

# ÉPOCAS DE MUESTREO Y POSICIÓN DE LA HOJA EN EL ANÁLISIS FOLIAR PARA DIAGNÓSTICO DE NITRÓGENO EN VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA

Daniel Flores<sup>1</sup>; Fernando Hernández<sup>2</sup> y Ovidio Pérez<sup>2</sup>.  
Tesisista URL-Pantaleon<sup>1</sup>; Técnico de Fertilización<sup>2</sup> y Coordinador del Programa de Agronomía de CENGICAÑA<sup>2</sup> -.

## INTRODUCCIÓN

El análisis foliar en combinación con el análisis de suelos es una herramienta muy útil para diagnosticar el estado nutricional del cultivo de la caña de azúcar y ha sido utilizado por muchos años para planear y evaluar los programas de fertilización. Sin embargo el contenido de nutrientes en el tejido foliar puede ser afectado por varios factores, entre estos la variedad, edad y posición de las hojas a muestrear (Gascho y Thein, 1983).

En caña de azúcar la hoja 1 conocida como hoja "TVD" (Top Visible Dewlap) que corresponde a la primera hoja con cuello visible o papada visible de la planta, es el tejido vegetal de uso mas generalizado para el análisis foliar ya que se estima que representa la mejor condición nutricional de la planta, al presentar un tejido en plena transición (Chávez, 1998). La época de muestreo recomendada para la hoja 1 o TVD es entre 4 y 6 meses para los cuales existen estándares establecidos o rangos críticos de interpretación en la literatura (El Wali and Gascho, 1984. Anderson y Bowen, 1994)

En Guatemala el análisis foliar en caña de azúcar se ha utilizado muy poco por diversas razones. Una de ellas es la falta de

información local para la correcta interpretación de los resultados del análisis y de esta manera hacer un diagnóstico adecuado. Se ha observado en ensayos experimentales y campos comerciales de caña que los valores de N determinados en la hoja 1 (TVD) a los 4 y 6 meses frecuentemente son muy inferiores a los estándares reportados en la literatura para la hoja y edad indicada (1.8 – 2.0 %) (Anderson y Bowen 1994) aun en campos con altos rendimientos de caña. De tal manera que no se ha encontrado una buena relación entre lo que se observa en el campo y el contenido de nutriente reportado en el análisis foliar.

Con la finalidad de conocer la variación de los contenidos de N en la hoja en diferentes variedades de caña de azúcar, edad y posición de la hoja en las condiciones de Guatemala se realizo el presente trabajo con los siguientes objetivos.

## OBJETIVOS

Determinar los valores promedio y la variación del contenido de N total en el tejido foliar en las variedades de caña de azúcar CP72-2086, CP88-1165 y CG96-135.

Determinar el efecto de la época de muestreo (3, 4, 5, 6 y 7 meses) en la concentración y el comportamiento del N en la hoja en tres variedades de caña de azúcar.

Determinar el efecto de la posición de la hoja (hojas 1, 2 y 3) en la concentración y el comportamiento de N en la hoja y su interacción con la época de muestreo en tres variedades de caña de azúcar.

Determinar el efecto de las aplicaciones de nitrógeno (0 y 100 kg de N/ha) y de la interacción variedad x nitrógeno en los contenidos de N en la hoja, rendimiento de caña y concentración de sacarosa en tres variedades de caña de azúcar.

