

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA DE SUELOS Y AGUAS

TRABAJO DE DIPLOMA

EFFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE NPK EN EL RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL EN CAÑA PLANTA DE LA VARIEDAD L 68 - 40 (*Saccharum* sp.), SOBRE SUELOS VERTISOLES.

AUTORES:

*B<sup>o</sup>. PABLO ARQUELLO MARENCO.*

*B<sup>o</sup>. TRANSITO BERRIOS PADILLA.*

ASESORES:

*Ing. Agr. MSc. Leonardo Garcia.*

*Ing. Agr. MSc. Pascual Rivera.*

*Managua, Nicaragua. Diciembre., 1,998*

# ÍNDICE GENERAL

<b>ITEM</b>	<b>Pag.</b>
Índice de Tablas.	i
Índice de Gráficos.	ii
Índice de Anexos.	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Resumen.	vi - vii
1.- Introducción.	1 -2
2.- Objetivos	3
3.- Revisión de Literatura	4 -6
4.- Materiales y Métodos.	7
4.1.- Localización del Lote Experimental y Descripción del Area Experimental.	7
4.1.1.- Localización del Lote Experimental. Experimental.	7
4.1.2.- Descripción del Area Experimental.	9
4.2.- Descripción del Diseño Experimental,. Característica Agrobotanica y Variables Analizadas.	10
4.2.1.- Descripción del Diseño Experimental.	10
4.2.2.- Características Agrobotanicas de la Variedad L 68 - 40.	11
4.2.3.- Variables Analizadas.	12 -14
4.3.- Descripción de los Tratamientos y Niveles.	14
4.4.- Manejo Fitotécnico.	16
4.5.- Análisis Estadístico.	17
5.- Resultados y Discusiones.	18
5.1.- Brotación.	18 -19
5.2.- Ahijamiento.	20-23
5.3.- Índice de Ahijamiento.	24-26
5.4.- Crecimiento Aparente (Altura).	27-29
5.5.- Crecimiento Diario Aparente.	30-31
5.6.- Diámetro del Tallos.	32-34
5.7.- Población de los Tallos Cosechados.	35-36
5.8.- Altura de Tallos Cosechables.	37-38
5.9.- Peso Promedio de los Tallos.	39-40
5.10.- Rendimiento Agrícola.	41-43
5.11.- Rendimiento Industrial.	44-46
5.12.- Rendimiento Agroindustrial.	47-51
6.- Conclusiones.	52
7.- Recomendaciones.	53
8.- Referencias Bibliográficas.	54-57
9.- Anexos.(DL1)	58-67

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>	<b>Pag</b>
1.- Análisis de disponibilidad de nutrientes en el área del experimento.	10
2.- Tratamientos Usados en el Ensayo	15
3.- Niveles de nutrientes de los Tratamientos.	15
4.- Porcentaje de Germinación Resultante por cada Tratamiento.	18
5.- Diámetro Promedio por Tratamiento.	33
6.- Población de Tallos Cosechados.	35
7.- Altura de Tallos Cosechables.	38
8.- Peso Promedio de Tallos.	40
9.- Rendimiento Agrícola.	42
10.- Correlación del rendimiento agrícolas con las variables de población, altura, diámetro y peso en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	43
11.- Rendimiento Industrial.	45
12.- Rendimiento Agroindustrial, expresados en t/ha.	48
13.- Valor Máximo y del 90 % de los Rendimiento Agrícola y Agroindustrial en Función de las Dosis de Nitrógeno Calculado con el Modelo Lineal y Tukey.	50

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°</b>		<b>Pag.</b>
1.	Condiciones climáticas prevalecientes en el tiempo de duración del ensayo según datos de la estación meteorológica del Ingenio AGROINSA.	8
2.	Porcentajes de Germinación de caña de azúcar en función de dosis de N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y K <sub>2</sub> O.	20
3.	Densidad Poblacional de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno.	22
4.	Densidad Poblacional de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo.	23
5.	Densidad Poblacional de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio.	24
6.	Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno.	25
7.	Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo.	26
8.	Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio.	27
9.	Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.	28
10.	Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.	29
11.	Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.	29
12.	Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.	31
13.	Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.	31
14.	Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.	32
15.	Diámetro de tallos molibles de caña de azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	34
16.	Población de tallos cosechables de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	37
17.	Altura de tallos cosechables de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	39
18.	Peso promedio de los tallos de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	41
19.	Rendimiento agrícola de la caña de azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	44
20.	Rendimiento Industrial de la Caña de Azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	47
21.	Rendimiento Agroindustrial de la Caña de Azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	50

## **INDICE DE ANEXO**

<b>Anexo N°</b>	<b>Pag</b>
1. Plano de Campo	59
2. Análisis de Varianza de las Variables Estudiadas en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	60
3. Análisis de Varianza de la población durante las etapas de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	61
4. Análisis de Varianza de la Altura durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	62
5. Valores Medios de las Variables Estudiadas de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	63
6. Valores obtenidos de Población Antes de la Cosecha Representada en Plantas por Metro.	64
7. Valores obtenidos de Índice de Ahijamiento Antes de la cosecha.	65
8. Valores obtenidos de Altura Antes de la cosecha expresados en cm.	66
9. Valores obtenidos de Crecimiento Diario Aparente.	67

## DEDICATORIA

A Dios gracias que me dio la sabiduría y persistencia para llegar a esta meta de mi vida.

