P, K y Ca durante su período vegetativo, de acuerdo a cierto tipo de curva de absorción, que dependería de cualidades intrínsecas y que variaciones en el medio edáfico (mayor o menor riqueza del suelo en el elemento), dentro de ciertos límites, no harían variar la tendencia del tipo específico de la curva de absorción para el elemento dado. Esta mayor o menor riqueza del suelo en el elemento, se refleja en una mayor absorción absoluta del elemento, pero manteniendo la tendencia específica de la curva de absorción para dicho elemento. Las desviaciones en las tendencias de las curvas que se observan en algunos meses, nos inclinamos a interpretarlas como errores de muestreo.

No tenemos datos sobre si las variaciones climáticas: temperatura del aire, temperatura del suelo, precipitaciones, humedad atmosférica, hacen variar la tendencia de la curva de absorción, aunque el trabajo de BORDEN (3), parece demostrar que las variaciones climáticas, dentro de ciertos límites, no hacen variar la tendencia de la curva de absorción, por lo menos para el N, P y K.

¿Las diferencias obtenidas por los distintos autores sobre la tendencia de las curvas de absorción de N, P, K y Ca serán debidas a variaciones ecológicas profundas entre los lugares donde el estudio se realizó, o a variaciones varietales, o a ambos factores?

Pero hay un caso curioso y es que AYRES (2) y BORDEN (3) trabajaron con la misma variedad y aparentemente en la misma región (Hawaii) y las tendencias halladas en cuanto a la curva de absorción de K son muy diferentes y varía algo la de N. Esta diferencia podría ser debida a que uno (BORDEN) trabajó con "caña planta" y el otro (AYRES) con "caña soca" de 2 años. Bien podría ser que el tipo de curva de absorción de una determinada variedad, varíe si es "caña planta" o "caña soca" (y podría ser que también hubiese variaciones entre "socas" de distintos años).

Además, es posible que el tipo de curva de absorción de una misma variedad, varíe a medida que el clon avanza en su desarrollo. AYRES hizo su trabajo en el año 1933 y BORDEN publicó el suyo en 1944. Durante este lapso, es completamente posible que se haya producido un avance importante en el desarrollo fásico del clon de la variedad H 109, que podría reflejarse en las tendencias de sus curvas de absorción.

¿Qué conclusiones prácticas pueden sacarse del presente trabajo?

Creemos que nos demuestra que es completamente anti-racional y antieconómico, dar todo el abono de una sola vez, por ejemplo antes de la plantación de la caña de azúcar; 1º), porque durante los dos o tres primeros meses, las necesidades en elementos nutricios minerales de este cultivo son de cantidades pequeñas; 2º), porque hay una pérdida importante de elementos nutricios debida a las lluvias; 3º), porque en el momento en que la planta necesita absorber intensamente determinado elemento, éste puede no hallarse ya en el suelo en las cantidades requeridas. Lo racional sería dar el abono fraccionadamente, a lo largo del período vegetativo y en cantidades tales que contemple las necesidades del cultivo de acuerdo a los ritmos de absorción que reflejan las curvas para los distintos elementos. Por la importancia económica de este cultivo, creemos que es necesario que se continúe este estudio, para poder así planear un abonado racional de la caña de azúcar. Además, se plantea la pregunta: ¿el análisis de sólo la parte aérea, refleja la curva de absorción de la planta entera?

Esta pregunta sólo podemos contestarla indirectamente, por los resultados que obtuvo BORDEN (3), en los que parece haber, en general, cierta coincidencia entre los ritmos de acumulación en la parte aérea y en la raíz; pero sobre todo, por la circunstancia de que la mayor acumulación de los elementos estudiados por él (N, P y K), se produce en la parte aérea, de tal modo que imprime el tipo de la curva de acumulación de esos elementos para la planta entera.