## METODOLOGÍA

Este experimento fue realizado en un suelo Andisol (Typic Hapludands medial) ubicado en el lote 0130301 de finca San Antonio Las Flores de ingenio Pantaleón. Las principales características químicas del suelo se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Principales características del sitio de estudio**

Suelo	pH	MO (%)	P	K	Ca	Mg	Textura
			ppm		Meq/100g		
Typic Hapludands medial	5.9	9.1	0.34	39	8.62	1.34	Franco arenoso

El ensayo fue establecido en el año 2008 con un manejo uniforme en todas las parcelas, de tal manera que los tratamientos iniciaron en el 2009 en primera soca. El diseño básico de tratamientos evaluados estuvo constituido por dos factores:

1) Variedades con tres genotipos: CP72-2086, CP88-1165 y CG96-135 y 2) Nitrógeno con cuatro niveles: 0, 50, 100 y 150 kg/ha. La siembra de las variedades fue realizada en el año 2008. Adicionalmente se evaluaron, dentro del esquema anterior, dos factores más para determinar la concentración de N en el tejido foliar:

a) Época de muestreo: 3, 4, 5, 6 y 7 meses de edad y  
b) posición de la hoja: Hojas 1, 2 y 3 en cada edad del cultivo; es importante señalar que estos últimos dos factores descritos fueron evaluados a través de muestreos dentro de los tratamientos de 0 y 100 kg de N/ha en cada una de las tres variedades de estudio. La posición de la hoja 1 o TVD de referencia se muestra en la Figura 1. Las siguientes dos hojas hacia abajo en forma respectiva conforman las hojas 2 y 3.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones con arreglo en parcelas divididas en donde la parcela grande estuvo constituida

por las variedades evaluadas mientras que en las parcelas pequeñas se ubicaron los niveles de N; la unidad experimental básica fue de seis surcos distanciados a 1.5 m y de 20 m de largo.



**Figura 1. Hoja 1 (TVD) con cuello visible**

Los niveles de N fueron aplicados 40 días después de corte junto con los cuales se aplicó una fertilización uniforme de 60 kg de  $P_2O_5$  y 100 kg de  $K_2O$ /ha. Las fuentes de nutrientes utilizadas fueron nitrato de amonio, fosfato mono-amónico (MAP) y cloruro de potasio (KCl) para nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

En cada uno de los meses de edad establecidos se realizaron los muestreos foliares en horas de la mañana (6.30 – 9.00 H) en los niveles de N definidos tomando 12 hojas por cada posición (1, 2 y 3) distribuidas en cada uno de los 4 surcos centrales. De cada hoja se tomó el tercio medio sin incluir la nervadura central (Gascho and Thein 1983). Las muestras fueron puestas en bolsas de papel previamente identificadas y fueron llevadas inmediatamente al Laboratorio Agronómico de Cengicaña para la determinación del N total en la hoja. Previo al corte se realizó un muestreo extrayendo al azar 4 tallos molederos de los 4 surcos centrales en cada unidad experimental para determinar el porcentaje de sacarosa en cada uno de los tratamientos.

La edad de corte del experimento fue de 12 meses. El corte se realizó en forma manual en la totalidad de los surcos de las parcelas obteniendo de esta manera el peso de caña de cada una de ellas expresando este en toneladas métricas/ha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de caña y concentración de sacarosa

En los Cuadros 1A y 2A del anexo se presentan respectivamente los análisis de varianza para las variables rendimiento de caña y porcentaje de sacarosa.

Los resultados del análisis de varianza para rendimiento de caña (TCH) indican que únicamente las variedades alcanzaron significancia estadística a un nivel razonable de probabilidad ( $Pr > 0.049$ ), en tanto que el efecto de los niveles de N y la interacción variedad x N fueron no significativos sobre esta variable.

En cuanto a la variable sacarosa se observa que ninguna de las fuentes de variación de interés (variedades, N y variedades x N) evaluadas fueron significativas en términos estadísticos en esta variable.

En el Cuadro 2 se presenta el promedio de TCH y el porcentaje de sacarosa de las tres variedades evaluadas.