A mis padres; **Arnoldo Arguello Ocampo** y **Rosario Marengo Quinto**, por sus sabios consejos dado en el transcurso de mi vida, por los esfuerzos hechos al brindarme la oportunidad de estudiar, así como el apoyo para alcanzar con éxito esta difícil pero no imposible meta profesional.

A Modesta Quinto Salgado, esa envidiable anciana que junto a mi madre me encomendaban en sus oraciones al señor.

A mis hermanos Mauricio, Javier, Antonio, Rolando y Brenda por su apoyo moral e incondicional brindado.

*Pablo Ernesto Arguello Marengo.*

## DEDICATORIA

Hay un antiguo proverbio que los modernos probablemente no conocen o con el cual pueden no estar de acuerdo., el mismo dice `Ayúdate que Jehová Dios te va ha ayudar. Dedico de forma especial y por sobre todas las cosas a Jehová Dios la persistencia y sabiduría que me dio para concluir mis estudios.

A mis padres: **Juan Berrios** y **Myriam Padillas** por el esfuerzo brindado y los sabios consejos que me dieron para la conclusión de esta meta.

A mis hijos: Yarithza Berrios y Joslyn Berrios.

A mi esposa Migdali Flores por su apoyo Altruista durante mis años de estudio.

*José del Transito Berrios Padilla*

## **AGRADECIMIENTO**

**A mis asesores durante la investigación: Ing. Msc. Leonardo García y Pascual Rivera, por sus ejemplos y sabios consejos, ellos forjaron en nosotros valores no solo científico - técnico, si no también humanos siendo estos una luz y guía para nuestra vida profesional.**

**A los Br: Hugo Mendoza y Lorena Cardoza, quienes coadyuvaron a forjar la escritura y impresión de la presente investigación.**

**A los profesores de la UNA, por su abnegación y perseverancia en su labor docente.**

**A los técnicos y trabajadores de campo (INGENIO AGROINSA), cuya ayuda otorgada por ellos en la ejecución del experimento de campo, el cual constituye parte integral de esta tesis.**

## **Summary**

This investigation was undertaken at the Sugar Refinery AGROINSA, from January 1995 thru January 1996. This evaluation was based on agro industrial yield in sugar cane in the variety L 68 - 40 (*saccharum sp L.*) in regards to different dosis of Nitrogen, phosfor, and potasium, cultivated in black soils, of the series Malacatoya (My) The experiment was designed on a complete block of sugar cane, chosen at randum (BAC), different análisis were on sproating, pupping, heighth, diameter per medium weight of the stems, agricultural yield, industrial yield, and agro industrial yield.

The results were submitted to análisis in Varianza and Regresion, based on the Tukey Scale of 1 to 5% in margin of errors. In all the variables evaluated observed a significant difference with exception on industrial yield and sproting.

The nitrogen resulted in being the best nutrient that had major positive influence applied in equal proportions. Phosphor and potasium had no significant influence obtained in the Tukey scale criteria, the optimum dosis in our study corresponded to 100 k/ha of nitrogen with 60 and 80 k/ha in phosphur and potasium.



## **RESUMEN**

La investigación realizada se llevó a efecto en el Ingenio AGROINSA de Enero de 1995 a Enero de 1996, se evaluó el rendimiento agroindustrial en caña planta de la variedad L 68-40 de caña de azúcar ( *Saccharum sp*), en respuesta a diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio cultivada en suelos negros vérticos, serie Malacatoya ( My). El experimento se diseñó de acuerdo a un bloque completo al azar (BCA), las variables analizadas fueron : Brotación, Ahijamiento, Altura, Diámetro, Peso Promedio de Tallos, Rendimiento Agrícola, Rendimiento Industrial y Rendimiento Agroindustrial.

Los resultados fueron sometidos al análisis de varianza y de regresión, además se realizó la separación de medias según Tukey al 1 y 5% de margen de error. En todas las variables evaluadas se observó diferencia significativa a excepción de: Rendimiento Industrial, Brotación.

El nitrógeno resulto ser el nutriente que presenta mayor influencia positiva y a la vez proporcional a las aplicaciones. No obstante el fósforo y potasio no influyeron significativamente, obteniéndose a través del criterio de Tukey la dosis optima del estudio correspondiente a 100 kg/ha de nitrógeno con fondos fijos de 60 y 80 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente.

# **1. INTRODUCCION**

La caña de azúcar ( *Saccharum spp* ), es una gramínea de gran importancia, como cultivo industrial, para muchos países en el mundo, principalmente para aquellos donde sus condiciones climáticas de trópico, favorecen su adaptabilidad a lo largo de su ciclo vegetativo.

En Nicaragua la industria azucarera es una de las principales fuentes de empleo y generadora de divisas y por ende uno de los rubros básicos de nuestra economía.