¿Qué generalización podrán tener las conclusiones a que arribamos de los estudios realizados en Corrientes? ¿Podrán servir como normas para el abonado de la caña de azúcar de las regiones donde actualmente su cultivo es intensivo? ¿O tendrán únicamente validez para la zona de Corrientes y las que climática y edáfica-mente se le parecen y además sólo para la variedad P.O.J. 2878?

Para contestar integralmente las preguntas que nos formulamos, habría que hacer un estudio comparativo del tipo de curva de absorción para distintos elementos minerales, de las variedades

más cultivadas en el país y estudiar el problema de si la diferencia en el estadio de desarrollo de un mismo clon incide en diferencias en las curvas de absorción de los elementos minerales. Problema sumamente importante, pues seguramente cada variedad de caña que se cultiva, debe estar en distinto estadio de desarrollo.

El estudio del problema del abonado de la caña de azúcar no se agota ni mucho menos, una vez que se han determinado los tipos de curva de absorción de los distintos elementos minerales. Es un paso previo y orientador, que necesita ser completado para determinar el período crítico y el período de máxima efectividad¹, de cada elemento. [1; pág. 39].

RESUMEN

Se estudió la acumulación mensual de N, P, K y Ca a lo largo del período vegetativo en la variedad de caña de azúcar P.O.J.2878. El estudio se hizo en condiciones de campo, analizándose sólo la parte aérea. El suelo en que se realizó la plantación era muy pobre en los elementos estudiados, excepto en K. En la plantación se utilizaron dos variantes: una sin abonar y otra que era abonada mensualmente con Ammo-Phos-Ko de Mathieson, 13-13-13, a razón de 160 kg/ha.

Los resultados obtenidos parecen indicar que la tendencia de la curva de absorción de los elementos estudiados, es similar en las dos variantes.

Los autores creen que los resultados obtenidos dan la base para programar un abonado racional de la caña de azúcar.

SUMMARY

A study was made of the monthly accumulation of N, P, K y Ca in the variety of sugar cane known as P.O.J.2878 during its vegetative period. The study was made under field conditions, analysing that part of the plant exposed to the open air. The soil in which the plant was cultivated was of very poor quality, except in its K content. When planted, two varieties were used: one was cultivated without fertilizers and the other received a monthly fertilization with Ammo-Phos-Ko de Mathieson, 13-13-13 to the proportion of 160 kg/ha.

The results obtained seem to indicate that the tendency of the curve of absorption of the elements analysed is similar in the two varieties.

¹Avdonin llama período crítico, en sentido nutritivo, aquel en que la carencia, deficiencia, desproporción entre los elementos nutricios o exceso del (de los) elemento (s), ejerce la acción más deletérea sobre el crecimiento y desarrollo de la planta. Por período de máxima efectividad, aquel en que el elemento nutritivo, suministrado en una cantidad adecuada, incide de la manera más positiva sobre el rinde del cultivo. Ambos períodos pueden no coincidir.

The authors believe that the results obtained form a base for a rational program of fertilization in sugar cane.

BIBLIOGRAFIA

1. AVDONIN, N. S. "Pödkormka sielskojoziaistviene rastieni".— Editorial del Estado de Literatura Agrícola. Moscú, 1954. (En ruso).
2. AYRES, A. "Effect of age upon the absorption of mineral nutrients by sugar cane under field conditions".— Jour. Amer. Soc. of Agr. Vol. 28; nº 11, págs. 871-936 (1936).
3. BORDEN, R. J. "The early development and rate of nutrient uptake by sugar cane".— Haw. Plant. Record 48; págs. 43-57. (1944).
de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxôfre e silício pela nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxôfre e silício pela cana de açúcar, Co 419, e seu crescimento em função da idade".— Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz". Universidade de São Paulo. Vol. XVI, 1959.
5. VAN DILLEWIJN, C. "Botany of sugar cane".— Waltham, Mass. U. S. A. The Chronica Botanica Co. (1952).