

**Determinación de Curvas de Absorción de
Nutrientes en la variedad CP-722086 de
Caña de Azúcar en los tres períodos de
zafra 2007-2008 en el Ingenio La Grecia,
Choluteca, Honduras**

**Oscar Orlando Flores
Kenia Durán Aguirre**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2008

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Determinación de Curvas de Absorción de
Nutrientes en la variedad CP-722086 de
Caña de Azúcar en los tres períodos de
zafra 2007-2008 en el Ingenio La Grecia,
Choluteca, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero (a) Agrónomo (a) en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por:

Oscar Orlando Flores
Kenia Durán Aguirre

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2008

Determinación de Curvas de Absorción de Nutrientes en la variedad CP-722086 de Caña de Azúcar en los tres períodos de zafra 2007-2008 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras

Presentado por:

Oscar Orlando Flores
Kenia Durán Aguirre

Aprobado:

Gloria Arévalo de Gauggel, M.Sc.
Asesor Principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director Carrera de
Ciencia y Producción Agropecuaria

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Moisés Castellanos, Ing. Agr.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador, Área Temática,
Fitotecnia

RESUMEN

Flores, Orlando. Duran, Kenia. 2008. Determinación de Curvas de Absorción de Nutrientes en la variedad CP-722086 de Caña de Azúcar en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. Proyecto especial para el programa de Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria, Zamorano, Honduras. 44p.

Las curvas de absorción son instrumentos que brindan los datos más cercanos a lo que en realidad consume un cultivo durante todo su ciclo de vida; éstas curvas sirven para ajustar el programa de fertilización, obtener mayores rendimientos del cultivo y hacer más eficiente la fertilización. El objetivo del estudio fue determinar las curvas de absorción del nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B) en la variedad CP-722086 en los tres tercios de la zafra de la cosecha 2007-2008. El ciclo del primer tercio de febrero 2007 a diciembre 2007, segundo tercio de marzo 2007 a diciembre 2007 y tercer tercio de abril 2007 a febrero 2008, cada finca represento un tercio, se tuvieron tres repeticiones en cada tercio. El estudio se realizó en el Ingenio azucarero La Grecia, seleccionando tres fincas con parámetros similares en riego, fertilización y suelo franco arcilloso. Los datos se tomaron desde el segundo hasta el onceavo mes de crecimiento para el periodo de zafra I y III y hasta el décimo mes para el II. Se concluyó que la variedad CP-722086 absorbió en el primer tercio: N = 260, P = 80, K = 819, Ca = 95, Mg = 61, kg/ha y Fe = 180, Mn = 5127, Cu = 738, Zn = 3454, B = 686, g/ha. En el segundo tercio absorbió: N = 371, P = 77, K = 1101, Ca = 113, Mg = 65, kg/ha y Fe = 110, Mn = 4444, Cu = 1284, Zn = 1799, B = 989, g/ha. En el tercer tercio absorbió N = 199, P = 77, K = 876, Ca = 206, Mg = 111, Fe = 207, kg/ha y Mn = 5756, Cu = 749, Zn = 4007, B = 688, g/ha. En los tres tercios de zafra la mayor cantidad de nutrientes absorbidas está representada en los primeros meses (2, 3, 4 y 5) de crecimiento del cultivo por lo que se recomienda que se realice la aplicación de fertilizantes durante esta época. La variedad CP- 722086 requiere para la producción de una tonelada de caña en el primer tercio N = 2.89, P = 0.89, K = 9.09, Ca = 1.06, Mg = 0.68, Fe = 2.00, kg/t y Mn = 57, Cu = 8.20, Zn = 38.38, B = 7.62, g/t, en el segundo tercio N = 3.09, P = 0.64, K = 9.16, Ca = 0.94, Mg = 0.54, Fe = 0.92, kg/t y Mn = 37.02, Cu = 10.70, Zn = 15.00, B = 8.24, g/t y en el tercer tercio N = 2.25, P = 0.96, K = 10.95, Ca = 2.58, Mg = 1.39, Fe = 2.60, kg/t y Mn = 71.95, Cu = 9.36, Zn = 50.09, B = 8.6, g/t considerando el aporte del suelo.

Palabras clave: fertilización, concentración, *Saccharum officinarum*.

ABSTRACT

Flores, Orlando. Duran, Kenia. 2008. Determination of Nutrient absorption curves in sugar cane variety CP-722086, in La Grecia, Choluteca sugar mill, Honduras, C.A. Special project for the program of Engineering in Science and Agricultural Production, Zamorano, Honduras. 44p.

The absorption curves are ways that offer the best data to determine what the real consumption of the crop is during its life cycle. These curves are adequate to adjust the fertilization program and to obtain higher yields of the crop, diminishing the cost in application of fertilizers and to maximize the appropriate use of them. The objective of the study was to determine the absorption curves of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn) and boron (B) in the sugar cane variety CP-722086 in the three thirds of the harvest 2007 - 2008. The cycle of the first third from February 2007 to December 2007, second third from March 2007 to December 2007 and third stage from April 2007 to February 2008, each farm represents one third, there were three repetitions in each third. The study was conducted in La Grecia sugar mill, selecting three farms with similar condition regarding to irrigation, fertilization and clayey soil. Data was taken from the second month until the eleventh month of growth for the plots I and III and until the tenth month for II. It is concluded that the variety CP-722086 absorbed in the first third in N = 260, P = 80, K = 819, Ca = 95, Mg = 61, kg/ha and Fe = 180, Mn = 5127, Cu = 738, Zn = 3454, B = 686, g/ha. In the second third it absorbed N = 371, P = 77, K = 1101, Ca = 113, Mg = 65, kg/ha and Fe = 110, Mn = 4444, Cu = 1284, Zn = 1799, B = 989, g/ha. In the third stage it absorbed N = 199, P = 77, K = 876, Ca = 206, Mg = 111, Fe = 207, kg/ha and Mn = 5756, Cu = 749, Zn = 4007, B = 688, g/ha. In the three harvest thirds the biggest quantity in absorbed nutrients is represented in the first months (2, 3, 4 and 5) of growth of the crop, which is recommended that fertilizer application should be done during that period. The variety CP-722086 demands for the production of a ton of sugar cane in the first third N = 2.89, P = 0.89, K = 9.09, Ca = 1.06, Mg = 0.68, Fe = 2.00, kg/t and Mn = 57, Cu = 8.20, Zn = 38.38, B = 7.62, g/t, in the second third N = 3.09, P = 0.64, K = 9.16, Ca = 0.94, Mg = 0.54, Fe = 0.92, kg/t and Mn = 37.02, Cu = 10.70, Zn = 15.00, B = 8.24, g/t and in the third stage N = 2.25, P = 0.96, K = 10.95, Ca = 2.58, Mg = 1.39, Fe = 2.60, kg/t and Mn = 71.95, Cu = 9.36, Zn = 50.09, B = 8.6, g/t considering the soil gave.

Key Words: fertilization, concentration, *Saccharum officinarum*.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Contenido.....	v
Índice de Cuadros Figuras y Anexos... ..	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
CONCLUSIONES.....	37
RECOMENDACIONES.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Fincas seleccionadas por los mejores rendimientos para determinar las curvas de absorción de nutrientes, en el Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	4
2. Plan de fertilización del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	5
3. Población de plantas/ha para los tres tercios de zafra, en campo, corregidos por medios de la ecuación y promedio de los tres tercios. Ingenio la Grecia, Choluteca. Honduras. 2008.....	9
4. Acumulación de materia seca de raíz, tallo, hoja y total en g/planta para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	9
5. Variables agronómicas para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	10
6. Matriz de biodisponibilidad de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe y B, para los tres tercios de zafra con las tres repeticiones, en caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	15
7. Rangos máximos y mínimos de los nutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Cu) en porcentaje en la planta entre los tres tercios de zafra por mes de crecimiento, en el Ingenio La Grecia, Choluteca. Honduras. 2008.....	21
8. Rangos máximos y mínimos de los nutrientes (Fe, Mn, Zn, B y Cu) en partes por millón (ppm) en la planta entre los tres tercios de zafra por mes de crecimiento, en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	21
9. Fraccionamiento de la dosis de fertilizante para el primer tercio de zafra del cultivo de caña de azúcar CP-722086, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	33
10. Fraccionamiento de la dosis de fertilizante para el segundo tercio de zafra del cultivo de caña de azúcar CP-722086, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	34
11. Fraccionamiento de la dosis de fertilizante para el tercer tercio de zafra del cultivo de caña de azúcar CP-722086, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	34
12. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el Primer tercio de zafra, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	35
13. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el segundo tercio de zafra,	

en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	35
14. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el tercer tercio de zafra, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	35
15. Cantidad de nutriente extraído, en los tres tercios de zafra, según el mes de corte, en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	36
16. Consumo de nutrientes por tonelada de caña en los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 de caña de azúcar en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	36

Figura	Página
1. Comportamiento de la precipitación para el año 2007 y 2008 para la zona Choluteca, Honduras (Fuente estación meteorológica: 787240 (MHCH)).....	3
2. Acumulación de materia seca (MS) de raíz, tallo, hoja y total del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	10
3. Crecimiento basado en la longitud de tallo mensual, para el tercio de zafra I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	11
4. Número de entrenudos por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	11
5. Longitud de entrenudo superior mensual, para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008...	12
6. Longitud de entrenudo medio mensual, para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008..	12
7. Longitud de entrenudo inferior por mes , para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008...	13
8. Crecimiento del diámetro del entrenudo superior (DES), medio (DEM) e inferior (DEI) mensual, para los tres tercios de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	13
9. Número de hojas verdes por planta por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	14
10. Número de hojas secas por planta por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	14
11. Porcentaje de N en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	16
12. Porcentaje de K en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	16
13. Porcentaje de Mg en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad	

CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	17
14. Porcentaje de P en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	17
15. Porcentaje de Ca en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	18
16. Porcentaje de Cu en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	18
17. Concentración en partes por millón (ppm) de Mn en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	19
18. Concentración en partes por millón (ppm) de B en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	19
19. Concentración en partes por millón (ppm) de Fe en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	20
20. Concentración en partes por millón (ppm) de Zn en la hoja por mes para los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	20
21. Absorción de nitrógeno (N) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	22
22. Absorción de nitrógeno (N) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	23
23. Absorción de fósforo (P) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	23
24. Absorción de fósforo (P) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	24
25. Absorción de potasio (K) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	25
26. Absorción de potasio (K) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	25
27. Absorción de calcio (Ca) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	26
28. Absorción de calcio (Ca) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	26
29. Absorción de magnesio (Mg) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	27

30. Absorción de magnesio (Mg) en porcentajes para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	27
31. Absorción de hierro (Fe) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	28
32. Absorción de hierro (Fe) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	29
33. Absorción de manganeso (Mn) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	29
34. Absorción de manganeso (Mn) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	30
35. Absorción de cobre (Cu) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	30
36. Absorción de cobre (Cu) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	31
37. Absorción de zinc (Zn) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	31
38. Absorción de zinc (Zn) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	32
39. Absorción de Boro (B) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	32
40. Absorción de boro (B) en porcentaje para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP- 722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	33

Anexo	Página
1. Análisis de suelo del primer tercio de zafra para los meses 1, 5 y 10 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.....	40
2. Análisis de suelo del segundo tercio de zafra para los meses 1, 5 y 10 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	41
3. Análisis de suelo del tercer tercio de zafra para los meses 1, 5 y 10 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	41
4. Análisis foliar del primer tercio de zafra del mes 1 al 11 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	42
5. Análisis foliar del segundo tercio de zafra del mes 1 al 10 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	43
6. Análisis foliar del segundo tercio de zafra del mes 1 al 11 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.....	44

INTRODUCCIÓN

El azúcar constituye, desde hace cientos de años uno de los componentes más importantes y universalmente utilizados de la dieta humana. Su importancia viene dada en su aporte energético a bajo costo, en combinación con su capacidad de endulzar (Empresas Azucareras Agrarias 2007).

El cultivo de la caña de azúcar representa un importante factor de desarrollo en la economía del país, en donde más de 25 mil personas se benefician en forma directa del cultivo de este rubro y 100 mil de forma indirecta. Pagos en concepto de planillas arriba de los 300 millones de lempiras al año (15.8 millones de dólares/año) (SAG 2007).

La temperatura para la caña oscila entre 22 y 30°C, pero puede desarrollarse entre 15 y 35°C, durante el período de cosecha tolera entre 10 a 20°C. Además, el cultivo requiere de 1500 a 2500 mm de agua para su crecimiento y necesita días cortos para su floración (Landon 1991).

El Ingenio azucarero La Grecia, es una compañía dedicada a la explotación del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), ubicada en la zona sur de Honduras en el departamento de Choluteca, a 25 msnm, actualmente administra cerca de 15 mil hectáreas en 85 fincas, en un 95% con la variedad la CP-722086, que es la que mejor se adapta a las condiciones del sitio, y por lo tanto es la variedad de interés para conocer el comportamiento que tiene al momento de absorber los nutrientes del suelo.

Las curvas de absorción son instrumentos que brindan los datos más cercanos a lo que consume un cultivo durante su ciclo de vida. Por lo tanto sirven para conocer la cantidad mínima requerida por un cultivo que persigue determinado rendimiento. Estas curvas sirven para ajustar el programa de fertilización, obtener mayores rendimientos y disminuir los costos en aplicación de fertilizantes y maximizar el uso adecuado de los mismos en el momento requerido por el cultivo (Bertsch 2003).

Una vez se elaboraron las curvas de absorción de nutrientes, se propone un programa de fertilización para la caña, ya que el Ingenio no posee información que de a conocer la cantidad de nutrientes que la planta absorbe en cada una de las etapas fenológicas. Se realizó una curva de absorción para los elementos N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B en cada uno de los meses del ciclo de crecimiento del cultivo.

Conociendo el comportamiento de las curvas de absorción se determinan las épocas de mayor absorción de nutrientes durante el ciclo de crecimiento. Esto a su vez permitir

definir las épocas de aplicación de fertilizantes para maximizar su aprovechamiento (Sancho 2000).

El objetivo principal del estudio fue determinar las curvas de absorción de nutrientes en la variedad CP-722086 para los tres períodos de zafra de la cosecha 2007-2008 del Ingenio La Grecia. Los objetivos específicos de este estudio fueron: determinar la extracción de nutrientes de caña de azúcar de la variedad CP-722086, establecer las épocas o periodos de mayor demanda de cada nutriente y recomendar el programa de fertilización más apropiado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El ensayo se realizó en tres fincas del Ingenio Azucarero La Grecia (Santa Mónica, Santa Elena y La Grecia), las mismas tienen condiciones similares de suelo, riego y programa de fertilización, durante todo el ciclo del cultivo que comprende 12 meses. La Grecia está ubicada al sur de Honduras, a 50 km de la Ciudad de Choluteca en el Municipio de Marcovia, departamento de Choluteca, a 25 msnm.

Clima

Las temperaturas oscilaron entre 24 y 33°C con precipitaciones promedio de 1,721 mm/año. Los meses de mayor precipitación son mayo, julio, agosto y octubre y los meses con mayor temperatura fueron marzo, abril y diciembre del año 2007 (Figura 1).

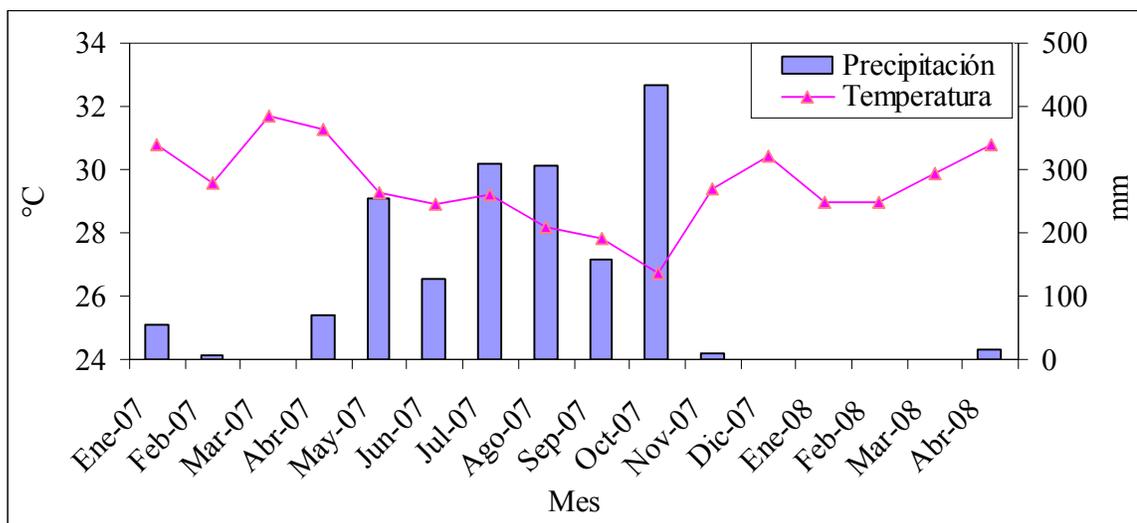


Figura 1. Comportamiento de precipitación y temperatura por mes para el año 2007 y 2008 para la zona Choluteca, Honduras (Fuente estación meteorológica: 787240 (MHCH)).

Cultivo

El cultivo estudiado fue caña de azúcar, variedad CP-722086, sembrada en doble hilera a 1.5 m entre surco y 0.90 m entre hilera; con una población esperada de 100,000 tallos por hectárea al final del ciclo. En las tres fincas la caña era de primera soca. Cada finca se seleccionó con base en el rendimiento y fechas de siembra correspondiente a un tercio de zafra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fincas seleccionadas por los mejores rendimientos para determinar las curvas de absorción de nutrientes, en el Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercio de zafra	Finca	Código de la finca	Área (mz)	Toma de datos
I	La Grecia	HF075	97	Feb-07 a Dic-07
II	Santa Elena	HF055	153	Mar-07 a Dic-07
III	Santa Mónica	HF076	130	Abr-07 a Feb-08

Suelo

El Ingenio La Grecia agrupa las fincas de acuerdo a las propiedades físicas y químicas de sus suelos, para facilitar el manejo de las mismas. En las tres fincas seleccionadas el suelo posee una textura franco arcilloso.