Se observa que la variedad CP88-1165 obtuvo el mayor rendimiento de caña (159.7 Tm/ha) y fue significativamente superior en términos estadísticos al rendimiento obtenido con la variedad CP72-2086 que tuvo el tonelaje mas bajo (126.5 Tm/ha). La

variedad CG96-135 tuvo un rendimiento intermedio con 139.8 Tm/ha. En cuanto a la variable sacarosa se observa que las tres variedades fueron muy similares entre si aunque la variedad CP88-1165 presentó el menor contenido de sacarosa con 11.2 por ciento comparado con 11.5 por ciento de la variedad CP72-2086. El comportamiento en cuanto a rendimiento de caña y azúcar esta acorde con los resultados de investigación reportados por Cengicaña (Orozco *et al.*, 2004).

El efecto promedio de N en el tonelaje y en el porcentaje de sacarosa se presenta en el Cuadro 3.

En el Cuadro 3 se observa que la aplicación de N produjo solo leves incrementos en la producción de caña con incrementos de 3.2 y 3.5 Tm/ha mas con la aplicación de 50 y 100 kg de N/ha, que no fueron significativos con relación al testigo no fertilizado. Esta baja respuesta al efecto del nitrógeno podría explicarse en función de los altos contenidos de materia orgánica en el área de evaluación ya que los resultados son congruentes con los trabajos realizados por Pérez (2001) que indican que la respuesta del cultivo a las aplicaciones de nitrógeno está explicada en su mayor parte por los contenidos de materia orgánica (MO) del suelo. La dosis más alta de N (150 kg de N/ha) produjo el rendimiento más bajo de caña y al mismo tiempo el más bajo contenido de sacarosa indicando la importancia de tener en cuenta el riesgo al aplicar altas cantidades de N en estos suelos

**Cuadro 2. Promedio de rendimiento de caña (Tm/ha) y porcentaje de sacarosa de tres variedades en estudio**

Variedad	Rendimiento de caña (Tm/ha)	Sacarosa (%)
CP88-1165	159.7 (a)	11.2 (a)
CG96-135	139.8 (ab)	11.4 (a)
CP72-2086	126.5 (b)	11.5 (a)

**Cuadro 3. Efecto promedio de N en el rendimiento de caña y en el contenido de sacarosa**

Nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento de caña (Tm/ha)	Sacarosa (%)
0	140.8 (a)	11.6 (a)
50	144.0 (a)	11.6 (a)
100	144.3 (a)	11.5 (a)
150	139.1 (a)	10.9 (a)

### Concentración de N en la hoja

En el Cuadro 4 se presenta el análisis de varianza correspondiente al diseño básico de parcelas divididas en bloques al azar para la variable concentración de N en la hoja.

El análisis de varianza indica que la concentración promedio de N en la hoja varió significativamente en las tres variedades estudiadas en tanto que el efecto de N (0 y 100 kg de N/ha) no causó variación en el contenido promedio de N en el tejido foliar.

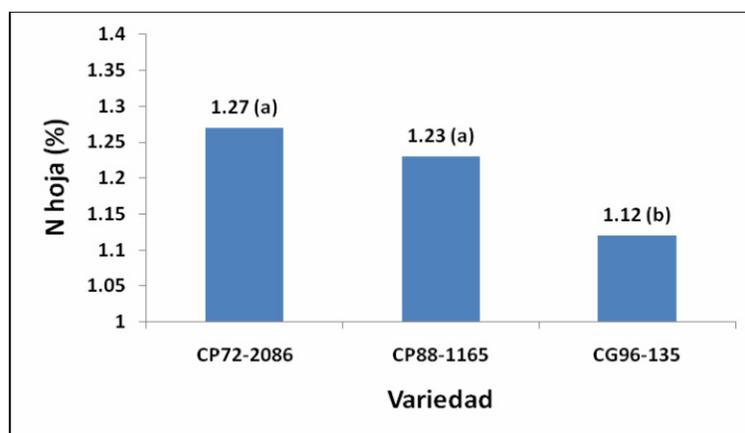
En la Figura 2 se presentan los valores medios de N en la hoja y la comparación de medias en cada una de las variedades evaluadas en el presente estudio. Se observa que las variedades CP72-2086 y CP88-1165 tuvieron los valores más altos y fueron similares y no significativos entre sí (1.27 y 1.23 %), en tanto que la variedad que tuvo los valores significativamente más bajos fue la CG96-135 con 1.12 por ciento.