Según datos del MAG (1997), en los últimos dos ciclos 95/96 y 96/97, la producción de azúcar aumentó debido a diferentes factores tales como: Mayor financiamiento con fondos propios, aumento de la demanda nacional, mejores rendimientos por área de siembra e incremento de las áreas sembradas. Esto se justifica claramente en el ciclo 96/97, donde las áreas de siembra se incrementaron en un 15% con relación al ciclo 95/96, obteniéndose una producción total de caña de 4,000.000 de toneladas superior en un 14% al ciclo anterior.

La adecuada fertilización de nuestros cultivos representa uno de los más importantes medios para tal fin . En este sentido la caña de azúcar le es indispensable una nutrición balanceada para obtener rendimientos agroindustriales satisfactorios.

Así el efecto del suelo en la composición química de la caña de azúcar, tiene un rol indispensable, como fuente primaria de elementos nutritivos. Datos presentados por Honing (1934) indican que, como promedio la cantidad de nutrientes en la planta es baja, mientras mas deficiente es el suelo en los elementos afectados.

**Por otra parte es muy importante recalcar que la investigación, cuyo acento recae en intentar comprender mejor el comportamiento nutricional de la caña de azúcar, ha sido y seguirá siendo la mejor manera para conocer la relación del nitrógeno, fósforo y potasio. Jacobs y VexKul (1966), indica que entre los tres elementos básicos, el nitrógeno tiene la primicia y que un balance con fósforo y potasio previene los indeseables efectos secundarios de una aplicación unilateral de nitrógeno.**

**En Nicaragua, con el fin de mejorar la actividad cañera desde el punto de vista nutricional, se están realizando investigaciones (que son el primer paso en el camino de la eficiencia), a través de experimentos montados y ejecutados en el ingenio AGROINSA con la colaboración de la Escuela de Suelo y Agua de la Universidad Nacional Agraria ( UNA ).**

## **2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar la dosis óptima de NPK en el crecimiento y desarrollo en caña de azúcar, que satisfagan las necesidades Agroindustriales.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1.- Estudiar la interacción de los diferentes nutrientes en el crecimiento y desarrollo en caña planta.
- 2.- Analizar el efecto de los tratamientos en el rendimiento agrícola en caña planta.
- 3.- Determinar los niveles de nutrientes que mejor respuesta tengan al rendimiento industrial.

### **3. Revisión de Literatura**

En los distintos ingenios del país, aun no existe una técnica específica adecuada de fertilización para los distintos tipos de suelos por zona, región o unidad de producción, encaminada a suplir las necesidades nutricionales del cultivo.

Fauconnier & Bassereau (1975), afirman que un cultivo que se practica sin la aplicación de minerales a lo largo de todo el año, conlleva al agotamiento del suelo y conviene tener presente que es mucho más barato mantener una buena fertilidad, que intentar restablecerla después.

La germinación es la base para la obtención de un rendimiento alto en caña, ya que proporciona los tallos primarios a través de los cuales se genera aumento de los vástagos.

Llamas et al. (1980), plantean que para aumentar los rendimientos por unidad de área, la germinación resulta uno de los puntos básicos para alcanzar buenos rendimientos.

La altura refleja el incremento en tamaño de los tallos medidos desde el suelo u otro punto fijo cualquiera hasta el primer cuello o dewlap visible en el tallo.

La tendencia de los canutos a adquirir una longitud determinada está íntimamente asociado al gran periodo de crecimiento y este a su vez se encuentra definido por las características de la variedad así como por factores del ambiente en el que el cultivo se desarrolla, Martín et al. (1987).

Siendo el diámetro una característica meramente varietal, por lo tanto es importante tenerlo en consideración al momento de seleccionar la variedad, ya que repercute en el rendimiento final.

El diámetro del tallo es una característica inherente a la variedad, la caña planta tiene tallos de diámetros mas gruesos que las socas. Las condiciones de desarrollo adversa tienen un mayor impacto en la longitud de los entre nudos que en el diámetro de los tallos de caña (Humbert, 1974).

La población de tallos cosechados influye considerablemente en el rendimiento agrícola, la cantidad de caña por cepa es muy variable y esta en dependencia del grado de desarrollo de los tallos y la dosis de nutriente aplicados.

En Java donde la caña es cortada a una edad promedio de 14 meses, las aplicaciones crecientes de nitrógeno dan como resultado un mayor número de tallos molibles, hasta alcanzar un máximo mas allá del cual aplicaciones adicionales de este nutriente no producen incremento alguno en el número de tallos, Arzola et al. (1981).

El rendimiento agrícola refleja la cantidad de tallos molibles cosechados así como el peso de los mismos, expresándolo en toneladas por hectáreas. Norman (1971), afirma que este rendimiento depende de los caracteres fundamentales tales como: números de tallos molibles y el peso de los mismos, este último a su vez se deriva de la altura y diámetro del tallo.