Se realizó la caracterización física de los suelos de cada finca mediante una calicata (1 m × 1 m) por área experimental donde se describieron las características de profundidad, textura, color, resistencia a la penetración, estructura, consistencia, poros, raíces y límite entre horizontes. Se tomaron muestras de suelo, en cada una de las parcelas para su análisis químico al comienzo del ciclo, en el mes quinto y al final de la investigación.

En cada muestra de suelo se analizó el contenido de materia orgánica por el método de Walkley & Black; nitrógeno se calculó como el 5% de la materia orgánica; pH, suelo agua en relación 1:1; K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, solución extractora Mehlich 3, P y B determinados por colorimetría y los demás elementos por absorción atómica, textura por el método de Bouyoucus y se interpretaron los resultados con rangos de suficiencia de M.O, N, P y microelementos y por saturación de K, Ca, Mg y Na.

Riego

Las tres fincas tenían un sistema de riego por goteo en doble hilera.

Fertilización

En las tres fincas se aplicó (NPK), La Grecia (150-0-130 kg/ha), Santa Elena (194-33-130 kg/ha), Santa Mónica (150-0-96 kg/ha). Como fuente de N se utilizó Urea (0-46-0), para P se usó MAP (Fosfato Monoamónico), el cual contiene (12-61-0) y como fuente de K, el KCl (Cloruro de potasio), éste contiene (0-0-60) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Plan de fertilización del ciclo del cultivo de caña de azúcar, con Urea, MAP (Fosfato Monoamónico) y KCl (Cloruro de potasio) en la variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Finca	Código	Área (ha)	qq/ha		
			Urea	MAP	KCl
Santa Elena	HF055	108	9	3	6
Santa Mónica	HF076	92	7		4
La Grecia	HF075	68	7		6

Procedimiento para la determinación de las curvas de absorción de nutrientes.

A) Se seleccionó la variedad de caña de azúcar CP-722086.

B) Se seleccionaron las fincas con los mejores rendimientos (La Grecia, Santa Mónica y Santa Elena) basados en registros históricos. Cada finca se seleccionó de acuerdo a las fechas de siembra asegurando tuvieran un mes de diferencia en cada tercio de zafra. Se delimitaron tres parcelas por finca como repeticiones. El área de muestreo fue 30×54 m de acuerdo a la disposición de los surcos para asegurar 24 surcos en la parcela de los cuales 12 fueron de muestreo alternando con los demás; seleccionando en cada mes un surco alterno al azar para la toma de muestras.

C) Se determinó la población con base al número de tallos/m obtenidos en cada muestreo, se calculó la población en número de tallo por hectárea en cada mes y en cada parcela (tercio de zafra). Los resultados mostraron alta variabilidad de las poblaciones en cada parcela por lo que fue necesario ajustar los datos mediante una ecuación para cada tercio para predecir la población por mes por finca. Con cada ecuación se calculó la población/mes para cada finca y los datos obtenidos de las ecuaciones de cada finca se promediaron para unificar las poblaciones y tener una población de plantas por hectárea por mes igual en los tres tercios.

D) Recolección mensual de datos en cada una de las repeticiones. Se seleccionaron 12 surcos, para el ciclo del cultivo de 12 meses. En cada toma de datos, se seleccionó al azar.

E) Se midieron los siguientes parámetros en el campo: número de entrenudos, diámetro de entrenudo superior, medio e inferior, longitud de entrenudo superior, medio e inferior, número de hojas secas y hojas verdes, número de tallos por metro y longitud de tallo desde el primer entrenudo inferior hasta el último entrenudo superior.

F) Se tomó el peso fresco de raíz, tallo y hoja de la planta extrapolando la información a la hectárea.

G) Se exprimieron los tallos colectados en un trapiche movido por un motor eléctrico. En el jugo se midió grados Brix, Pol y pureza y se llevó una muestra de 400 ml al laboratorio de suelos de Zamorano para análisis del contenido de nutrientes el N fue

analizado por Kjeldhal, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn por absorción atómica y B y P por espectrofotometría.

H) Del total de cada parte de la planta se tomó el 25%, se secó en un horno industrial a 105°C por cinco días para determinar el contenido de humedad por diferencia de peso y calcular el contenido de materia seca de raíz, tallo y hoja.

I) Se molieron la raíz, tallo y hoja por separado en un molino industrial Wiley, luego se llevaron al laboratorio de suelos.

J) Se preparó una mezcla homogénea proporcional en peso seco de raíz, tallo y hojas por cada muestra (30 g).

K) De nuevo se molieron 5g de cada muestra en un molino Wiley para obtener una partícula más fina para el análisis químico de tejido.

L) Determinación de N por el método de Kjeldhal, K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn y B todos fueron extraídos por digestión húmeda con H_2SO_4 y H_2O_2 y analizados por absorción atómica, excepto B y P que fueron por espectrofotometría.

M) Basado en el volumen de jugo/tallo se determinaron los nutrientes contenidos en el jugo. El contenido total de nutrientes/tallo se calculó por la suma de los mismos en materia seca y jugo de esta forma se obtuvo los nutrientes por tallo. Con éstos datos se obtuvo la cantidad de nutriente acumulado en el cultivo/mes/ha. Para obtener la extracción neta de nutriente en cada mes se restó el último nutriente extraído por mes del anterior y sucesivamente durante todo el período. Esta metodología se usó para determinar los nutrientes extraídos.

N) Por medio de la cantidad de biomasa de los tallos en el último mes del ciclo del cultivo, fue posible calcular la producción para cada uno de los tercios de zafra.

Ñ) Con base en la producción final para cada tercio se determinó la cantidad de nutrientes necesarias para producir una tonelada de caña de azúcar.

O) Con el programa estadístico MINITAB®, se determinaron las ecuaciones de predicción de absorción de cada nutriente por tercio para cada mes del ciclo del cultivo.

Biodisponibilidad de nutrientes

Se determinó la matriz de biodisponibilidad comparando entre sí los datos de fertilidad del suelo con las concentraciones de nutrientes foliares en el quinto mes, categorizándolos en bajo, medio y alto.

Contenido foliar de nutrientes

Cada mes se tomó muestras de la hoja madura más joven, correspondiente a la primera hoja por debajo de la hoja bandera se análisis para determinar el contenido de nutrientes.

Variables Determinadas

Agronómicas

- Longitud mensual de cada tallo del metro muestreado en cada subparcela, tomando como constante superior el último nudo y la base del tallo.
- Número de tallos por metro muestreado.
- Número de hojas verdes por planta.
- Número de hojas secas por planta.
- Peso húmedo y seco de hoja, raíz y tallo del mes uno a doce de crecimiento del cultivo.
- Longitud de entrenudo inferior, medio y superior de cada uno de los tallos de la planta.
- Diámetro de entrenudo inferior, medio y superior de cada uno de los tallos de cada planta.
- Número de entrenudos de cada tallo.
- Análisis foliar en cada mes de muestreo.
- Concentración de nutrientes/planta por sumatoria de hojas, raíz y tallo mezcladas proporcionalmente de acuerdo al peso seco en cada uno de los meses de crecimiento del cultivo.
- Concentración de nutrientes en el jugo de los tallos del mes uno a doce de crecimiento del cultivo.
- Tonelaje por hectárea al final del ciclo del cultivo por tercio de zafra.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el estudio se utilizó un DCA, con tres tratamientos y cuatro repeticiones, cada tratamiento representa una finca.

Se estimó una regresión lineal para determinar las ecuaciones de cada nutriente por tercio de zafra por medio del programa MINITAB®.

Las variables agronómicas se analizaron con el programa Statistical Analysis System V.2007® (SAS 2007). Se realizó la separación de medias con el modelo LSD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SUELO

En la finca La Grecia (tercio I) los suelos fueron suelos francos y francos arenosos, se observó que los rangos de pH oscilan entre 6.1 (medio) hasta 7.9 (alto), con la materia orgánica en su mayoría baja con rango entre 1.3 a 3.1%, el N en general está bajo entre 0.07 a 0.15% y el K está entre 1.5% de saturación (bajo) a 4.2% (medio). En la finca Santa Elena (tercio II) se encontró texturas francas, franca arenosas y franca limosas, el pH con un rango entre 7.6 y 8.6 (alto), la materia orgánica entre media a baja con un rango entre 0.7 a 2.8% y el K bajo con rangos entre 1.1 a 2.1% de saturación. En la finca Santa Mónica (tercio III) se encontraron suelos con texturas francas, franca arcillosa y franco arcillo limoso, rangos de pH entre 7.1 (medio) a 8.1 (alto), la materia orgánica con un rango entre 2.1 a 3.3% (media), N bajo con valores entre 0.1 y 0.2% y el K de medio a bajo con un rango entre 1.2- 3.1% de saturación. Se observó diferencia en el contenido entre los diferentes meses muestreados (Anexo1, 2 y 3).

POBLACIÓN

La población muestra alta variabilidad entre fincas. Las ecuaciones que se obtuvieron por tercio para predecir la población fueron: primer tercio $y = -15390 x + 241357$; segundo tercio $y = -8393x + 200320$ y tercer tercio $y = -10175 x + 172938$, donde $y =$ tallos/ha y $x =$ mes de crecimiento. La población inició con 182,233 tallos/ha al mes dos y finalizó al mes once con 66,540 tallos/ha (Cuadro 3).

MATERIA SECA

No hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los tercios de zafra en la cantidad de raíz, tallo y hoja (Cuadro 4).

Cuadro 3. Población (plantas/ha) para los tres tercios de zafra, en campo, corregidos por medios de la ecuación y promedio de los tres tercios. Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	Tallo/ha						Promedio
	Campo			Corregido			
	Tercio I	Tercio II	Tercio III	Tercio I	Tercio II	Tercio III	
2	237.209	169.157	163.881	210.577	183.534	152.588	182.233
3	206.099	194.433	143.881	195.187	175.141	142.413	170.914
4	221.654	194.433	213.877	179.797	166.748	132.238	159.594
5	178.879	126.382	112.771	164.407	158.355	122.063	148.275
6	112.771	174.990	114.716	149.017	149.962	111.888	136.956
7	128.326	202.211	116.660	133.627	141.569	101.713	125.636
8	186.656	126.382	104.994	118.237	133.176	91.538	114.317
9	97.217	132.215	85.551	102.847	124.783	81.363	102.998
10	81.662	104.994	153.602	87.457	116.390	71.188	91.678
11	116.660		52.497	72.067		61.013	66.540

Cuadro 4. Acumulación de materia seca de raíz, tallo, hoja y total (g/planta) para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercio de zafra	Raíz	Tallo	Hoja	Total
I (La Grecia)	38.0a	151.7a	52.3a	242.0a
II (Santa Elena)	31.0a	147.5a	59.3a	237.8a
III (Santa Mónica)	35.6a	151.1a	53.0a	246.8a

a: Medias en la misma columna con letras diferentes difieren entre sí (P<0.05).

La curva de crecimiento de la planta, expresada en g de materia seca por planta en cada mes de crecimiento, indica que la mayor acumulación de materia seca ocurre entre los meses seis a once del cultivo. El tallo aportó la mayor cantidad de MS (50%) seguido por la raíz (38%) y por la hoja (22%) (Figura 2).

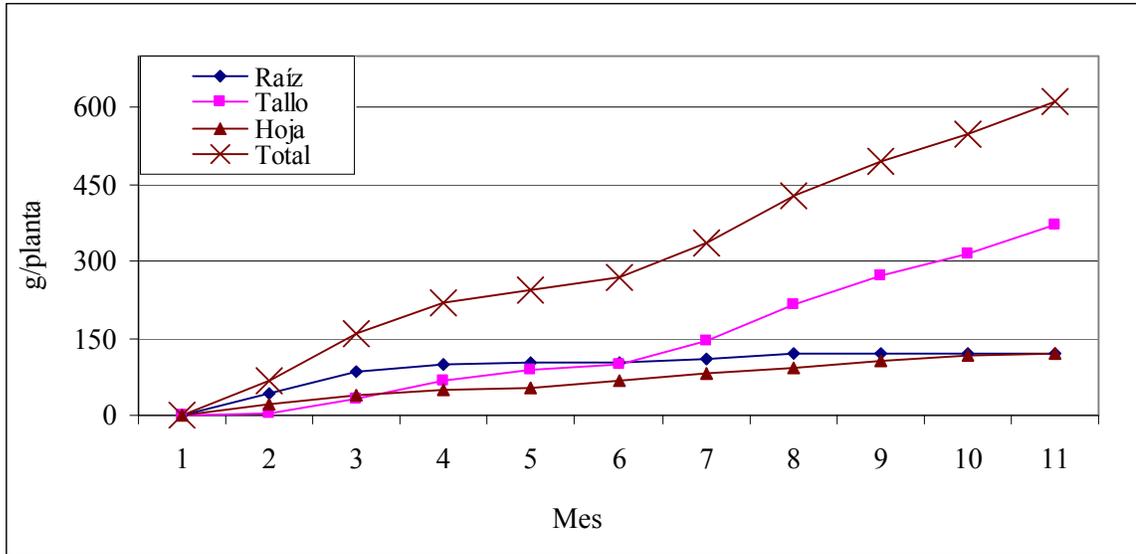


Figura 2. Acumulación de materia seca (MS) de raíz, tallo, hoja y total del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

VARIABLES AGRONÓMICAS

No hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los Tercios I y III, pero sí con el II en Longitud tallo (LT) y longitud de entrenudo medio (LEM). Hubo diferencia ($P < 0.05$) entre los tres tercios en las variables longitud de entrenudo superior (LES) y longitud de entrenudo inferior (LEI), favorable siempre al tercio II; en cuanto a los diámetros de los entrenudos (superior, medios e inferior) no hubo diferencia ($P < 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables agronómicas para los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio la Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercios de zafra	cm						
	LT	LES	LEM	LEI	DES	DEM	DEI
I (La Grecia)	2.0b	8.2c	12.2b	7.9c	2.1a	2.5a	2.4a
II (Santa Elena)	2.3a	10.4a	14.4a	11.8a	2.1a	2.5a	2.5a
III (Santa Mónica)	1.9b	9.3b	12.2b	9.1b	2.9a	2.5a	2.6a

a: Medias en la misma columna con letras diferentes difieren entre sí ($P < 0.05$).

L: Longitud, T: Tallo, E: Entrenudo, S: Superior, M: Medio, I: Inferior y D: Diámetro

Longitud del tallo

No hubo diferencia ($P < 0.05$) en el crecimiento del tallo entre el tercio I y III; el tercio II fue el que tuvo el mayor crecimiento del tallo, siendo éste mayor entre los meses uno al cuatro del ciclo del cultivo (Figura 3).

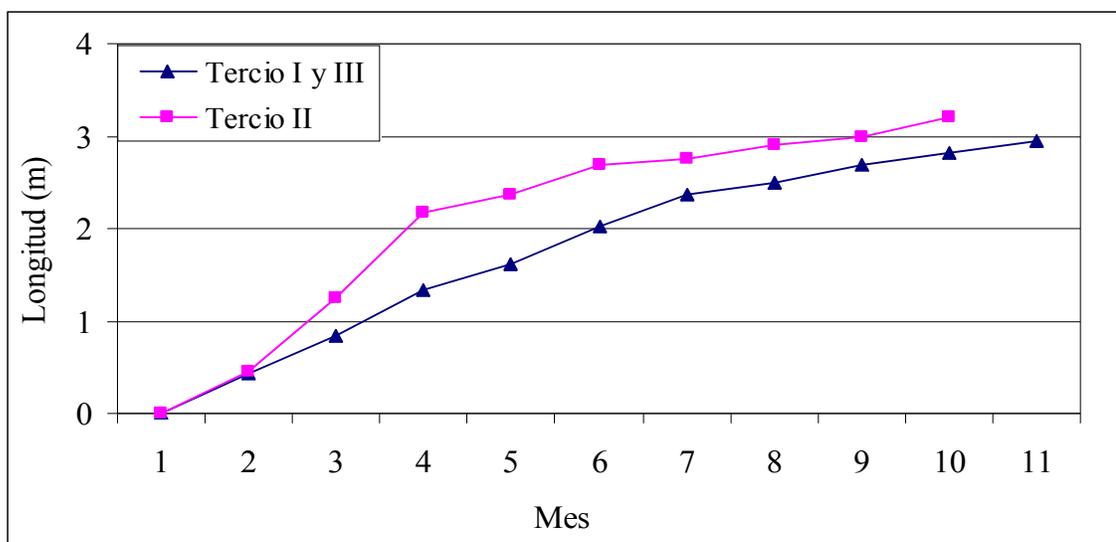


Figura 3. Crecimiento basado en la longitud de tallo, para el tercio de zafra I, II y III en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Número de entrenudos

Al final del ciclo, el Tercio I presentó mayor cantidad de entrenudos (figura 4).

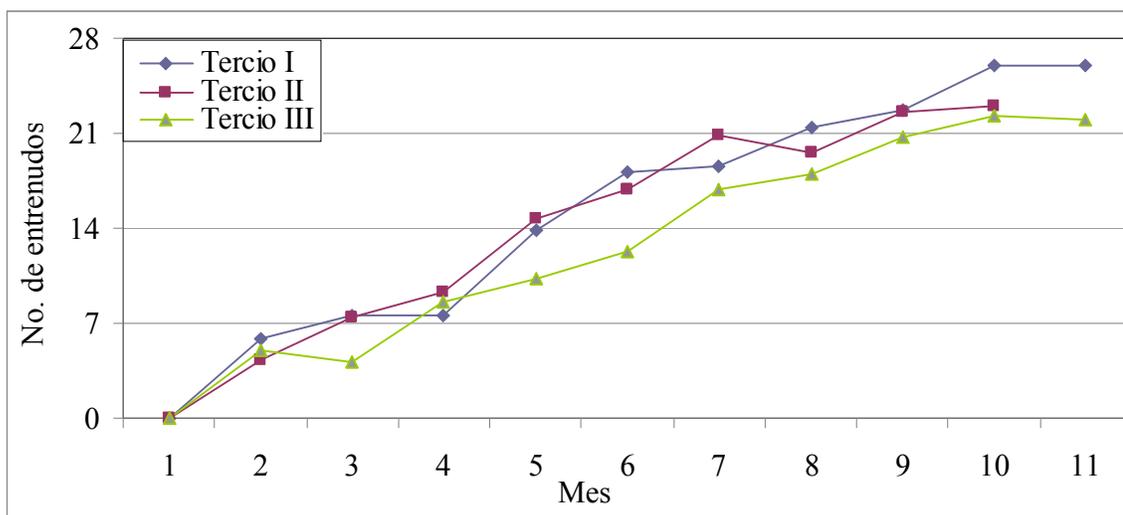


Figura 4. Número de entrenudos por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Longitud de entrenudo superior

Hubo diferencia significativa en los tercios de zafra I, II y III, cada uno de ellos tuvo un crecimiento diferente en todo el ciclo del cultivo, el segundo tercio mostró mayor crecimiento comparado con los otros dos tercios y el primero presentó el menor crecimiento durante todo el ciclo de cultivo (Figura 5).