En el Cuadro 5 se presenta el contenido promedio de N en la hoja y el rendimiento de caña correspondiente según los dos niveles de N (0 y 100 kg de N/ha) muestreados en este ensayo. Es evidente que la aplicación de 100 kg de N no aumentó significativamente el contenido de N en ninguna de las tres variedades mostrando solo ligeros aumentos en el caso de las variedades CP88-1165 y CG96-135 y con cierta correspondencia con el aumento de rendimiento de caña el cual no fue significativo como ya se indicó.

La ausencia de significancia estadística de los efectos de los dos niveles de N (0 y 100 kg de N/ha) sobre el N en este experimento permitió simplificar el análisis estadístico para la prueba de hipótesis de las épocas de muestreo y posición de la hoja (tipo de hoja) tal como se muestra en la siguiente sección.

**Cuadro 4. ANDEVA para la variable concentración de nitrógeno foliar (%) según el diseño de parcelas divididas en bloques al azar**

FV	Gl	SC	Pr > F
Repetición	2	0.07	
<b>Variedad</b>	2	1.02	0.0022 **
Error (a)	4	0.05	
N	1	0.02	0.4709 ns
<b>Variedad * Nitrógeno</b>	2	0.10	0.2428 ns
Residual	248	9.13	
CV (%)		15.9	



**Figura 2. Porcentaje promedio de N foliar en tres variedades**

**Cuadro 5. Contenido promedio de N y TCH correspondiente de acuerdo a la aplicación de N en tres variedades**

Variedad	N aplicado (kg/ha)	N hoja (%)	TCH
CP72-2086	0	1.28	127.4
	100	1.25	130.1
CP88-1165	0	1.22	159.6
	100	1.23	166.0
CG96-135	0	1.08	132.8
	100	1.15	137.0

### Concentración de N según épocas de muestreo y posición de la hoja

En el Cuadro 6 se presenta el análisis de varianza para la variable concentración de N en la hoja según cinco épocas de muestreo y tres diferentes hojas en las tres variedades de caña evaluadas en el estudio.

El análisis de varianza para la variable nitrógeno foliar (Cuadro 6) indica que entre las fuentes de variación principales para este estudio, época de muestreo, posición de la hoja y las interacciones, únicamente la época de muestreo tuvo efectos significativos respecto al contenido de N en la hoja. La posición de la hoja y todas las interacciones presentadas no alcanzaron significancia estadística alguna. La fuente de variación variedad tuvo efectos significativos en las medias de la concentración de N foliar lo cual ya fue indicado de acuerdo a lo presentado en el Cuadro 4.

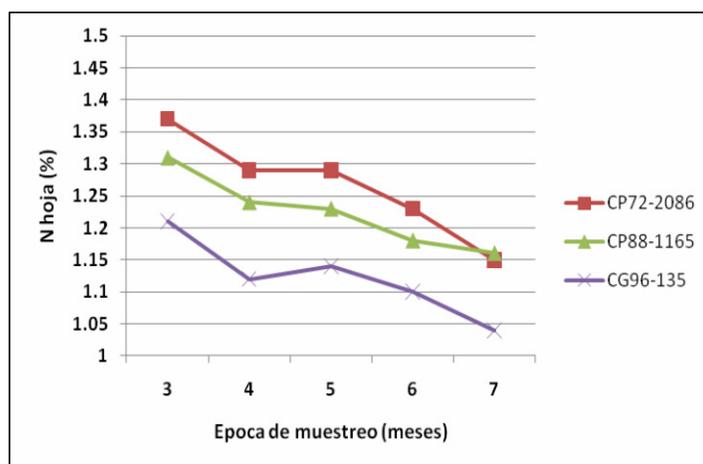
En la Figura 3 se puede ver el comportamiento de los valores promedios del N foliar para las diferentes épocas de muestreo en las tres variedades evaluadas. Se observa en forma muy consistente la disminución de la concentración de N en la hoja en la medida que se incrementa la edad del cultivo de 3 a 7 meses. Estas disminuciones se asocian, por un lado, a la existencia del efecto de dilución por un crecimiento rápido de la masa foliar y, por