Experimentos realizados por distintos investigadores sobre la influencia del aporte de minerales en rendimiento en caña planta, coinciden al afirmar la respuestas benéficas para el cultivo. Pérez (1982), informa que en caña planta solo se encontró respuesta al nitrógeno en suelos negros.

**Thomas & Scott (1990), señalan que la fertilización nitrogenada puede reducir la respuesta al fósforo y potasio al incrementar la absorción de estos elementos en el suelo, ya que las aplicaciones de nitrógeno aumentan la tasa de crecimiento, puede asumirse que las raíces y las partes aéreas fueron estimulados incrementando por tanto el área de absorción.**

**El rendimiento agroindustrial refleja la importancia que tiene este producto en términos de calidad y cantidad en un cañaveral. En este sentido es un factor a tener en consideración al determinar las dosis óptimas. Espinoza (1980), afirma que el rendimiento de azúcar por área responde mas a los incrementos de rendimiento agrícola que al contenido de pol en caña.**

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. LOCALIZACIÓN DEL LOTE EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DEL AREA EXPERIMENTAL.**

#### **4.1.1 LOCALIZACION DEL LOTE EXPERIMENTAL**

El ensayo fue realizado en el ingenio AGROINSA, ubicado en el municipio de Tipitapa, Departamento de Managua, a 37 kilómetros de la ciudad capital.

El ingenio esta localizado: Entre los  $12^{\circ}$  y  $10'$  y  $12^{\circ}$   $19'$  latitud norte,  $85^{\circ}$   $56'$  longitud oeste y tiene altitud de 75 msnm.

Según Humbert (1963), las condiciones climáticas son uno de los factores de mas importancia en el establecimiento y desarrollo del cultivo. Las temperaturas registradas marcan las óptimas, para el crecimiento del cultivo en los primeros estadios, paralelo a ella se encuentran la máxima evaporación, siendo para el cultivo indispensable la aplicación del riego.

Desde Septiembre hasta Diciembre la temperatura bajó substancialmente facilitando el aumento de la calidad del jugo y su cosecha. (Ver Figura.1).



1995

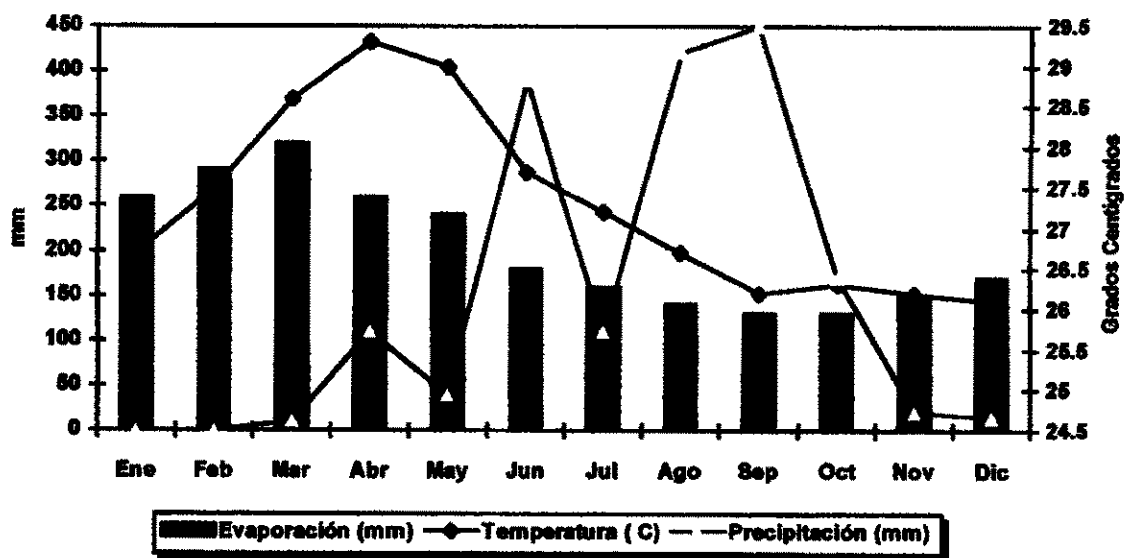


Figura. 1 Condiciones climáticas prevalecientes durante el Ensayo.

## 4.1.2 DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

### • CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SERIE

#### MALACATOYA

Serie	:	My
Perfil	:	Tipo A - C
Fase	:	My - D <sub>2</sub> , M y - X , D , My - D <sub>3</sub> Ab My - D <sub>4</sub> A, b, My D <sub>4</sub> 5b
Topografía	:	Plana
Drenaje	:	Muy lento
Velocidad de Infiltración	:	Lenta ( 0.1 - 0.2 cm/hr ).
Textura	:	Arcillosa
Estructura	:	Es granular, fuerte en la superficie y blo- cosa angular fuerte en el subsuelo.
pH	:	6.7 ligeramente ácido.
Coloración	:	Negra o gris oscuro.
CIC(meq/100g suelo)	:	Alta
%SB	:	Alta
Mineral Predominante	:	2:1 Montmorillonítica
%M.O	:	Moderada en la superficie y baja en la profundidad.