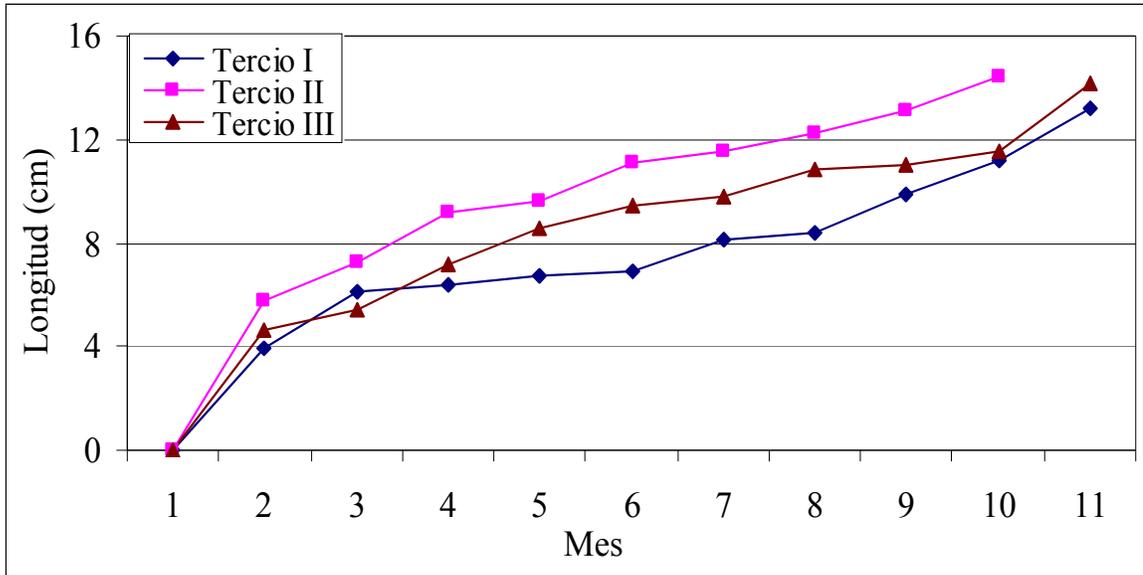


Figura 5. Longitud de entrenado superior, para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Longitud de entrenado medio

No hubo diferencia ($P < 0.05$) entre el tercio I y III. El tercio II fue el que tuvo un mayor crecimiento desde el mes uno al cuatro y en adelante disminuyó el crecimiento, en los tercios I y III su mayor crecimiento fue del primero al segundo mes, después el crecimiento fue menor (Figura 6).

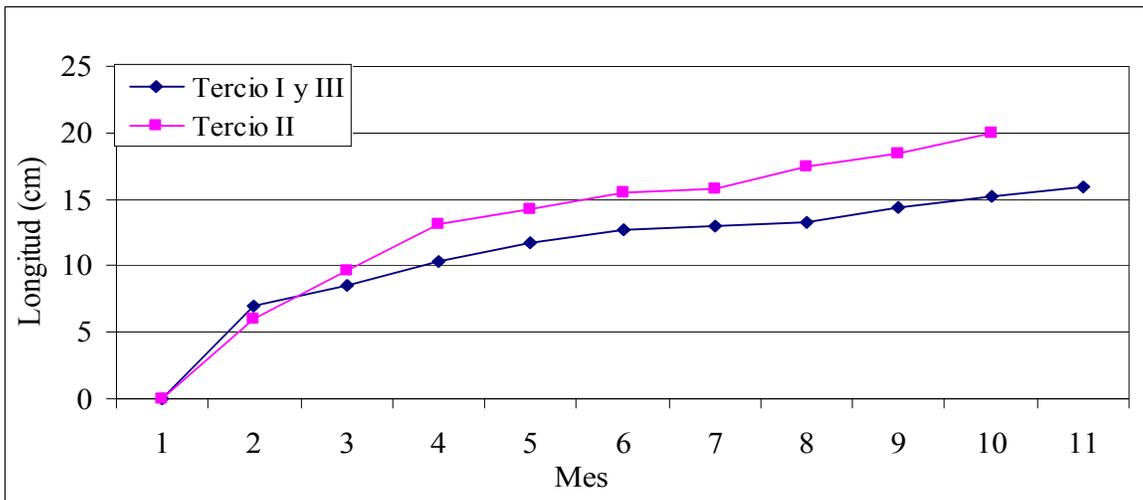


Figura 6. Longitud de entrenado medio, para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Longitud de entrenado inferior

Hubo una diferencia ($P < 0.05$) en este parámetro entre los tres tercios de zafra. Durante el tercio II creció más en comparación a los otros dos tercios de zafra (Figura 7).

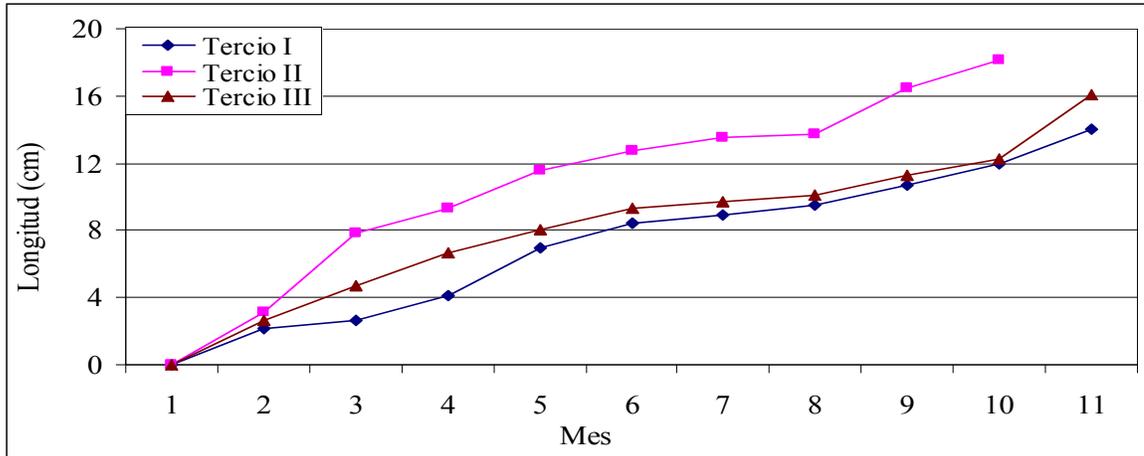


Figura 7. Longitud de entrenado inferior por mes para el tercio I, II y III de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Diámetro de entrenado superior, medio e inferior

Durante el ciclo del cultivo no hubo diferencia ($P < 0.05$), en las tres variables: diámetro de entrenado superior, medio e inferior (DES, DEM y DEI) en los tres tercios de zafra. El entrenado superior tiene un menor diámetro en comparación con los entrenados medio e inferior (Figura 8).

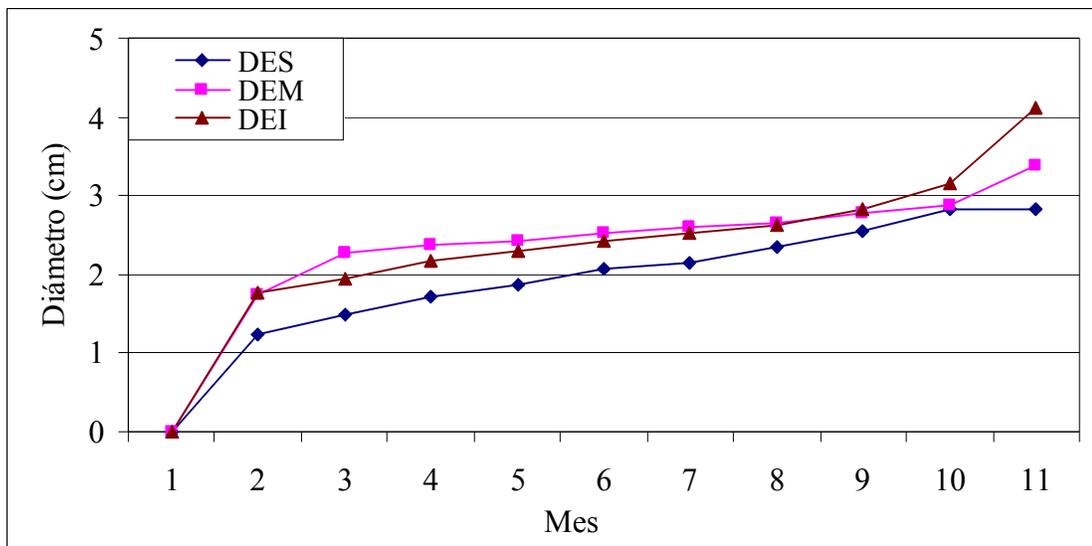


Figura 8. Crecimiento del diámetro del entrenado superior (DES), medio (DEM) e inferior (DEI), para los tres tercios de zafra en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Hojas verdes

La mayor acumulación de hojas en los tres Tercios fue en los primeros cuatro meses del ciclo del cultivo (Figura 9).

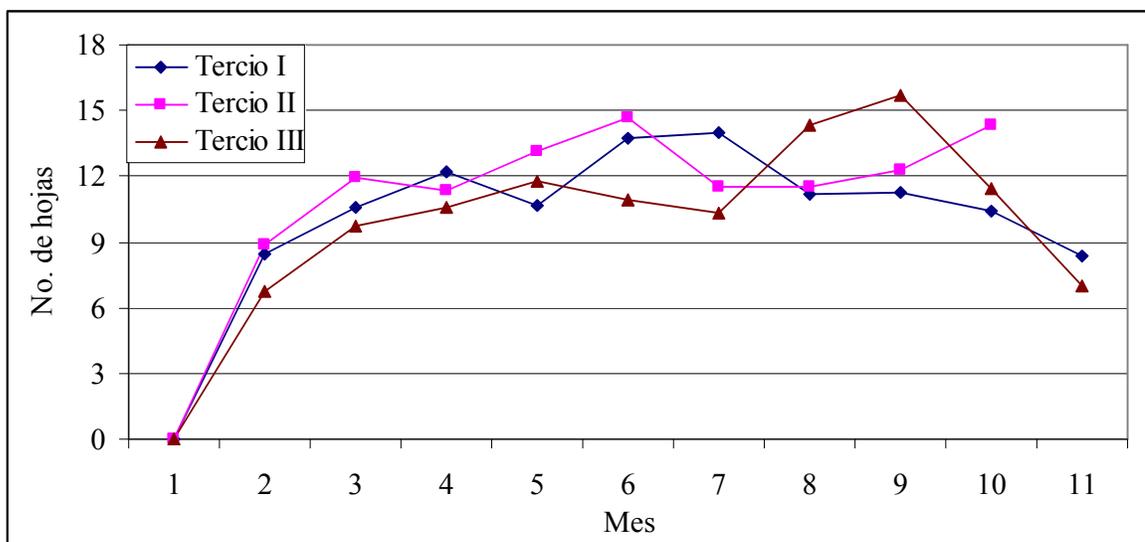


Figura 9. Número de hojas verdes por planta por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Hojas secas

La acumulación de hojas secas es inversa con las hojas verdes en los primeros meses y al final del ciclo del cultivo (Figura 10).

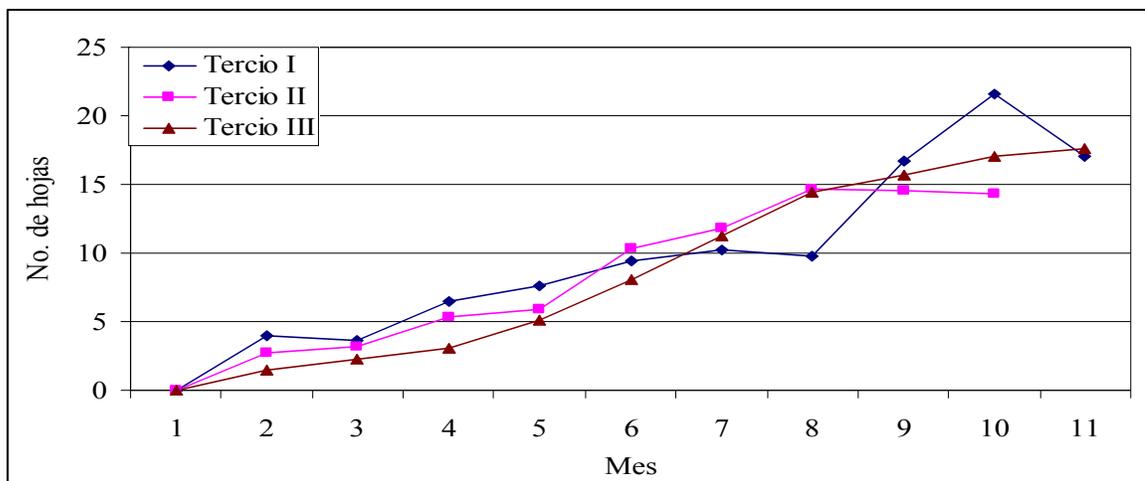


Figura 10. Número de hojas secas por planta por mes de crecimiento del cultivo de caña de azúcar de la variedad CP-722086 en Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

Con los análisis foliares de cada tercio de zafra, fue posible determinar la disponibilidad de cada uno de los nutrientes durante todo el ciclo del cultivo y de esta forma establecer la matriz de biodisponibilidad, considerando los nutrientes presentes en el suelo y los presentes en la planta.

Biodisponibilidad de nutrientes

El N fue bajo en el suelo y en la planta. P, K, Ca y Zn mostraron niveles medios a bajos en la planta en relación directa con los niveles del suelo. Los niveles foliares Mg, Cu, Mn y Fe fueron medios y no siempre correspondientes a los del suelo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Biodisponibilidad de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe y B para los tres tercios de zafra con las tres repeticiones, en caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercio de zafra	N		P		K		Ca		Mg		Zn		Cu, Mn y Fe		B	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
I (La Grecia)	b	b	m-a	m	b-m	m	m-a	b-m	m	m	a	b-m	a	m	b	m
II (Santa Elena)	b	b	b	b-m	b-m	b	m	m	b	m	a	b-m	a	m	b	m
III (Santa Mónica)	b	b	m-a	b-m	b-m	m	b-m	b-m	m	m	ma	b	a	m	b-m	b-m

S: suelo, F: foliar, a: alta, m: medio, b: bajo

Concentración de elementos en la hoja

Nitrógeno (N), Magnesio (Mg) y Fósforo (P)

N, Mg y P se comportaron de forma similar; generalmente tiende a haber una mayor concentración en los primeros cinco meses y luego disminuye el contenido foliar; manteniéndose hasta el final del ciclo del cultivo. (Figura 11, 12 y 13).