otro, al desplazamiento de este nutriente hacia los órganos de mayor demanda de la planta en ese momento (Alcantar y Trejo, 2007; Merrien, 1992).

Por otro lado, se observa (Figura 3) que la concentración de N en la hoja independientemente de las variedades evaluadas presenta una cierta tendencia a estabilizarse entre los 4 y 5 meses que podría extenderse hasta los 6 meses de edad del cultivo a partir del cual tiene un rápido descenso al igual que lo que ocurre en la primeras etapas entre 3 y 4 meses. En caña de azúcar la edad más recomendable para la toma de muestras foliares utilizando la hoja TVD según varios autores esta entre 4 y 6 meses de edad del cultivo para los cuales existen estándares de comparación del estado nutricional del cultivo ( El Wali y Gascho, 1984; Halais, 1959; Anderson y Bowen, 1994).

**Cuadro 6. ANDEVA para la variable concentración de nitrógeno foliar (%) para variedades, épocas de muestreo y posición del tejido foliar**

FV	Gl	SC	Pr > F
Repetición	2	0.05	
Variedad	2	1.00	0.0011 **
Error (a)	4	0.03	
<b>Epoca de muestreo</b>	4	0.85	0.0038 **
Variedad * Epoca de muestreo	8	0.03	0.9986 ns
error (b)	24	0.98	
<b>Posición de hoja</b>	2	0.05	0.5166 ns
Variedad * Posición de hoja	4	0.06	0.7846 ns
<b>Epoca de muestreo * Posición de hoja</b>	8	0.29	0.3953 ns
Variedad * Muestreo * Hoja	16	0.54	0.4678 ns
Residual	185	6.35	
CV (%)		15.4	



**Figura 3. Concentración promedio de N en la hoja según 5 épocas de muestreo en 3 variedades de caña de azúcar**

Aunque como ya se indicó no hubo diferencias entre las medias de N en el tejido foliar determinadas en las hojas 1, 2 y 3, en la Figura 4 se presenta gráficamente la tendencia de las concentraciones de N en las cinco épocas en las tres variedades evaluadas.

En la Figura 4 se observa que la hoja 1 y la hoja 2 presentaron similar comportamiento durante los cinco muestreos en las tres variedades aunque en general el valor de N fue ligeramente superior en la hoja 2 pero que evidentemente no fue estadísticamente diferente que la hoja 1. Por su parte el comportamiento de la hoja 3 fue más errático en los tres casos. La edad de la hoja o posición de la hoja es muy importante determinarla por la variación que presenta. Hojas nuevas pueden presentar valores un poco más bajos por efectos de dilución por el rápido crecimiento que presentan comparadas con hojas más maduras (Malavolta 2001).

Estos resultados corroboran lo reportado en la literatura citada, la cual sugiere que la hoja que debe utilizarse para el diagnóstico foliar es la hoja 1 o TVD (Top Visible Dewlap), aunque particularmente Brasil ha empleado con bastante amplitud y aparente éxito la hoja 3. En la actualidad la hoja 1 (TVD) es la hoja más difundida y sobre la que existe mayor información ya que se estima que la TVD representa mejor la condición nutricional de la planta, al representar un tejido en plena transición (Chávez, 1998).