Fuente: Estudio de factibilidad proyecto Agroindustrial Azucarero Tlaxiapa - Malacatoya. Midinra (1978).

El suelo donde se llevó a cabo el ensayo es de tipo negro vertisol de la serie Malacatoya ( M y ) Typic pellusterts. Este se encuentra diseminado en la planicie intermedia de sedimentación, ocupando una superficie de 8,638 ha, que corresponde a un 17.8% del área total del ingenio , además una de las características importante de estos suelos es que tienen aproximadamente 150 cm de profundidad y un drenaje imperfecto.

**Tabla 1. Análisis de disponibilidad de nutriente en el área del experimento.**

%			Ppm	Meq/100 g suelo			Análisis Textural (%)		
Ph	MO	N	P	K	Ca	Mg	Arcilla	Limo	Arena
6.6	3.4	0.17	1.7	0.58	16.1	8.2	88	10	2

Los resultados obtenidos se describen de la siguiente forma: pH muy ligeramente ácido, M.O esta en porcentaje medio, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio manifiestan rangos altos no así el fósforo cuyo resultado se encontró en términos medios. Estos resultados se evaluaron de acuerdo al rango de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua, según (Quintana et al., 1983).

## **4.2. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL, CARACTERÍSTICAS AGROBOTANICAS Y VARIABLES ANALIZADAS**

### **4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental fue un bloque completo al azar (BCA), con 5 repeticiones, con una separación de 3 m. entre los mismos.

La parcela experimental contó con 4 surcos de 8 m de longitud y una separación entre sí de 1.4 m, para un área experimental de 44.8 m<sup>2</sup>, la separación entre cada parcela fue de un surco muerto. El área total del ensayo fue de 5,241.6 m<sup>2</sup>.

#### **4.2.2. CARACTERISTICAS AGROBOTANICAS DE LA VARIEDAD L 68 - 40**

<b>Origen</b>	:	Universidad de Lousiana U.S.A variedad híbrida del año 1968.
<b>Tipo de Madurez</b>	:	Media / Tardía.
<b>Hábito de Crecimiento</b>	:	Erecto
<b>Germinación</b>	:	Mayor o igual a 50%.
<b>Ahijamiento</b>	:	Mayor o igual a 12 tallos por metro.
<b>Formal del canuto</b>	:	Casi cilíndrico ligeramente más grueso en los extremos.
<b>Altura promedio</b>	:	2.10 mts
<b>Color</b>	:	Amarillamiento anaranjado con abundantes manchas y estrillas rojizas.
<b>Yemas</b>	:	Redondeadas y abultadas, con brácteas que sobresalen principalmente en la parte media superior a semejanza de un corazón, la yema alcanza el nivel de anillo de crecimiento. El surco de la yema es poco frecuente y poca profundidad.
<b>Anillo</b>	:	Anaranjado , rojizo frecuentemente en la mitad superior del tallo y verde amarillamiento en la mitad inferior del tallo.
<b>Hoja</b>	:	Media ancha y a unos 45° respecto del tallo.
<b>Comportamiento</b>	:	Susceptible al carbón ( <u>Ustilago scitaminea</u> ) resistente a la escaldadura foliar ( <u>Xanthomona albilineans</u> ) resistente a la pudrición roja ( <u>Colletotrichum falcatum</u> ).

### **4.2.3 VARIABLES ANALIZADAS**

#### **Antes de la cosecha.**

**1. Brotación:** Esta variable se evaluó a los 30 dds. El recuento fue realizado con el total de plántulas en todas las parcelas y en todos los bloques. Calculándose el porcentaje de brotación a través de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de brotación} = \frac{\text{Yemas brotadas}}{\text{Yemas plantadas}} \times 100$$

**2. Población:** Se realizó conteo quincenalmente a partir de los 45 dds, contando el total de plantas en los 2 surcos centrales de cada parcela, en los 3 bloques centrales. Estos conteos reflejaron el ahijamiento y se expresa en plantas por metro (p/m), siendo calculado como la relación entre el total de plantas y el total de metros.

**3. Índice de ahijamiento:** Se calculó dividiendo las plantas por metro, obtenidas en cada muestreo por el número de plantas por metro obtenidas a los 30 dds, esto reflejó la cantidad de hijos producidos.

**4. Altura:** Se efectuó midiendo la longitud desde la base de la planta hasta el primer "dewlap" o cuello visible (en centímetro). Para ello se seleccionaron, de los dos surcos centrales de cada parcela en los tres bloques centrales del ensayo 6 plantas, presentando el mismo porte y aspecto. Esta medición se realizó quincenalmente a partir de los 45 dds y siempre a las mismas plantas marcadas. La altura de las plantas por parcela fue el promedio total de las plantas.

**5. Crecimiento diario aparente:** Se calculó restando la altura de una medición posterior de una medición anterior dividiendo el resultado entre el número de días transcurrido entre las dos mediciones. Este medición refleja el efecto de los tratamientos o de las condiciones ambientales ( Temperatura, sequía etc. ), sobre el ritmo de crecimiento de las plantas.