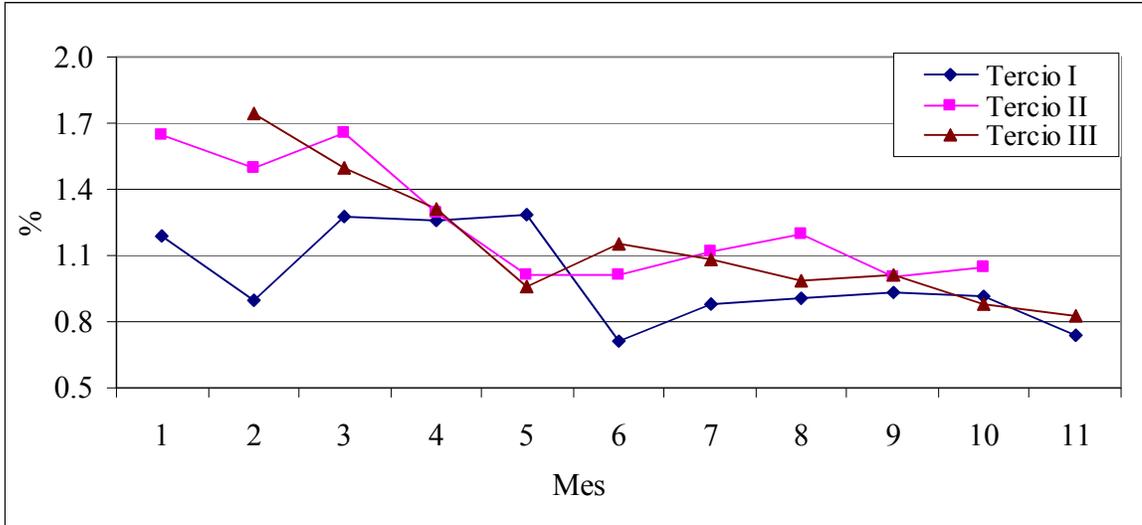


Figura 11. Porcentaje de N en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

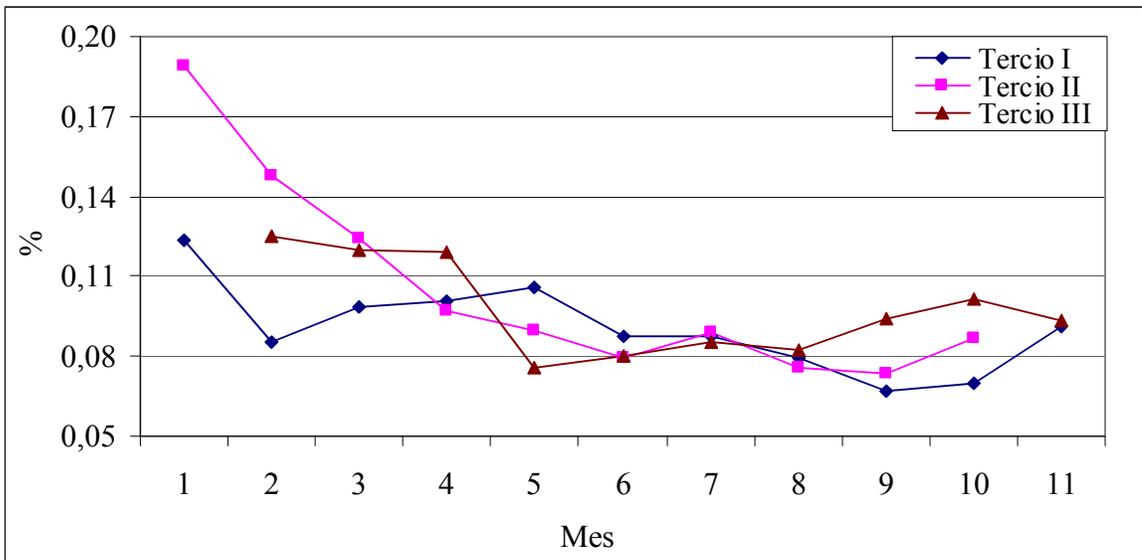


Figura 12. Porcentaje de Mg en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

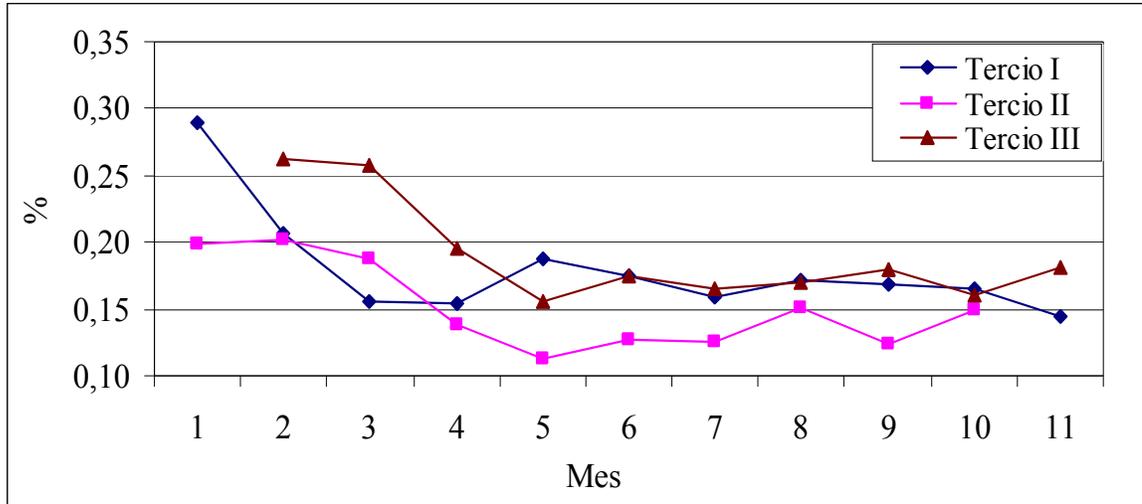


Figura 13. Porcentaje de P en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Potasio (K)

En el primer tercio de zafra se observa la mayor cantidad de K en la hoja en el sexto mes del ciclo del cultivo, luego hay una disminución hasta el noveno mes con un ligero aumento en el décimo. En el segundo tercio desde el tercero al quinto mes se presenta mayor cantidad de K y otro pico en el décimo mes. En el tercer tercio las mayores cantidades se encuentran en el segundo, octavo y décimo mes (Figura 14).

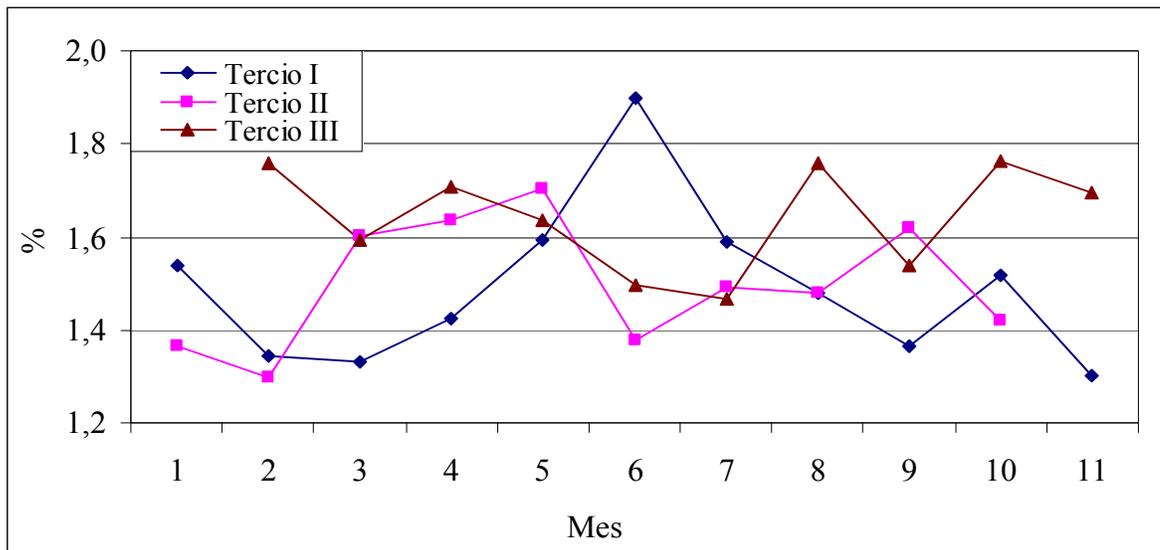


Figura 14. Porcentaje de K en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Calcio (Ca), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn)

Ca, Mn y Zn mostraron la misma tendencia en los tres tercios de zafra: hasta el quinto mes, los niveles son bajos y luego aumentan acumulándose en la hoja (Figuras 15, 16 y 17).

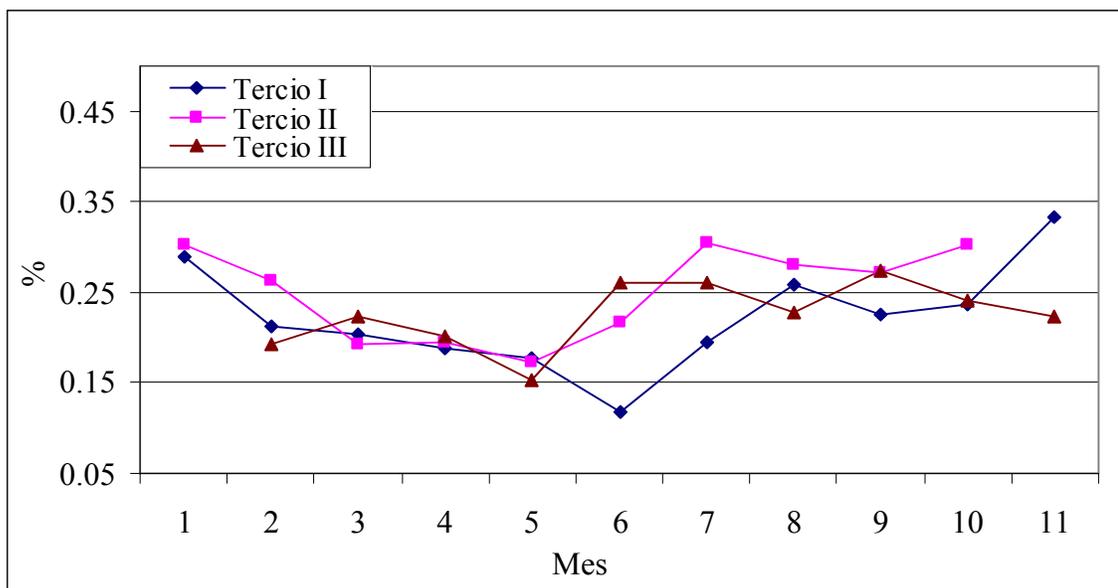


Figura 15. Porcentaje de Ca en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

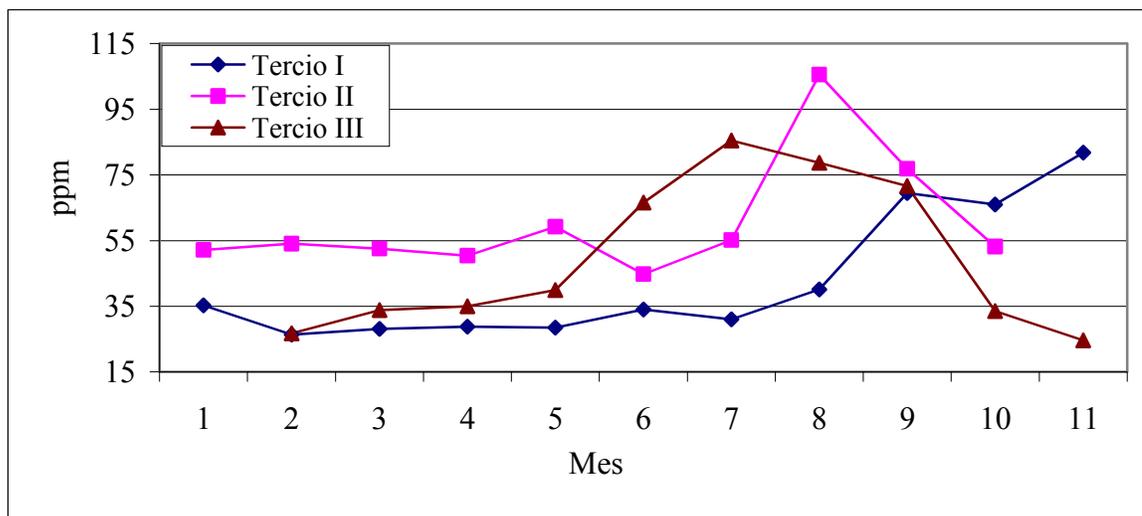


Figura 16. Concentración en partes por millón (ppm) de Mn en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

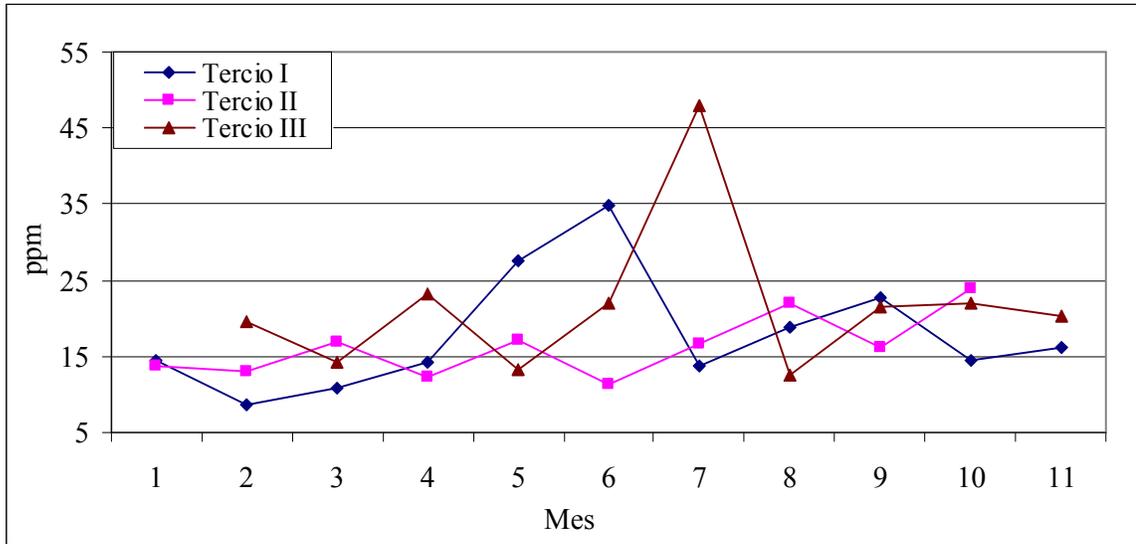


Figura 17. Concentración en partes por millón (ppm) de Zn en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Cobre (Cu)

La cantidad de Cu en la hoja fue diferente en cada los tres tercios de zafra, con la misma tendencia ya que al inicio de cultivo es alta y disminuye luego hasta el séptimo mes, luego tiende a aumentar su nivel. (Figura 18).

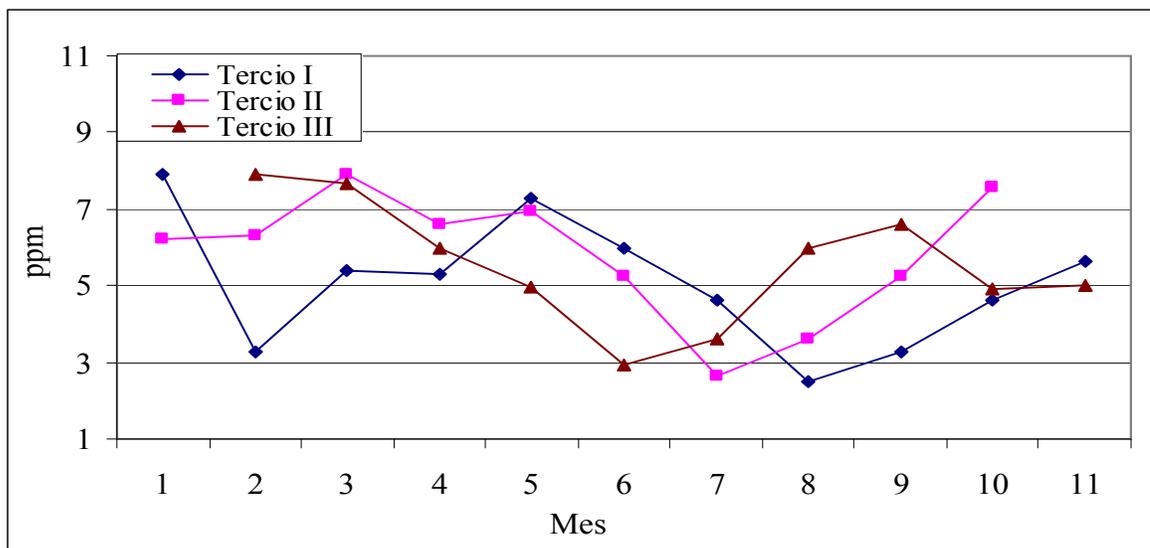


Figura 18. Partes por millón (ppm) de Cu en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Boro (B)

En cada tercio de zafra presentó una concentración diferente en todo el ciclo del cultivo, hay un aumento hasta el séptimo mes y después baja la concentración (Figura 19).

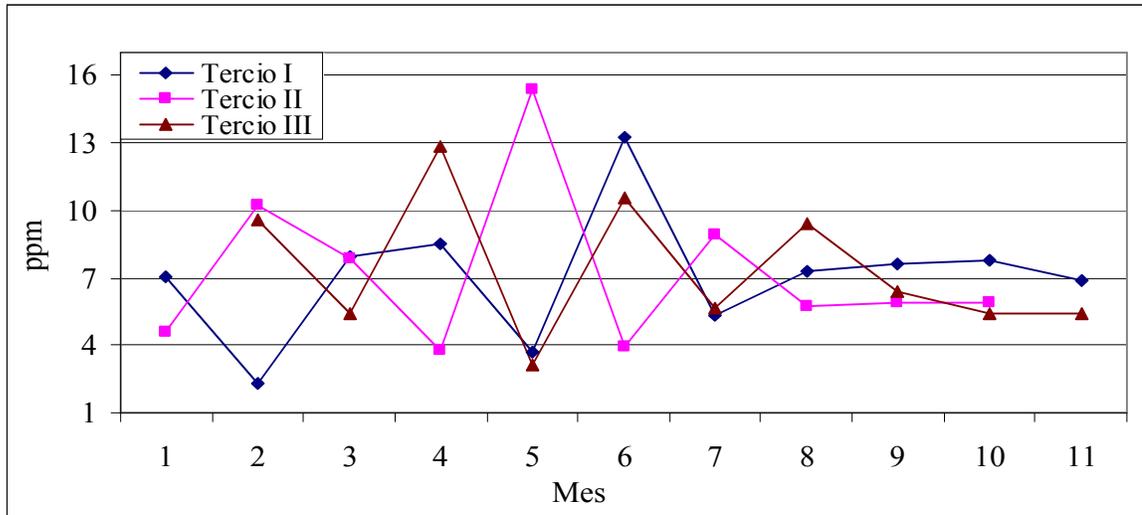


Figura 19. Concentración en partes por millón (ppm) de B en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Hierro (Fe)

En cada tercio este nutriente se presentó en cantidades diferentes en la hoja. El Fe estuvo en mayor cantidad en el segundo mes y tercer tercio, en el primer tercio estuvo en mayor concentración en el octavo mes del ciclo del cultivo (Figura 20).

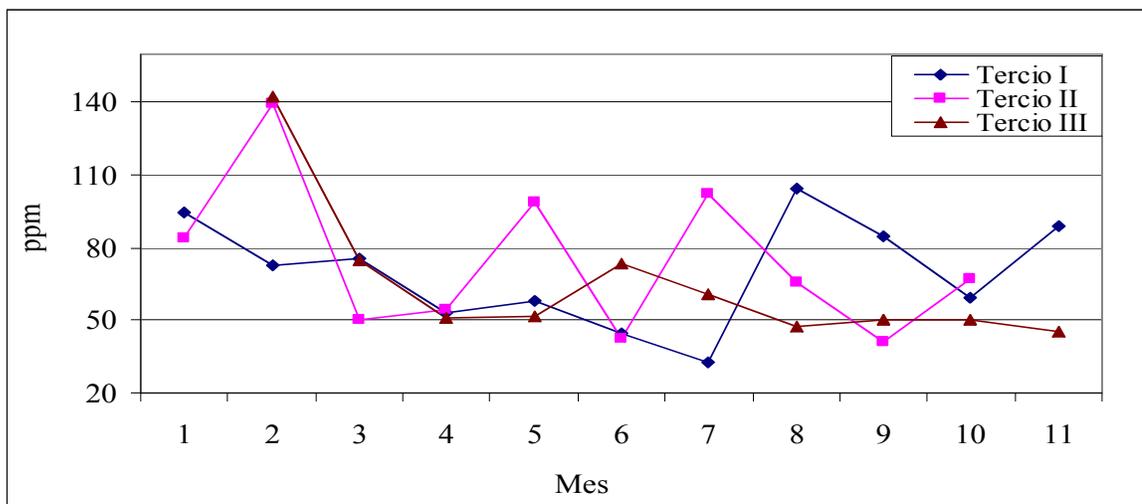


Figura 20. Concentración en partes por millón (ppm) de Fe en la hoja por mes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar en la variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Con estos análisis se establecieron los rangos máximos y mínimos de concentración de cada elemento en porcentaje y en partes por millón, para cada mes de muestreo (Cuadro 7 y 8).