Es importante señalar que los valores promedio de N en la hoja encontradas en este trabajo aun con las aplicaciones mas altas de N y altos rendimientos son muy inferiores a los valores estándares reportados en la literatura como óptimos para la hoja TVD entre 4 y 6 meses (2.0 – 2.6 %) (Anderson y Bowen 1994). Estos valores inferiores se han observado en diversos ensayos de investigación y de plantaciones comerciales con la variedad CP72-2086 que en muchos casos son de alta producción, por lo que se infiere la importancia de investigar y verificar a nivel local los estándares más adecuados para las variedades y condiciones locales.

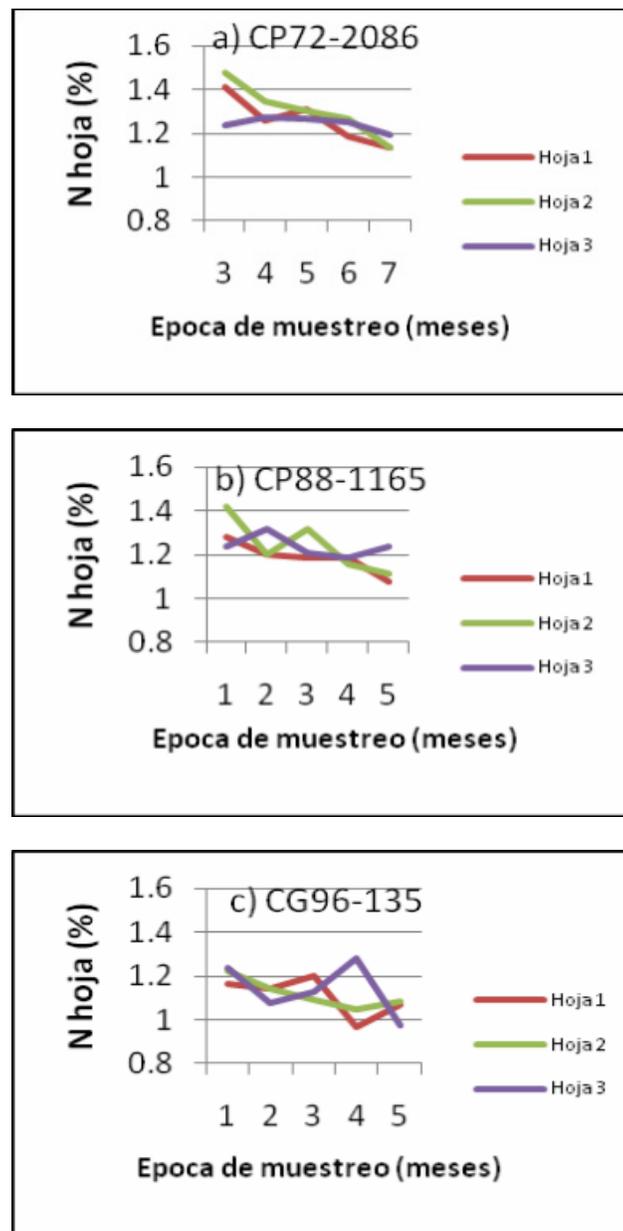


Figura 4. Concentración de N en 3 posiciones de hoja en 5 épocas de muestreo de 3 variedades de caña de azúcar

## CONCLUSIONES

La variedad CP72-2086 presentó en promedio el más alto contenido de N en la hoja con 1.27 por ciento, seguido por la variedad CP88-1165 con 1.23 por ciento siendo ambos iguales en términos estadísticos pero significativamente superiores a los contenidos de N (1.12 %) de la variedad CG96-135 que presentó el valor más bajo.

Se determinó que hay una disminución del contenido de N en la hoja en la medida que se incrementa la edad del cultivo de 3 a 7 meses siendo significativamente diferente el valor entre 3 meses contra 6 y 7 meses. Entre 4 y 5 meses se observó cierta estabilización con poca variación de tal manera que este período puede considerarse como el más adecuado para la toma de muestras foliares.