La toma de datos se hizo quincenalmente, hasta que la curva de ahijamiento alcanzó su punto máximo y comenzó a descender; a partir de aquí se hicieron otros 4 recuentos quincenales, y luego se hizo mensual hasta el momento de la cosecha.

### **Mediciones a la cosecha.**

**1. Población de tallos molibles:** Se contaron todos los tallos molibles en cada uno surcos de cada parcela en todos los bloques. Esta población se expresa en tallos molibles por unidad de área.

**2. Diámetro:** Se midió al momento de la cosecha, tomándose 8 tallos de los dos surcos centrales de cada parcela experimental, en cada uno de los cinco bloques que comprendieron el área del experimento (se expresó en centímetro).

**3. Altura de tallos molibles:** Se realizó al momento de la cosecha, considerando únicamente la altura de cosecha, la cual no toma en cuenta la altura definida por Dillewijn (1952), que considera la longitud del tallo desde la base hasta el primer "dewlap" visible.

**4. Peso promedio de los tallos:** Esta variable como componente del rendimiento agrícola, fue calculada al momento de la cosecha pesando todos los tallos de cada parcela de todo el ensayo expresados en kg/tallo.

5. Rendimiento agrícola: Se pesaron todos los tallos molibles de cada surco y de cada parcela, en todos los bloques del ensayo. El rendimiento agrícola se expresa en toneladas de caña por unidad de área.

6.- Rendimiento Industrial: Una semana antes de la cosecha se procedió a tomar muestra al azar de 10 tallos molibles en los surcos centrales de cada parcela en todos los bloques. Posteriormente estas fueron enviadas al laboratorio para análisis de ( Brix, sacarosa, pureza). El rendimiento industrial se expresa en libras de azúcar por toneladas de caña.

7. Rendimiento agro-industrial: Este se obtuvo de la multiplicación del rendimiento industrial por el rendimiento agrícola, expresado en toneladas de azúcar por unidad de área.

### **4.3. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS Y NIVELES**

En el trabajo de investigación realizado, se utilizaron 13 tratamientos conteniendo 5 dosis diferentes de N, P y K, distribuida de manera al azar en cada una de las parcelas . A continuación se detallan en la Tabla 2.

Los tratamientos se basaron en la combinación de los diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio (ver Tabla 3).

**Tabla 2. Tratamientos usados en el ensayo.**

Tratamiento	N <sub>2</sub> (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( kg/ha )	K <sub>2</sub> O ( kg/ha)
1	0	60	80
2	50	60	80
3	100	60	80
4	150	60	80
5	200	60	80
6	100	0	80
7	100	30	80
8	100	90	80
9	100	120	80
10	100	60	0
11	100	60	40
12	100	60	120
13	100	60	160

**Fuentes de Nutrientes utilizados.**

Nitrógeno : Urea 46%  
 Fósforo : Superfosfato triple 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  
 Potasio : Muriato de potasio 60% K<sub>2</sub>O

**TABLA 3. Niveles de nutrientes de los tratamientos**

Nutrientes	Niveles de nutrientes ( kg/ha)				
	1	2	3	4	5
N	0	50	100	150	200
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	30	60	90	120
K <sub>2</sub> O	0	40	80	120	160



El ensayo fue plantado el 6 de Enero de 1995, utilizando trozos de tres yemas de la variedad L 68-40 con una densidad de siembra de 9 yemas por metro, y se cosechó a los 12 meses ( 19 de Enero del 96 ).

#### **4.4 Manejo fitotécnico del ensayo.**

Los lotes para montar el ensayo fueron seleccionados por los técnicos del Ingenio AGROINSA , en base al manejo de los lotes comerciales. El manejo de los mismos se realizó lo más uniformemente posible en cuanto a :

- **Preparación del terreno:** Consistió en un pase de grada pesada a 30 cm de profundidad , un pase de grada mediana y dos pases cruzados de grada liviana.
- **Fertilización:** Las diferentes dosis fueron aplicadas al fondo del surco, al momento de la siembra utilizando los tratamientos que se describen en la tabla 2.
- **Siembra:** Realizada de forma manual, colocándose 24 trozos (de 3 yemas cada uno) de la variedad L 68-40 por surco. Este material se obtuvo de plantaciones sanas de 8 meses de edad.
- **Limpia:** A los 13 días después de la siembra se aplicó un herbicida pre-emergente denominado exasinona ( Arsenal ) a razón de 0.7 l/ha. En el transcurso del experimento, el cultivo se mantuvo limpio a través del desyerbe.
- **Se realizó la labor de cultivo a los 40 días después de la siembra.**

- Se aplicó riego con intervalo de 8 días y en los meses de invierno ( mayo - octubre) de manera ocasional; este se suspendió un mes antes de la cosecha. El tipo de riego utilizado fue el de pivote central.
- Cosecha: Se realizó de forma manual, pero sin realizar quema, el día 19 de enero de 1996.

#### **4.5 Análisis Estadísticos.**

Los datos fueron sujetos al análisis de varianza a través del paquete de diseño experimentales FAUANL, programa realizado por la universidad de Chapingo México. Posterior al análisis se procedió a realizar el fraccionamiento de los grados de libertad para determinar el efecto de cada nutriente.