Cuadro 7. Rangos máximos y mínimos de los nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en porcentaje en la hoja de muestro foliaren caña de azúcar en los tres tercios de zafra por mes de crecimiento, en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Mes	N	P	K	Ca	Mg
1	1.19 - 1.65	0.20 - 0.29	1.36 - 1.54	0.29 - 0.30	0.12 - 0.19
2	0.90 - 1.74	0.20 - 0.26	1.30 - 1.76	0.19 - 0.26	0.09 - 0.15
3	1.27 - 1.66	0.16 - 0.26	1.33 - 1.59	0.19 - 0.22	0.10 - 0.12
4	1.26 - 1.31	0.14 - 0.20	1.42 - 1.71	0.19 - 0.20	0.10 - 0.12
5	0.96 - 1.28	0.11 - 0.19	1.60 - 1.70	0.15 - 0.18	0.08 - 0.11
6	0.71 - 1.15	0.13 - 0.17	1.38 - 1.90	0.12 - 0.26	0.08 - 0.09
7	0.88 - 1.12	0.13 - 0.17	1.47 - 1.59	0.19 - 0.30	0.09
8	0.90 - 1.20	0.15 - 0.17	1.48 - 1.76	0.23 - 0.28	0.08
9	0.94 - 1.02	0.12 - 0.18	1.36 - 1.62	0.22 - 0.27	0.07 - 0.09
10	0.88 - 1.05	0.15 - 0.17	1.42 - 1.76	0.24 - 0.30	0.07 - 0.10
11	0.74 - 0.82	0.14 - 0.18	1.30 - 1.69	0.22 - 0.33	0.09

Cuadro 8. Rangos máximos y mínimos de los nutrientes (Fe, Mn, Zn y B y Cu) en partes por millón (ppm) en la hoja de muestreo foliar en caña de azúcar en los tres tercios de zafra por mes de crecimiento, en el Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Mes	Fe	Mn	Zn	B	Cu
1	84 - 94	35 - 52	14 - 15	4 - 7	6 - 8
2	73 - 95	27 - 54	8 - 19	2 - 10	3 - 8
3	50 - 75	28 - 52	28 - 52	5 - 8	5 - 8
4	51 - 54	29 - 50	29 - 50	3 - 12	5 - 6
5	51 - 98	28 - 59	28 - 59	3 - 15	5 - 7
6	42 - 73	34 - 66	34 - 66	4 - 13	3 - 5
7	33 - 90	31 - 85	31 - 85	5 - 9	2 - 4
8	48 - 90	40 - 95	40 - 98	5 - 9	2 - 6
9	41 - 84	69 - 76	69 - 76	5 - 7	3 - 6
10	50 - 67	33 - 66	33 - 66	5 - 7	4 - 7
11	45 - 89	25 - 82	25 - 82	5 - 6	5 - 5

CURVAS DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES

La tendencia de absorción de los nutrientes de caña de azúcar de la variedad CP-722086 tiene un comportamiento diferente en cada uno de los tres tercios de zafra dependiendo del mes de crecimiento, en las figuras 21 a 40 se presenta la tendencia de absorción de nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B, por tercio de zafra.

La acumulación a través del ciclo del cultivo se presenta en líneas continuas en kg/ha y otros nutrientes en g/ha, seguido en forma grafica el porcentaje de absorción de los mismos nutrientes.

N

En los tres tercios de zafra la mayor absorción de N fue al comienzo del cultivo, siendo mayor en los meses 2, 3, 4 y 5), en cuanto a cantidad, el segundo tercio absorbió 371 kg/ha, el primer tercio 260 kg/ha y el tercer tercio 199 kg/ha. Con esta información es más fácil hacer el programa de fertilización, enfocando la fertilización en los meses de mayor extracción (Figura 21).

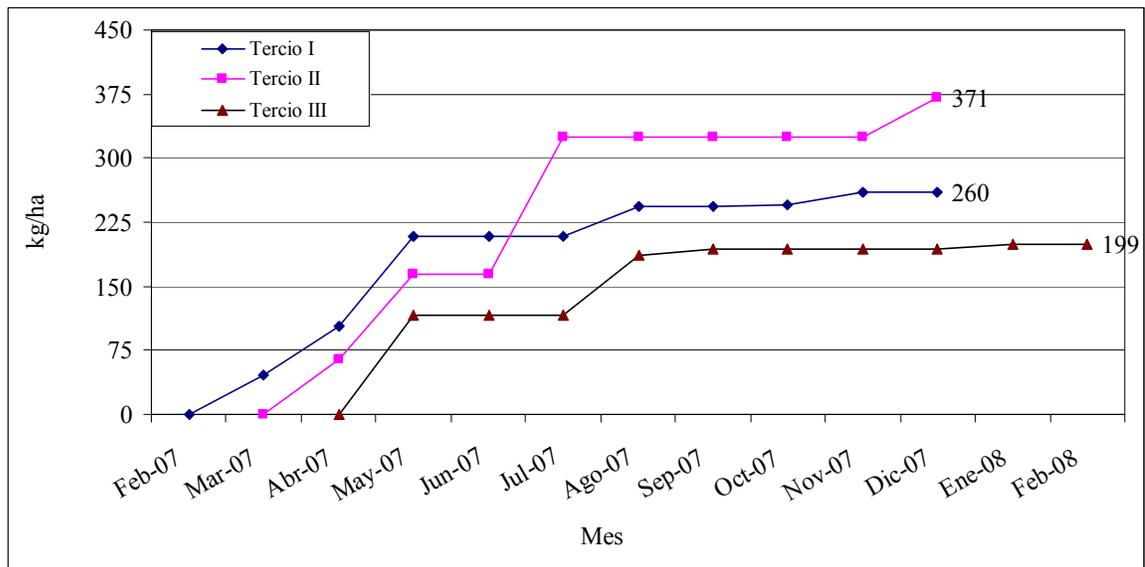


Figura 21. Absorción de nitrógeno (N) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Con las cantidades de N extraído por mes de crecimiento se determinó la absorción en los meses que la planta tuvo más demanda de N.

En los tres tercios de zafra hasta el quinto mes tuvo la mayor parte de la absorción con 80 a 90% del total (Figura 22).

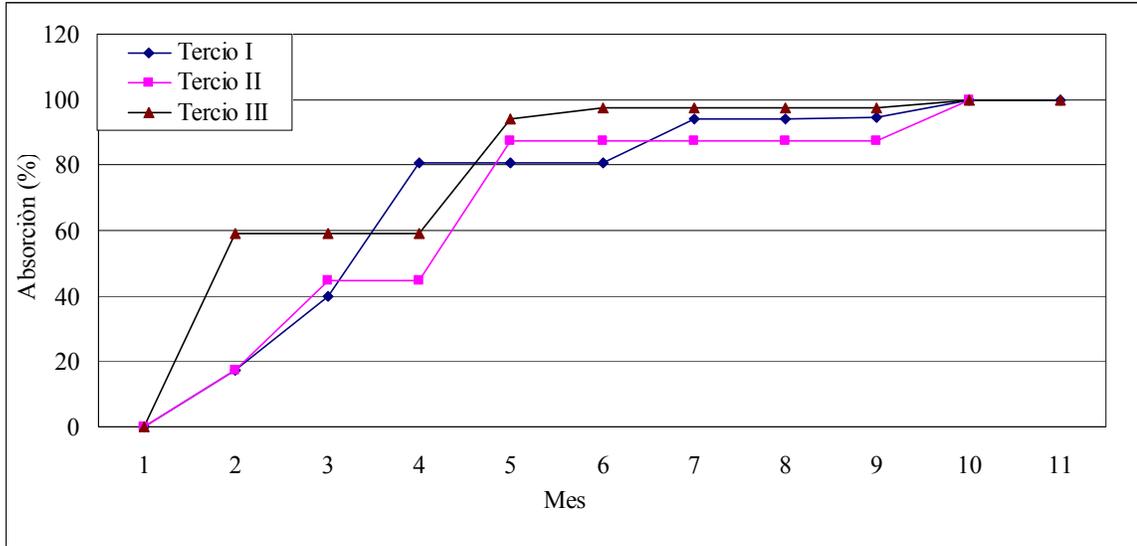


Figura 22. Absorción de nitrógeno (N) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

P

La absorción de P, fue muy similar a la de N, la mayor extracción ocurre en los primeros meses de crecimiento (2, 3, 4, 5 y 6), el tercer tercio presentó la mayor absorción con 80kg/ha, el primer y tercer tercio absorbieron cantidades iguales con 77 kg/ha (Figura 23).

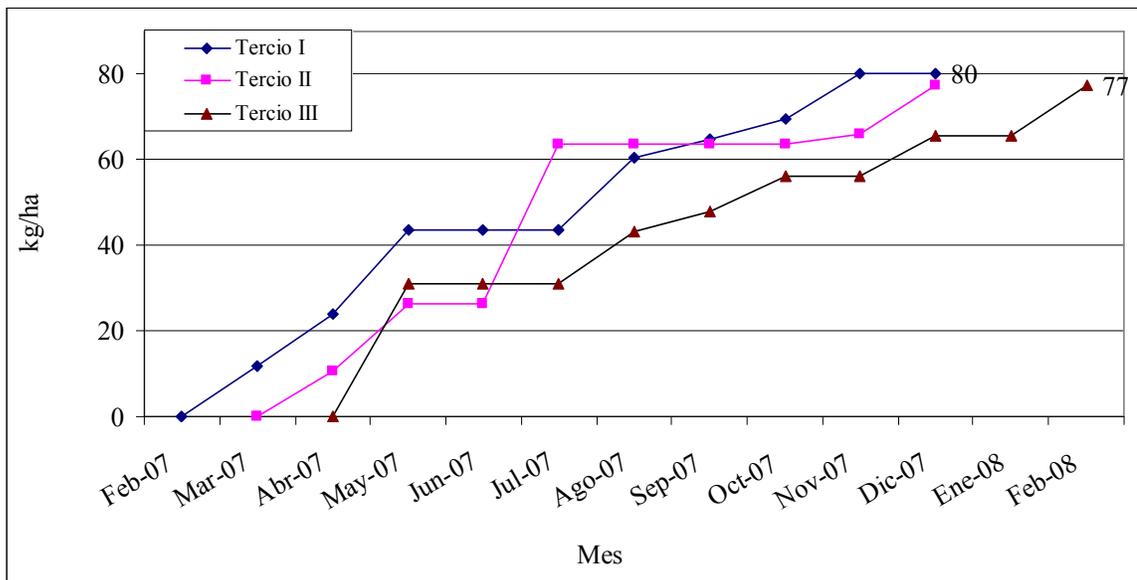


Figura 23. Absorción de fósforo (P) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En cada tercio fue diferente según el mes de crecimiento; en el primer tercio se absorbió el 70% del total hasta el séptimo mes, en el segundo tercio 80% del total hasta el quinto mes. En el tercer tercio el 40% en el segundo mes. (Figura 24).

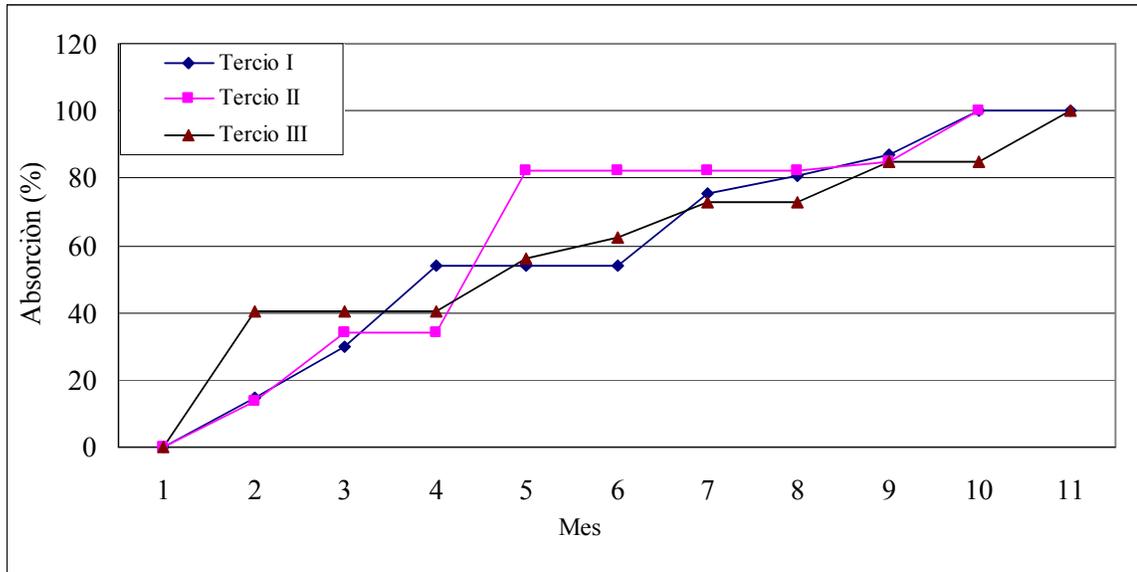


Figura 24. Absorción de fósforo (P) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

K

En los tres tercios de zafra la absorción de K fue similar a la de N y P, siempre en los primeros meses de crecimiento, la plantación en el segundo Tercio absorbió mayor cantidad de K en comparación con los otros dos Tercios 1110 kg/ha, primer Tercio 819 kg/ha y en el tercer tercio 876 kg/ha (Figura 25).

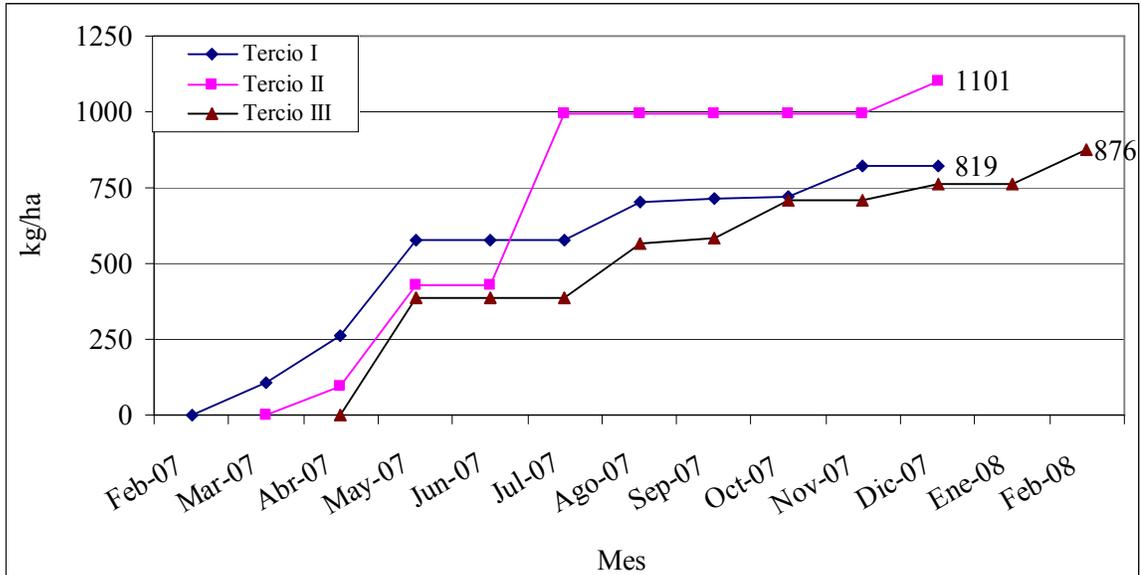


Figura 25. Absorción de potasio (K) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

La absorción fue mayor en el primer tercio, absorbió un 70% del total en los primeros cuatro meses del ciclo del cultivo, en el segundo tercio el 90 % hasta el quinto mes y el tercer tercio 80% hasta el sexto mes. (Figura 26).

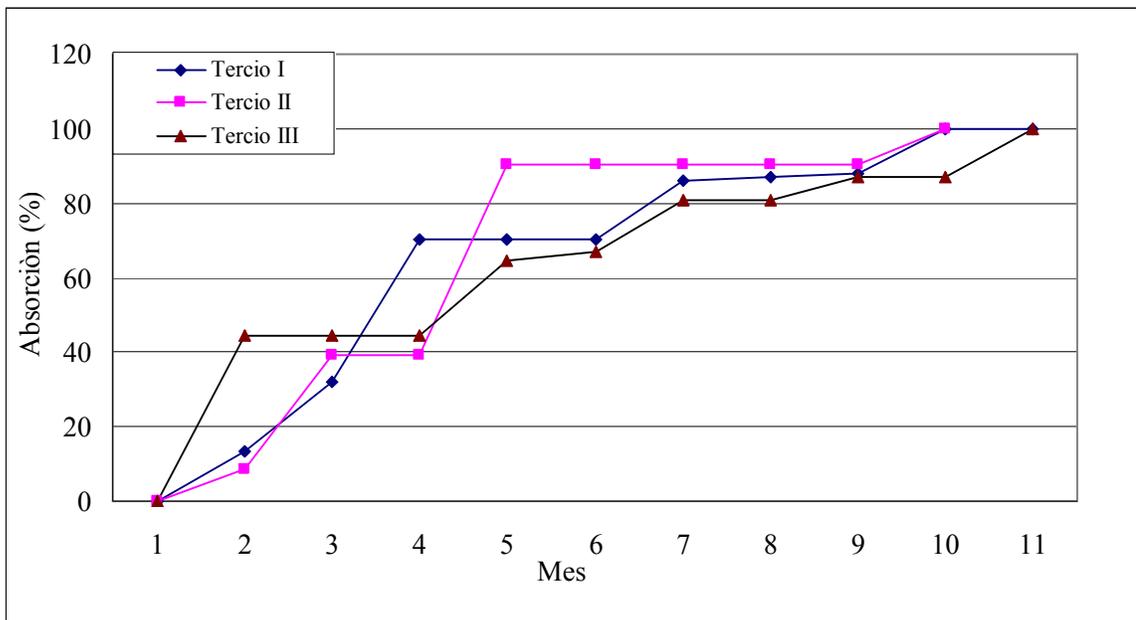


Figura 26. Absorción de potasio (K) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Ca

La mayor absorción de Ca fue en el tercer tercio con 206 kg/ha, seguido por el segundo tercio con 113 kg/ha y la menor absorción ocurrió en el primer tercio con 95 kg/ha (Figura 27).