No hubo diferencias significativas entre los valores de N según la posición de la hoja, sin embargo se observó mayor variación entre los valores de la hoja +3. Los valores encontrados en la hoja 1 y hoja 2 aparte que fueron muy similares también tuvieron similar comportamiento durante las distintas épocas. Por lo que se determina y confirma el uso de la hoja 1 (TVD) para los muestreos de hoja.

El más alto rendimiento de caña se obtuvo con la variedad CP88-165 con 159.7 Tm/ha, el cual superó significativamente el rendimiento de la variedad CP72-2086 con el rendimiento más bajo (126.5 Tm/ha). La variedad CG96-135 tuvo en promedio un rendimiento intermedio de 139.8 Tm/ha.

La aplicación de N incrementó levemente el rendimiento de caña con incrementos de 3.2 y 3.5 Tm/ha de caña con la aplicación de 50 y 100 kg de N/ha con respecto al testigo sin N, sin embargo estas diferencias fueron no significativas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal del Laboratorio Agronómico de CENGICAÑA especialmente a la Lic. Wendy de Cano y Hugo Paz por la preparación y determinaciones analíticas realizadas en las muestras foliares del presente trabajo. Así mismo al personal de campo del departamento de investigación de Ingenio Pantaleon en la toma de muestras y manejo del experimento.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcántar G. y Trejo-Tellez L. 2007. Nutrición de cultivos. Mundi Prensa México, S.A. de C.V. Colegio de Postgraduados. 438p.

Anderson D. L. and J. E. Bowen. 1994. Nutrición de la caña de azúcar. Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS), Quito Ecuador. 40 p.

Chaves, M. (1998). Nutrición y Fertilización de la Caña de azúcar en Costa Rica. En: Memoria del XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso nacional de Suelos 1999. 193 – 214.

El Wali, A. M. and G.J. Gascho. 1984. Fertilization of sugarcane using critical nutrient levels. Sugar J. 46 (8):9-11.

Gascho G. J. y S. Thein. 1983. Diagnostico del contenido de nutrientes minerales en caña de azúcar. Metodo de muestreo. In: Seminarios Interamericanos de la Caña de Azúcar. Fertilidad y Manejo de Suelos. Florida. Miami. P. 325-349.

Halais P. 1959. The determination of nitrogenous fertilizer requirement of sugarcane crops by foliar diagnosis. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 10:515-521.

Malavolta, E. 2001. Diagnostico foliar. In Fertilidad de suelos: diagnostico y control, 2º ed. Por F.S. Silva, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. P 57-98.

Orozco, H.; Catalán, M; Castro, O. y Queme, J.L: 2004. Catálogo de variedades promisorias de caña de azúcar de la agroindustria azucarera guatemalteca. Morfología y productividad. Guatemala. CENGICAÑA. 40 P.

Pérez O. 2001. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Síntesis de resultados de investigación en la zona cañera de Guatemala. En: Memoria del X Congreso Nacional de ATAGUA, Guatemala. 98-104 p.

## ANEXOS

**Cuadro 1A. ANDEVA para la variable TCH**

<b>FV</b>	<b>Gl</b>	<b>SC</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Variedad</b>	2	6,161.49	0.0499 *
Repetición	2	178.11	
Error (a)	4	1,771.87	
<b>N</b>	3	195.37	0.5446 ns
<b>Variedad * N</b>	6	685.45	0.3166 ns
Residual	15	1,320.36	
CV	6.61 %		

**Cuadro 2A. ANDEVA para la variable concentración de sacarosa**

<b>FV</b>	<b>Gl</b>	<b>SC</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>Variedad</b>	2	0.53	0.4905 ns
Repetición	2	0.94	
Error (a)	4	1.23	
<b>N</b>	3	3.00	0.1360 ns
<b>Variedad * N</b>	6	7.38	0.0586 ns
Residual	15	6.96	
CV	5.97 %		