En dependencia de los resultados de fraccionamiento, se efectuó un análisis de regresión para los nutrientes que tuvieron respuesta con significancia estadística, y así determinar el modelo matemático ( lineal ó cuadrático ) que mejor se ajuste a los datos observados.

Para concluir, se efectuó la estimación de la dosis recomendable con el uso de los siguientes modelos aproximativos, que relacionan al factor y la repuesta para presentar la máxima eficiencia económica.

Se escogió el modelo que presentó el mayor coeficiente de determinación ( $r^2$ ) significativo.

##### **Modelos lineales.**

- Modelo lineal simple.  $y = b_0 + b_1$
- Modelo lineal discontinuo  $y = b_0 + b_1x$

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Brotación

Cuando se planta un trozo de caña en el suelo, las yemas que posee hasta esos momentos se encuentran en estado parcialmente latente y su transición a la etapa activa constituye un proceso complejo. Para designar la característica de brotación que no es mas que la Emisión de rebrotes a partir de las yemas germinales ( **Fauconnier & Bassereau, 1,975**), deben ser considerado dos aspectos: uno que se refiere al tiempo que demora en producirse la emergencia y otro que esta relacionado con la calidad (%) de la misma (**Vara & Alcolea, 1,983**).

Por otro lado, según **Dillewijn (1952)**, la buena germinación significa un buen comienzo y aporta las bases para una cosecha segura; su máxima actividad se ve influenciada por los factores del medio, los cuales pueden ser modificados por el hombre con las prácticas y métodos de cultivo.

En la tabla #4. Se presenta los porcentajes de germinación para las distintas combinaciones.

Tabla 4. Porcentaje de Germinación, resultante por cada tratamiento.

NO.	TRATAMIENTO	GERMINACIÓN	NO.	TRATAMIENTO	GERMINACIÓN
1	0 - 60 - 80	23.94	8	100 - 90 - 80	28.05
2	50 - 60 - 80	31.32	9	100 - 120 - 80	41.34
3	100 - 60 - 80	28.68	10	100 - 60 - 0	36.33
4	150 - 60 - 80	33.08	11	100 - 60 - 40	42.04
5	200 - 60 - 80	32.55	12	100 - 60 - 120	25.60
6	100 - 0 - 80	34.61	13	100 - 60 - 160	31.30
7	100 - 30 - 80	28.83			

El análisis estadístico no refleja diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con respecto a esta variable.

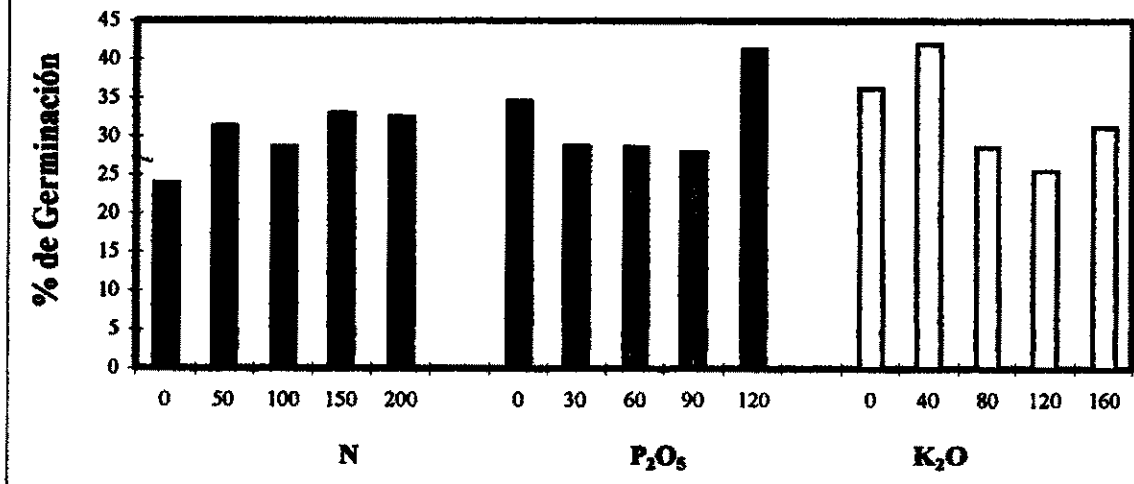
El nitrógeno manifestó una influencia benéfica con fondo de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ , se observó que a medida que se incrementaban las dosis de 50 - 150 kg/ha de N, se aumenta el porcentaje de germinación, siendo este afectado, cuando se aplican más de 150 kg/ha de N. Con 150 kg/ha de nitrógeno el porcentaje de germinación fue el mejor con respecto a las demás dosis de este nutriente, cuyo valor fue de 33.08 %, en cambio sin la aplicación de nitrógeno y manteniendo los mismos fondos fijos se obtuvo el menor porcentaje de germinación de los tratamientos evaluados con 23.94 %. Esta baja germinación se debió principalmente al alto contenido de humedad en el suelo (anegamiento), producto del mal drenaje del mismo.