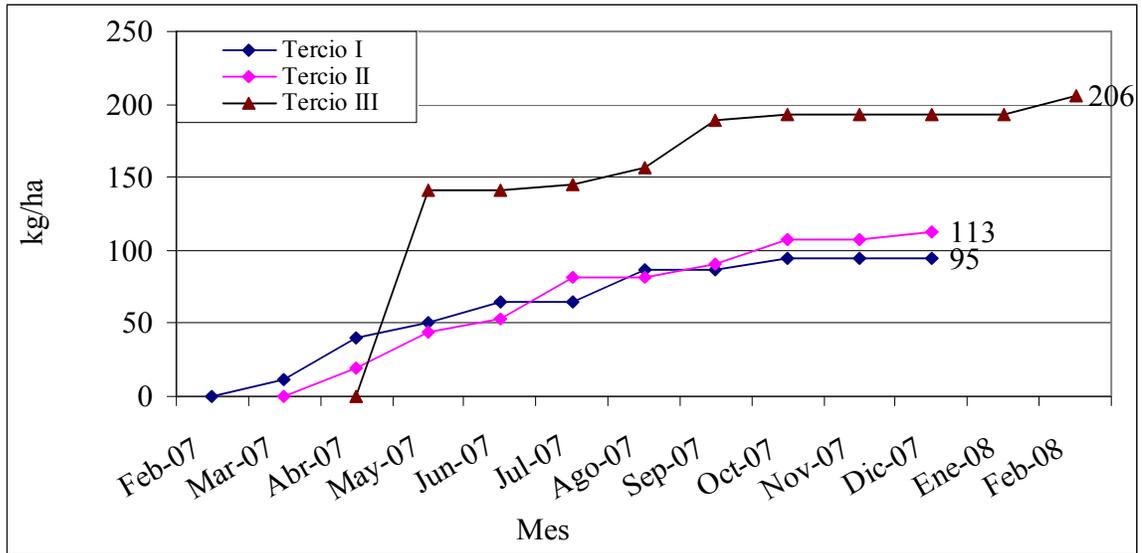


Figura 27. Absorción de calcio (Ca) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En el primer tercio se absorbió un (70%) del total en los primeros dos meses, en los otros dos tercios se absorbió la mayor cantidad de Ca (90%) hasta llegar al mes octavo (Figura 28).

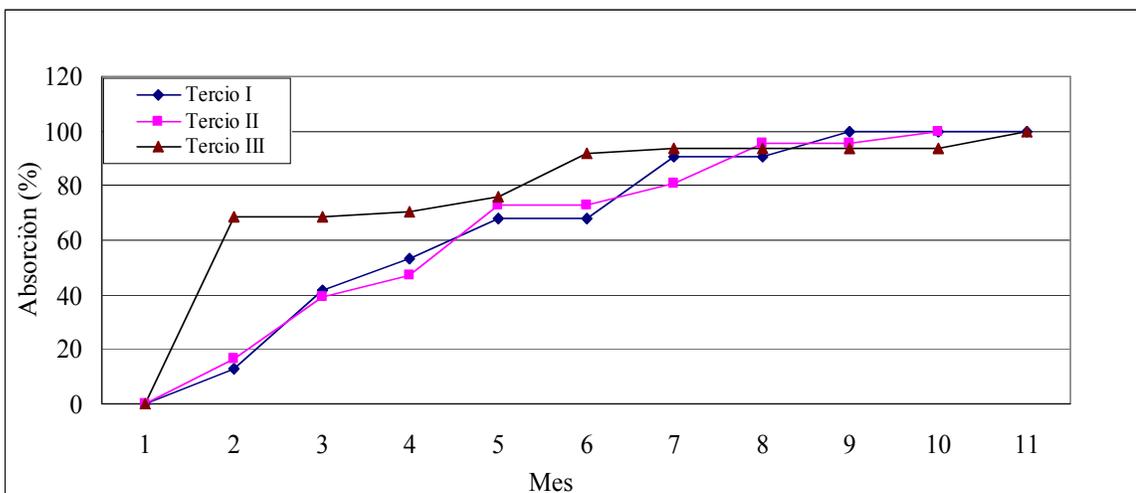


Figura 28. Absorción de calcio (Ca) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Mg

Las plantas para producción en el tercer tercio de zafra presentaron una mayor absorción de Mg al final del ciclo del cultivo con 111 kg/ha. La absorción fue menor y similar en el segundo tercio con 65 kg/ha y en el primer tercio 61 kg/ha. La tendencia de absorción fue muy parecida en cada mes del ciclo del cultivo (Figura 29).

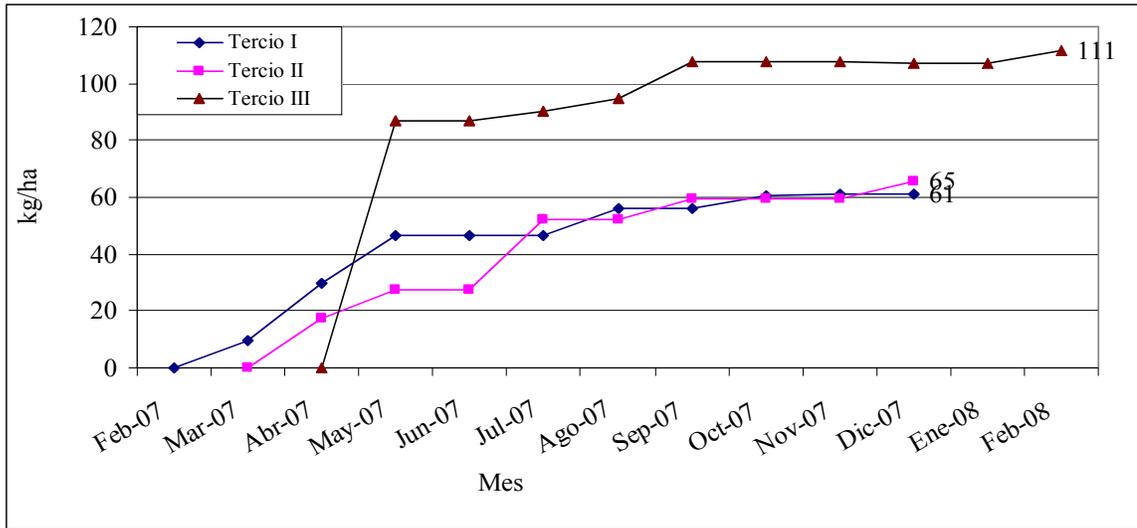


Figura 29. Absorción de magnesio (Mg) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En los tres tercios de zafra la mayor absorción de Mg ocurrió en los primeros meses del ciclo del cultivo. El primer tercio presentó 80% de absorción hasta el cuarto mes, en el segundo tercio ocurrió el 80% hasta el quinto mes, y en el tercer tercio el 80% en los dos primeros meses (Figura 30).

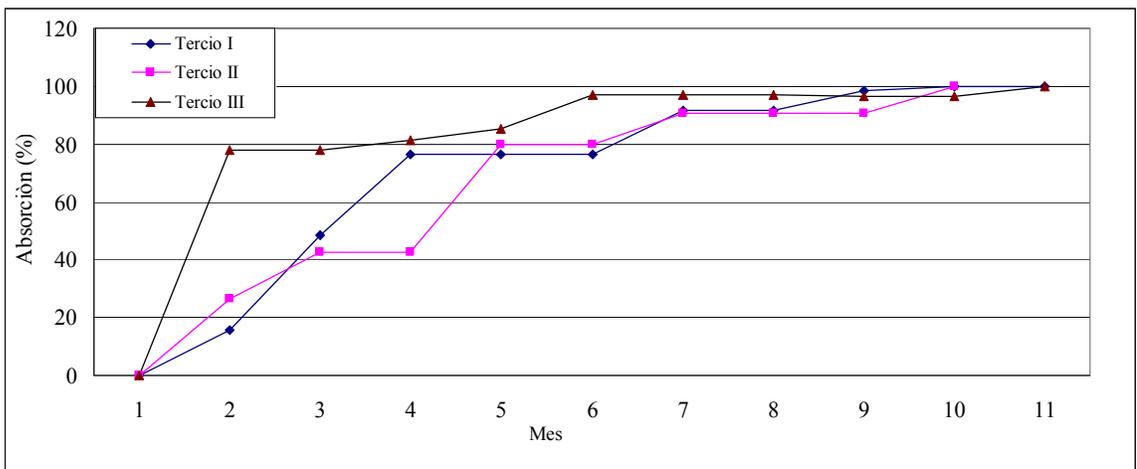


Figura 30. Absorción de magnesio (Mg) en porcentajes en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Fe

La cantidad de Fe determinado como absorbido fue muy alta. La mayor cantidad acumulada se presentó en el tercio III con un total de 207 kg/ha al final del ciclo, con la mayor absorción en los primeros dos meses. En el tercio I la acumulación fue de 180 kg/ha con la mayor absorción en los primeros cuatro meses y por último en el tercio II con 110 kg/ha al final del ciclo y mayor absorción en los primeros dos meses del ciclo. Sin embargo, este dato no es confiable ya que puede haber interferencia del Fe adherido a las raíces por el análisis de tejido (Figura 31).

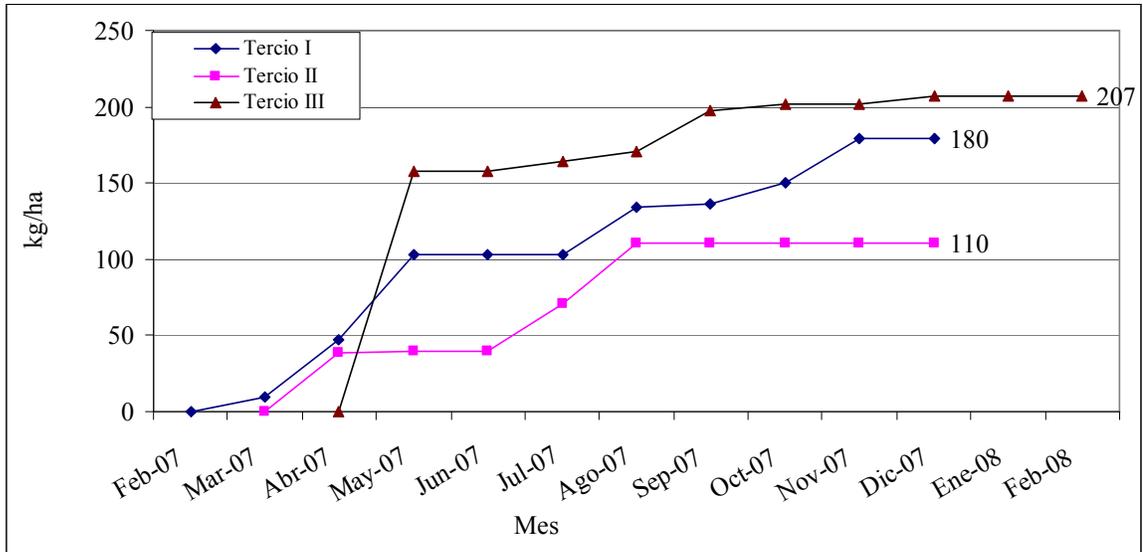


Figura 31. Absorción de hierro (Fe) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En el tercio III se concentra el 80% del total de hierro en los primeros dos meses del ciclo, en el tercio I el 60% del total alrededor del cuarto mes y en el tercio II absorbió el 100% de hierro en el sexto mes (Figura 32).

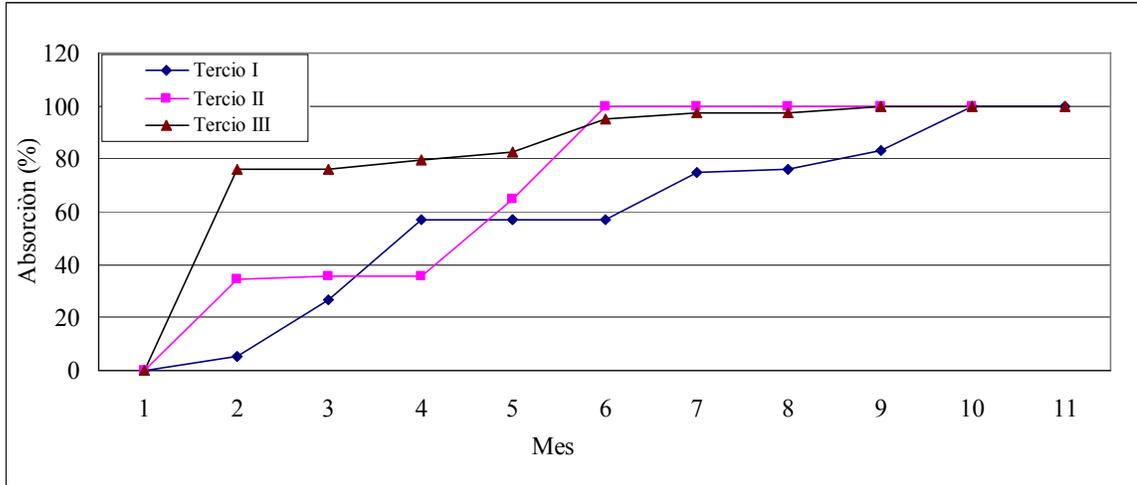


Figura 32. Absorción de hierro (Fe) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Mn

En el tercio III hubo mayor absorción en comparación con los otros dos tercios, con 5,756 g/ha al final del ciclo, con mayor absorción en los primeros dos meses del ciclo. En el tercio I la acumulación fue de 5,127 g/ha con mayor absorción los cuatro primeros meses y en el tercio II 4,444 g/ha con mayor absorción en los primeros cinco meses del ciclo. El comportamiento de este elemento es similar al del Fe aunque en menor cantidad (Figura 33).

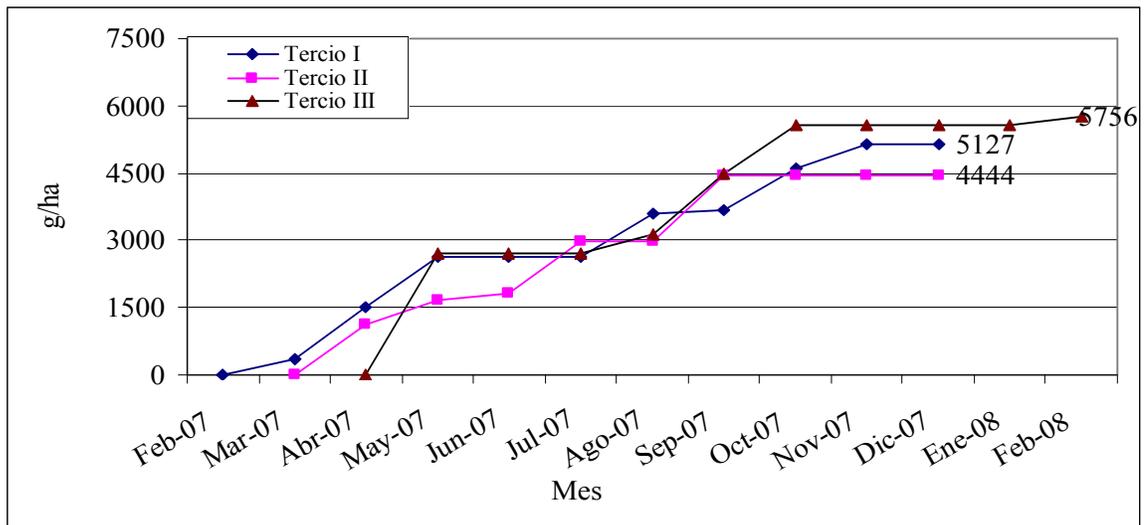


Figura 33. Absorción de manganeso (Mn) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En el tercio III se absorbió alrededor del 100% acumulado del total de manganeso hasta el séptimo mes, en el tercio I se absorbió el 50% del total en el cuarto mes y en el tercio II se absorbió el 100% en los siete primeros meses del ciclo (Figura 34).

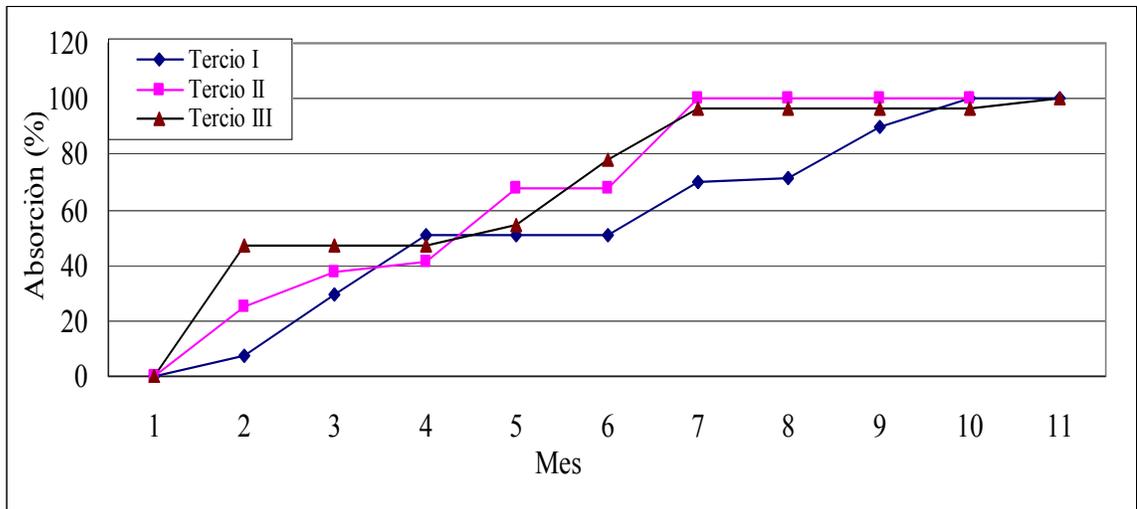


Figura 34. Absorción de manganeso (Mn) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Cu

En el tercio II hubo mayor absorción con 1,284 g/ha con mayor absorción en los cuatro primeros meses. En total los tercios III y I tuvieron una absorción similar de 749 g/ha respectivamente (Figura 35).

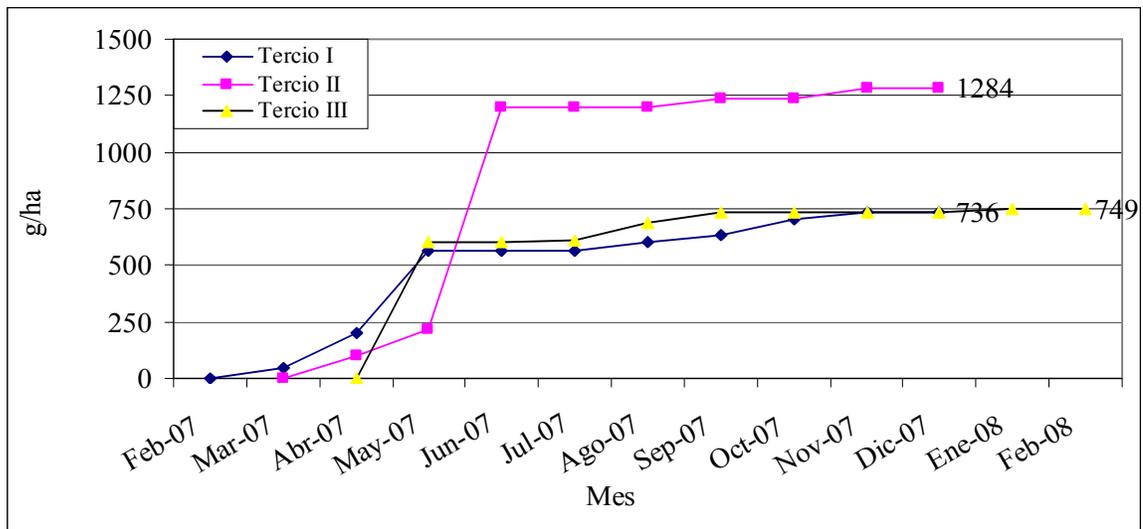


Figura 35. Absorción de cobre (Cu) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En el tercio II el 90% del total de cobre se absorbió en los cuatro primeros meses, en el tercio III se absorbió el 80% del total en los primeros dos meses y en el tercio I se absorbió el 90% del total en los cuatro primeros meses. A partir del cuarto mes no hubo consumo de Cu por la planta (Figura 36).

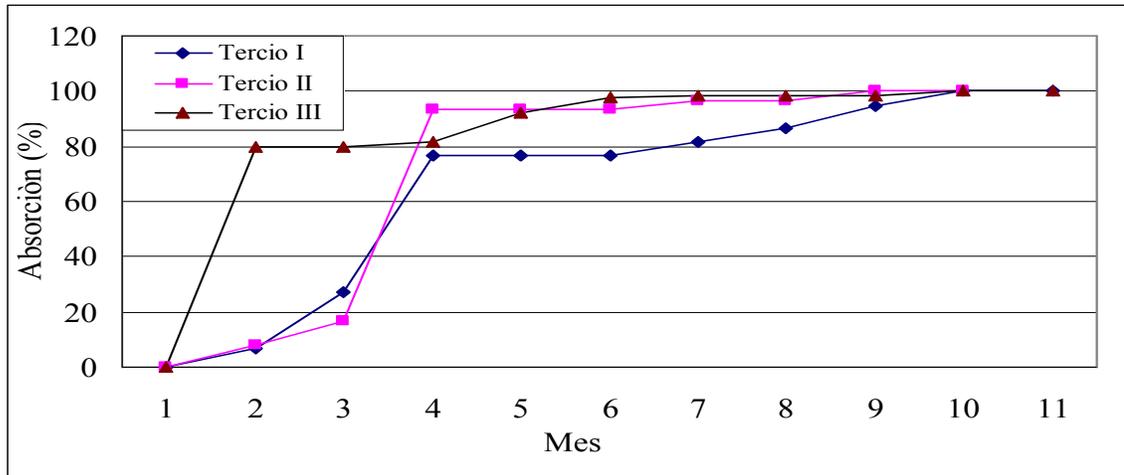


Figura 36. Absorción de cobre (Cu) en porcentaje en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Zn

En el tercio III se absorbió la mayor cantidad de zinc con 4,007 g/ha, con la mayor absorción en los dos primeros meses. En el tercio I la absorción fue de 3,454 g/ha y en el tercio II fue de 1,799 g/ha al final del ciclo (Figura 37).

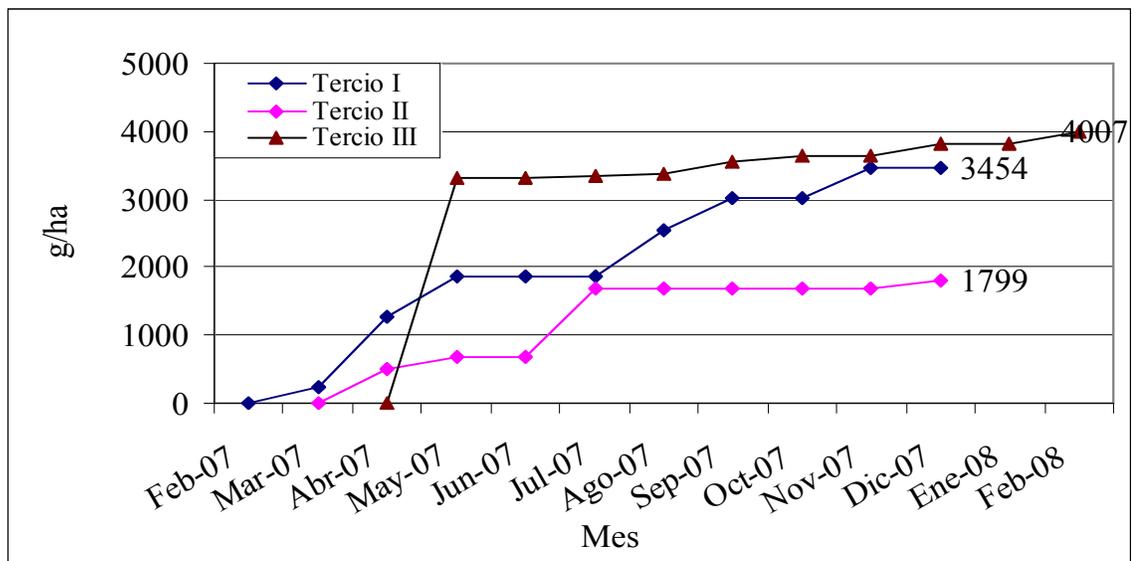


Figura 37. Absorción de zinc (Zn) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En el tercio III se absorbió el 80% de Zn en los dos primeros meses, el tercio II absorbió el 90% en los cinco primeros meses y en el tercio I el 50% en los cuatro primeros meses (Figura 38).

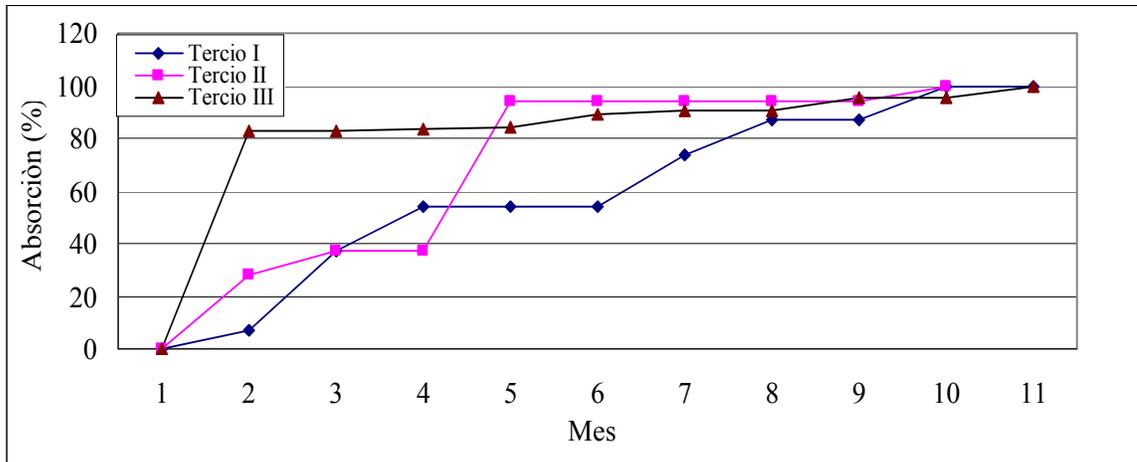


Figura 38. Absorción de zinc (Zn) en porcentaje los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

B

El tercio II tuvo la mayor absorción con 989 g/ha en los primeros cinco meses efectuó la absorción. En los tercios II y III se presentó una absorción similar de 688 g/ha (Figura 39).

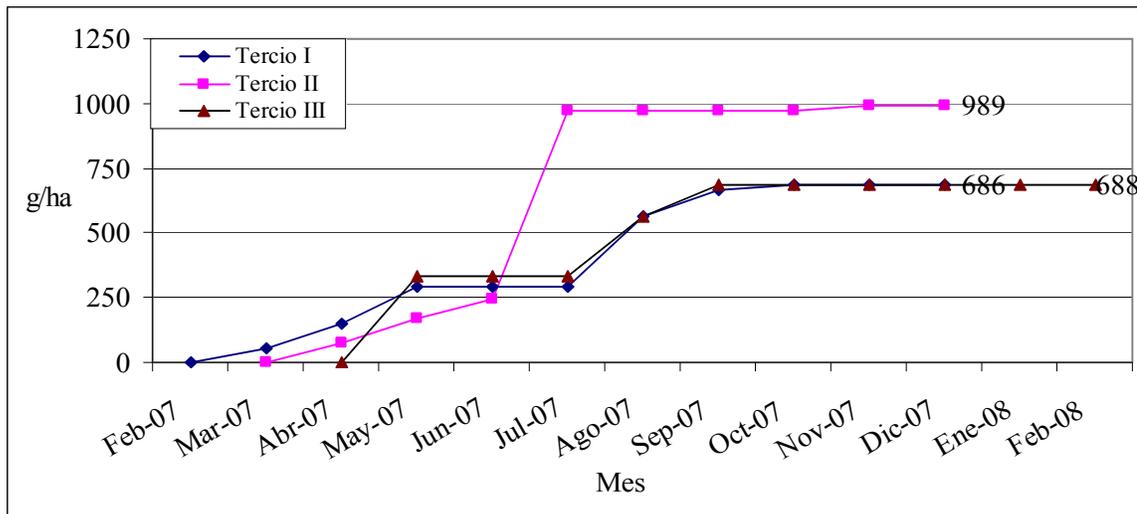


Figura 39. Absorción de Boro (B) en los tres tercios de zafra del cultivo de caña de azúcar variedad CP-722086 en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

En los tres tercios se absorbió el 100% del total de B del quinto hasta el séptimo mes (Figura 40).

Cuadro 10. Fraccionamiento de la dosis de fertilizante para el segundo tercio de zafra del cultivo de caña de azúcar CP-722086, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	Nutrientes en %								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	B
2	17	14	9	25	26	25	20	28	10
3	27	26	30	25	16	25	4	12	10
4	23	30	10	20	21	25	77	0	40
5	43	30	51	30	37	25	0	60	40
Total	110	100	100	100	100	100	101	100	100

Cuadro 11. Fraccionamiento de la dosis de fertilizante para el tercer tercio de zafra del cultivo de caña de azúcar CP-722086, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	Nutrientes en %								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	B
2	59	40	44	69	78	47	80	82	49
5	35	35	21	8	7	22	20	9	34
6	6	25	35	23	15	31	0	9	17
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE NUTRIENTES

Al determinar la cantidad de nutrientes extraídos por cada tercio de zafra de los diez elementos antes mencionados se estimó la dosis de nutrientes absorbidos según el mes de corte del cultivo, en cada tercio de zafra. Esto fue posible mediante la determinación de la ecuación que relaciona la absorción de cada uno de los elementos en cada mes. (Cuadro 15).

Las ecuaciones obtenidas tienen valores de R^2 altos de $>70\%$ en los tres tercios de zafra. Esto permite usar estas ecuaciones para predecir la absorción de nutrientes por el cultivo de la caña de azúcar y establecer dosis precisas de fertilización (Cuadros 12, 13 y 14).

Cuadro 12. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el Primer tercio de zafra, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Nutrientes	Ecuación	P	R ²	R ² (aj)
N	kg/ha = - 207.7 + (160.8 × mes) - (19.3 × mes ²) + (0.7 × mes ³)	0.050	95.7	93.5
P	kg/ha = - 8. + (12.0 × mes) - (0.3 × mes ²)	0.000	96.4	94.4
K	kg/ha = - 196.5 + (196.0 × mes) - (9.6 × mes ²)	0.017	92.7	90.7
Ca	kg/ha = - 25.05 + (23.03 × mes) - (1.1 × mes ²)	0.001	97.7	97.1
Mg	kg/ha = - 11.4 + (15.5 × mes) - (0.8 × mes ²)	0.007	92.3	90.1
Fe	kg/ha = 3.7 + (17.0 × mes)	0.000	91.1	90.0
Cu	g/ha = - 270.7 + (210.2 × mes) - (11.1 × mes ²)	0.002	89.4	86.4
Mn	g/ha = 60.7 + (499.0 × mes)	0.000	94.6	94.0
Zn	g/ha = 134.6 + (326.7 × mes)	0.000	92.4	91.5
B	g/ha = - 69.7 + (77.8 × mes)	0.000	90.9	89.8

Cuadro 13. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el segundo tercio de zafra, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Nutrientes	Ecuación	P	R ²	R ² (aj)
N	kg/ha = - 121.6 + (109.1 × mes) - (6.3 × mes ²)	0.020	90.3	87.0
P	kg/ha = 4.8 + (7.7 × mes)	0.001	80.0	77.0
K	kg/ha = - 584.6 + (393.0 × mes) - (23.3 × mes ²)	0.003	90.7	87.7
Ca	kg/ha = - 25.8 + (25.8 × mes) - (1.2 × mes ²)	0.008	98.0	97.2
Mg	kg/ha = 11.2 + (5.9 × mes)	0.000	86.1	84.1
Fe	kg/ha = 13.7 + (11.4 × mes)	0.001	80.1	77.3
Cu	g/ha = - 947.6 + (599.4 × mes) - (38.8 × mes ²)	0.020	84.8	79.7
Mn	g/ha = 324.1 + (471.6 × mes)	0.000	90.1	88.7
Zn	g/ha = 316.7 + (171.2 × mes)	0.003	73.0	69.1
B	g/ha = - 824.1 + (442.8 × mes) - (26.39 × mes ²)	0.035	87.0	82.5

Cuadro 14. Parámetros estadísticos y ecuaciones de correlación de la variable absorción y tiempo (MINITAB©) obtenida para N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086 para el tercer tercio de zafra, en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras. 2008.

Nutrientes	Ecuación	P	R ²	R ² (aj)
N	kg/ha = - 41.9 + (33.9 × mes) - (1.8 × mes ²)	0.040	84.0	80.0
P	kg/ha = 4.8 + (7.7 × mes)	0.000	96.1	95.7
K	kg/ha = 241.7 + (57.1 × mes)	0.000	94.1	93.4
Ca	kg/ha = - 104.5 + (15.4 × mes) - (0.58 × mes ²)	0.000	88.0	85.0
Mg	kg/ha = 82.0 + (2.9 × mes)	0.000	80.6	78.0
Fe	kg/ha = 144.4 + (6.62 × mes)	0.000	86.7	85.1
Cu	g/ha = 478.7 + (54.1 × mes) - (2.7 × mes ²)	0.027	97.0	88.1
Mn	g/ha = 4133.0 - (1385 mes) + (350.3 × mes ²) - (19.4 × mes ³)	0.039	94.4	91.4
Zn	g/ha = 3074.0 + (78.3 × mes)	0.000	94.5	93.8
B	g/ha = - 5.8 + (150.5 × mes) - (7.9 × mes ²)	0.031	87.1	83.3

La aplicación de las ecuaciones indicadas anteriormente permitió estimar las cantidades de nutrientes extraídos durante el ciclo de la caña de azúcar para los tres tercios de zafra dependiendo de la edad de corte (Cuadro 15).

Cuadro 15. Cantidad de nutriente extraído, en los tres tercios de zafra, según el mes de corte, en caña de azúcar variedad CP-722086, Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercio	Mes de corte	kg/ha						g/ha			
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B
I (La Grecia)	10	247	77	795	95	61	175	727	5051	3402	708
	11	260	81	787	95	59	192	705	5550	3728	786
	12	286	85	760	93	55	209	661	6049	4055	864
II (Santa Elena)	10	341	82	1018	112	70	127	1172	5034	2029	965
	11	319	90	923	112	76	139	958	5505	2200	854
	12	283	98	781	111	82	150	667	5976	2371	689
III (Santa Mónica)	10	116	82	813	200	111	211	750	5913	3857	703
	11	112	90	870	203	114	217	747	5463	3935	687
	12	105	98	927	205	117	224	740	4433	4013	654

El consumo de nutrientes necesarios para producir una tonelada de caña de azúcar, se estimó por medio de la producción en cada uno de los tres tercios de zafra: tercio I (90 t/ha), tercio II (120 t/ha) y tercio III (80 t/ha).

En cada tercio de zafra el macro nutriente de mayor absorción fue el K seguido por N y Ca que son necesarios para la concentración de azúcares. Entre los micro nutrientes los de mayor demanda fueron el Mn, Fe y el Zn (Cuadro 16).

Cuadro 16. Consumo de nutrientes por tonelada de caña en los tres tercios de zafra en la variedad CP- 722086 de caña de azúcar en el Ingenio Azucarero La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Tercio	kg/t						g/t			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
I (La Grecia)	2.9	0.9	9.1	1.1	0.7	2.0	57.0	8.2	38.4	7.6
II (Santa Elena)	3.1	0.6	9.2	0.9	0.5	0.9	37.0	10.7	15.0	8.2
III (Santa Mónica)	2.2	1.0	11.0	2.6	1.4	2.6	72.0	9.4	50.1	8.6

Estos valores son mayores a los reportados por Bertsch, 2003 quien indica una extracción de 1.6 kg/t de N, 0.3 kg/t de P y 2.5 kg/t de K.

Considerando la gran extracción de nutrientes principalmente K y la fertilización aplicada, se evidencia el aporte del suelo. Esto se comprobó por la diferencia de concentración de elementos en el suelo entre los meses cinco y diez en el ciclo de cultivo (Anexos 1, 2 y 3).

CONCLUSIONES

- En los tres tercios de zafra la mayor cantidad de nutrientes se absorbe en los primeros meses (2 a 5) de crecimiento.
- El criterio de fertilización es el mismo, pero el aprovechamiento de nutrientes es diferente según la época de siembra de cada tercio. El segundo tercio absorbió mayor cantidad de N, K, Cu y B, debido al clima (temperatura y precipitación) ya que fue favorecido por la humedad del suelo, el primer tercio fue afectado por el periodo seco al inicio del ciclo de crecimiento y el tercer tercio, fue afectado por el exceso de agua que limita la absorción de nutrientes.
- P se absorbió en mayor cantidad en el primer y segundo tercio de zafra.
- Ca, Mg, Fe, Zn, Mn se absorbió en mayor cantidad en el tercer tercio de zafra.
- La absorción de nutrientes en el primer tercio de zafra en kg/ha fue de: N = 260, P = 80, K = 819, Ca = 95, Mg = 61 y en g/ha: Mn = 5127, Cu = 738, Zn = 3454, B = 686.
- La absorción de nutrientes en el segundo tercio en kg/ha fue de: N = 371, P = 77, K = 1101, Ca = 113, Mg = 65 y en g/ha: Mn = 4444, Cu = 1284, Zn = 1799, B = 989.
- La absorción de nutrientes en el tercer tercio en kg/ha fue de: N = 199, P = 77, K = 876, Ca = 206, Mg = 111 y en g/ha Mn = 5756, Cu = 749, Zn = 4007, B = 688.
- El programa de fertilización más adecuado es con base a las cantidades absorbidas en cada tercio de zafra, considerando también el aporte del suelo y el fraccionamiento de los nutrientes (Cuadros 9, 10 y 11).

RECOMENDACIONES

- Tomar en cuenta las diferentes cantidades de nutrientes absorbidos en los tres tercios de zafra para realizar el fraccionamiento obtenido.
- Realizar el mismo estudio con otras variedades comerciales de caña de azúcar, y realizar análisis de suelo en todo el ciclo del cultivo, para conocer los nutrientes presentes en el suelo.
- Hacer énfasis en la aplicación de fertilizantes en los meses de mayor demanda de nutrientes.
- Monitorear la calidad del agua de riego.
- En estudios posteriores no considerar el aporte de nutrientes de las raíces cuando se trata de una plantación soca (más de un corte), debido a la dificultad de diferenciar las raíces nuevas, otra razón el contenido de nutrientes es bajo en comparación del tallo y hoja.

BIBLIOGRAFÍA

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. San José, Costa Rica, 307 p.

Chávez, F. 2004. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Alboran bajo condiciones de invernadero. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciatura. El Zamorano. Honduras. 30 p.

Empresas Azucareras Agrarias. AZÚCAR (*Saccharum officinarum*). 2007: Generalidades del Producto. Consultado el 20 de Marzo de 2007. Disponible en <http://www.minag.gob.pe/azucar.shtml>

Landon, J. 1991. Booker Tropical Soil Manual. Longman. Scientific&Technical. 2 ed. Editorial Marcel Dekker. 281 p.

Navarrete, R. 2005. Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (*Cucumis sativo*) bajo condiciones del campus Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. Tesis de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de licenciatura. El Zamorano. Honduras. 18 p.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2007. La industria del azúcar. Consultado el 20 de Julio de 2007. Disponible en www.sag.gob.hn.

Sancho, H. 2007. Curvas de Absorción de Nutrientes: Importancia y Uso de los Programas de Fertilización. Consultado 24 de abril de 2007. Disponible en [http://www.potafos.org/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindx/8DD2B8D2DBA77FC205256A310075B334/\\$file/Curvas+de+Absorcion%C3%B3n.pdf](http://www.potafos.org/ppiweb/iaecu.nsf/$webindx/8DD2B8D2DBA77FC205256A310075B334/$file/Curvas+de+Absorcion%C3%B3n.pdf).

Tu tiempo. Clima en Choluteca. 2008. Madrid, España. Consultado 22 de septiembre de 2008. Disponible en <http://www.tutiempo.net/clima/Choluteca/2008/787240.htm>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de la finca La Grecia en el primer tercio de zafra para los meses (1, 5 y 10) del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	R	Textura	%			pH	%			ppm (extractable)								
			Arena	Limo	Arcilla	(H ₂ O)	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1	1	F	46	34	20	6.1m	3.1m	0.15b	41.1a	400.0m	3160.0m	440.0m	257.0m	3.6b	335.1b	187.2b	11.3b	0.6b
1	2	FAr	54	28	18	6.5m	1.4b	0.07b	26.3m	312.0m	3280.0m	400.0m	167.5m	3.9b	285.1b	196.2b	9.6b	0.3b
1	3	F	38	40	22	6.6m	1.8b	0.09b	45.2a	358.0m	3630.0a	4500.0m	152.5m	4.8b	254.1b	289.0b	13.1b	0.4b
5	1	F	46	38	16	68.0m	1.3b	0.06b	46.2a	258.0m	2930.0a	420.0m	132.5m	4.3a	264.2a	193.2a	12.7a	0.2b
5	2	FAr	54	34	12	7.8a	1.4b	0.07b	24.1m	212.0b	3210.0a	420.0m	167.5m	4.4a	270.2a	203.3a	12.3a	0.2b
5	3	F	38	36	26	6.7m	1.8b	0.09b	43.5a	356.0m	3250.0m	480.0m	182.5m	4.6a	271.3a	238.3a	13.6a	0.3b
10	1	F	46	38	16	7.9a	1.1b	0.05b	575.0a	278.0m	2770.0m	700.0a	550.0m	4.1a	293.2a	229.3a	9.3a	0.4b
10	2	F	50	34	16	7.5m	0.9b	0.04b	14.7m	278.0m	3210.0a	410.0m	255.0m	4.9a	184.3a	204.3a	14.6a	0.3b
10	3	F	48	36	16	6.5m	1.5b	0.07b	12.3b	200.5b	3320.0a	390.0m	202.5m	4.3a	256.4a	230.2a	9.2a	0.4b

R: repetición, F: Franco, FAr: Franco Arcillo a: alto, m: medio, b: bajo

Anexo 2. Análisis de suelo de la finca Santa Elena en el segundo tercio de zafra para los meses (5 y 10) del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	R	Textura	%			pH	%			ppm (extractable)								
			Arena	Limo	Arcilla	(H ₂ O)	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B
5	1	F	46	34	20	8.6a	0.8b	0.04b	9.8b	176.0b	4590.0a	490.0b	242.m	3.1m	157.1a	330.2a	4.8a	0.3b
5	2	FAR	54	28	18	8.6a	0.9b	0.04b	9.2b	152.0b	5880.0a	570.0b	240.0m	4.4a	221.1a	334.3a	4.2a	0.3b
5	3	F	38	40	22	8.1a	1.5b	0.07b	11.6b	206.0b	5340.0a	500.0b	185.0m	4.8a	244.2a	335.3a	5.3a	0.3b
10	1	FL	30	62	8	8.1a	0.7b	0.03b	7.8b	102.0b	3940.0a	390.0m	257.5m	3.3m	199.2a	313.5a	4.1a	0.3b
10	2	F	40	50	10	8.1a	0.8b	0.04b	10.9b	222.0b	4180.0a	480.0m	257.5m	3.5a	220.2a	316.5a	4.6a	0.4b
10	3	FL	22	64	14	7.6a	2.8m	0.14b	6.4b	154.0b	5100.0a	710.0b	327.5m	4.8a	213.5a	296.3a	5.2a	0.4b

R: repetición, F: Franco, FAR: Franco Arcillo, FL: Franco Limoso, a: alto, m: medio, b: bajo

Anexo 3. Análisis de suelo de la finca Santa Mónica en el tercer tercio de zafra para los meses (5, y 11) del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Arena	%		pH	%		ppm (extractable)									
	Limo	Arcilla	(H ₂ O)	M.O.	N _{total}	P	K	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B
18	48	34	8.1a	2.1m	0.1b	15.6	366.0m	4740.0a	590.0m	322.5m	6.9a	200.3a	311.5a	11.4a	1.7m
20	42	38	7.8a	2.8m	0.1b	27.5	246.0b	5220.0a	720.0m	382.5m	9.2a	187.3a	320.3a	4.4a	0.7b
22	42	36	7.5m	2.8m	0.1b	43.9	240.0b	5130.0a	820.0m	245.0m	8.6a	153.5a	270.4a	3.2m	0.6b
18	46	36	8.1a	2.8m	0.1b	14.7m	206.0b	5440.0a	670.0m	600.0m	8.5a	170.2a	265.5a	3.6a	0.1b
18	38	44	7.1m	3.3m	0.2b	28.3a	330.0b	5280.0a	730.0m	375.0m	8.9a	245.3a	193.4a	3.4m	0.2b
16	56	28	7.7a	2.4m	0.1b	35.4a	192.0b	6080.0a	731.0m	575.0m	8.7a	198.3a	288.2a	4.9a	0.7b

R: repetición, F: Franco, FAR: Franco Arcillo, Ar: Arcilloso, FARL: Franco Arcillo Limoso, a: alto, m: medio, b: bajo

Anexo 4. Análisis foliar de la finca La Grecia (tercio I de zafra) del mes 1 al 11 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	%					ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1	1.2	0.3	1.8	0.2	0.1	8	115	35	12	7
1	1.2	0.3	1.5	0.3	0.1	8	85	38	18	5
1	1.2	0.3	1.4	0.3	0.1	8	82	33	14	8
2	0.9	0.2	1.3	0.2	0.1	3	80	32	7	2
2	0.7	0.2	1.3	0.2	0.1	3	84	24	8	2
2	1.1	0.2	1.4	0.2	0.1	4	54	23	11	2
3	1.2	0.2	1.4	0.2	0.1	6	77	31	12	8
3	1.4	0.2	1.3	0.2	0.1	5	74	25	10	8
4	1.2	0.2	1.5	0.2	0.1	5	58	28	15	11
4	1.2	0.2	1.5	0.2	0.1	6	53	29	15	7
4	1.4	0.1	1.3	0.2	0.1	5	48	30	13	7
5	1.3	0.2	1.6	0.2	0.1	7	70	26	38	4
5	1.0	0.2	1.5	0.1	0.1	7	55	34	27	4
5	1.6	0.2	1.7	0.2	0.1	8	49	26	18	3
6	0.7	0.2	1.9	0.2	0.1	5	42	39	18	14
6	0.7	0.2	1.6	0.1	0.1	6	51	34	22	7
6	0.7	0.1	2.2	0.1	0.1	7	40	29	65	18
7	0.8	0.2	1.7	0.2	0.1	4	35	35	12	7
7	0.7	0.1	1.5	0.2	0.1	4	27	30	9	6
7	1.2	0.1	1.6	0.2	0.1	6	37	29	21	3
8	1.0	0.2	1.6	0.3	0.1	3	112	34	22	6
8	0.8	0.2	1.4	0.2	0.1	2	97	35	16	9
9	0.9	0.2	1.4	0.2	0.1	3	82	66	15	8
9	1.1	0.2	1.5	0.2	0.1	4	89	66	15	7
9	0.8	0.2	1.2	0.2	0.1	3	82	77	38	8
10	0.8	0.2	1.4	0.2	0.1	4	88	61	13	7
10	1.0	0.2	1.8	0.3	0.1	5	41	51	17	10
10	0.9	0.2	1.3	0.2	0.1	5	49	86	14	6
11	0.6	0.2	1.4	0.3	0.1	5	107	75	17	6
11	0.9	0.1	1.5	0.3	0.1	7	90	68	15	8
11	0.7	0.1	1.1	0.4	0.1	5	71	102	17	7

Anexo 5. Análisis foliar de la finca Santa Elena (tercio II de zafra) del mes 1 al 10 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	%					ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
1	1.7	0.2	1.4	0.3	0.2	6	77	64	18	4
1	1.5	0.2	1.1	0.3	0.2	6	73	52	10	6
1	1.7	0.2	1.6	0.3	0.2	7	102	40	14	4
2	1.6	0.2	1.3	0.2	0.2	7	201	54	10	10
2	1.5	0.2	1.3	0.2	0.1	5	122	69	8	11
2	1.4	0.2	1.3	0.3	0.2	7	96	40	21	10
3	1.6	0.2	1.6	0.2	0.1	7	49	53	24	8
3	1.7	0.2	1.8	0.2	0.1	8	47	53	14	7
3	1.6	0.2	1.4	0.2	0.2	9	53	51	13	8
4	1.4	0.1	1.7	0.2	0.1	7	52	54	12	4
4	1.1	0.1	1.5	0.2	0.1	6	46	33	9	4
4	1.4	0.2	1.7	0.2	0.1	7	65	64	16	3
5	1.1	0.1	1.7	0.2	0.1	7	78	59	17	17
5	0.9	0.1	1.7	0.2	0.1	7	160	68	23	13
5	1.0	0.1	1.7	0.2	0.1	7	58	51	12	16
6	1.0	0.1	1.5	0.2	0.1	6	42	58	12	4
6	0.8	0.1	1.3	0.2	0.1	5	41	37	11	4
6	1.2	0.2	1.3	0.2	0.1	5	46	39	11	4
7	1.2	0.1	1.3	0.4	0.1	3	132	93	20	13
7	0.9	0.1	1.5	0.4	0.1	2	97	37	13	6
7	1.3	0.2	1.7	0.2	0.1	3	78	36	18	7
8	1.4	0.2	1.6	0.2	0.1	4	80	121	19	6
8	0.9	0.1	1.3	0.3	0.1	3	58	95	14	5
8	1.4	0.2	1.5	0.3	0.1	4	60	100	33	7
9	0.9	0.1	1.3	0.3	0.1	4	41	82	11	3
9	1.0	0.1	1.9	0.2	0.1	6	45	57	12	6
9	1.1	0.1	1.7	0.4	0.1	6	38	92	26	9
10	0.9	0.1	1.2	0.4	0.1	7	74	70	28	6
10	1.1	0.2	1.3	0.2	0.1	8	58	48	24	4
10	1.1	0.1	1.8	0.3	0.1	8	70	41	21	8

Anexo 6. Análisis foliar de la finca Santa Mónica (tercio III de zafra) del mes 2 al 11 del ciclo del cultivo de caña de azúcar, variedad CP-722086, Ingenio La Grecia, Choluteca, Honduras, 2008.

Mes	%					ppm				
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B
2	1.7	0.3	1.8	0.2	0.1	8	191	24	18	9
2	1.8	0.3	1.8	0.2	0.1	8	132	26	19	10
2	1.8	0.2	1.7	0.2	0.1	8	106	31	22	10
3	1.5	0.3	1.6	0.2	0.1	8	76	33	14	5
3	1.4	0.2	1.6	0.2	0.1	7	58	37	12	4
3	1.6	0.3	1.6	0.2	0.1	8	91	32	17	7
4	1.3	0.2	1.5	0.2	0.1	5	48	40	26	17
4	1.2	0.2	1.9	0.2	0.1	5	49	35	29	8
4	1.4	0.2	1.7	0.2	0.1	8	57	30	15	13
5	1.1	0.2	1.7	0.2	0.1	5	70	41	13	4
5	0.9	0.2	1.7	0.2	0.1	5	42	44	14	2
5	0.9	0.1	1.5	0.1	0.1	5	44	36	13	3
6	1.0	0.2	1.4	0.2	0.1	2	60	68	30	13
6	1.1	0.2	1.6	0.3	0.1	3	75	78	17	10
6	1.3	0.2	1.6	0.3	0.1	4	86	54	20	9
7	1.0	0.1	1.4	0.2	0.1	4	58	79	97	5
7	1.2	0.2	1.4	0.3	0.1	4	61	98	31	7
7	1.1	0.2	1.6	0.2	0.1	3	62	80	16	5
8	1.0	0.2	1.7	0.2	0.1	6	50	64	14	10
8	1.0	0.2	1.8	0.2	0.1	6	48	76	11	10
8	1.0	0.2	1.8	0.2	0.1	6	46	97	13	8
9	0.9	0.2	1.6	0.2	0.1	7	49	63	16	5
9	1.0	0.2	1.3	0.3	0.1	6	54	94	17	6
9	1.1	0.2	1.8	0.3	0.1	7	48	57	32	9
10	0.8	0.1	1.8	0.2	0.1	5	52	25	23	6
10	0.9	0.2	1.8	0.2	0.1	5	52	39	24	6
10	0.9	0.2	1.7	0.3	0.1	5	47	37	20	5
11	0.7	0.2	1.4	0.2	0.1	5	47	24	18	4
11	0.9	0.2	1.9	0.2	0.1	5	46	26	20	6
11	0.8	0.2	1.7	0.3	0.1	5	45	24	23	6