Con relación al fósforo se presentó la situación siguiente: Utilizando fondos fijos de 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de  $P_2O_5$  la mejor respuesta fue de 41.34 % con dosis de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  con dosis menores a ella, y manteniendo los mismos fondos se producen porcentajes menores. Según Dillewijn (1952), Hay una tendencia general de la caña a responder mas fácilmente a las aplicaciones de fosfato, mientras mas baja es la concentración del fósforo en el suelo.

En el caso del potasio usando fondos de 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$  el porcentaje de germinación tuvo su máximo incremento hasta un 42.04 % con 40 kg/ha de  $K_2O$  siendo esta dosis la mejor en todos los tratamientos evaluados, dosis mayores de  $K_2O$  se redujo la brotación. Es importante considerar que a pesar que la dosis de 40 kg/ha de potasio es la mejor su diferencia con el testigo es de solo 13.59 % muy significativo en la variable.

En la figura 2 se presentan los diferentes porcentajes de germinación en función de las dosis de N, P y K.

**Figura. 2 Porcentaje de germinación de la variedad L.68-40 a los 30 dds en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio**



## 5.2 Ahijamiento

El ahijamiento es el proceso mediante el cual un tallo es capaz de dar origen a un grupo de vástagos provenientes de sus yemas subterráneas. Según **González (1983)**, el Ahijamiento parece ser un proceso mas o menos continuo que puede dar por resultados la formación de cepas con varios centenares de tallos.

Los resultados demostraron que, independientemente de las dosis aplicadas la tendencia en el aumento del número de plantas se manifiesta entre los 45 - 60 dds, de tal forma que el Ahijamiento llega a un máximo entre los 75-120 dds; posteriormente la curva de Ahijamiento comienza a descender, como una consecuencia de la dinámica de la población de los tallos.

Según **Fernández et al., (1983)**, la población de tallos en un cañaveral se acentúa durante las primeras etapas de desarrollo y disminuye considerablemente, cuando la plantación produce una suficiente cantidad de hijos y en consecuencia se cubre el cañaveral. Tan pronto ocurre esto, se produce la inhibición del Ahijamiento.

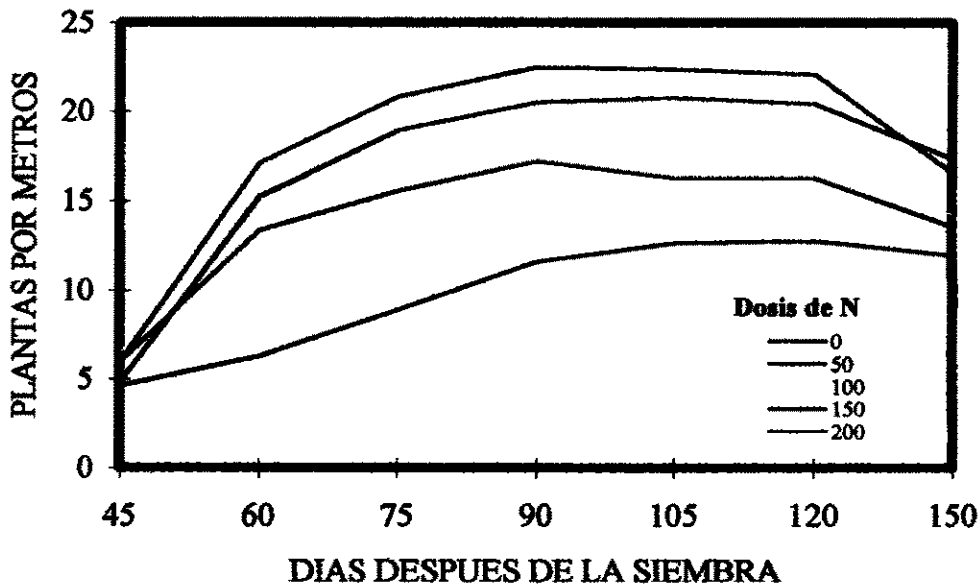
De acuerdo al análisis estadístico realizado, el nitrógeno presentó efectos significativos, y cuyos resultados se acomodaron a un modelo lineal (Figura.3). Además las dosis de nitrógeno tuvo un incremento directamente proporcional (al aumentar las mismas) con respecto al número de plantas producidas.

Al aplicar el nitrógeno el ahijamiento obtuvo su máximo incremento entre los 75 - 120 dds, con fondo fijo de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ , este elemento logro su mayor densidad poblacional utilizando las dosis de 200 kg/ha de N en la medida que dicha dosis bajara y manteniendo los mismos fondos el ahijamiento tiende a decrecer.

De acuerdo a lo manifestado anteriormente, los resultados encontrados son similares a los publicados por Dillewijn (1952), donde las aplicaciones de nitrógeno aumentan hasta llegar a un óptimo, después del cual las aplicaciones adicionales de nitrógeno no ejercen efecto alguno.

En la Figura. 3 se expresa la densidad poblacional en función del nitrógeno.

Figura 3. Densidad poblacional de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.



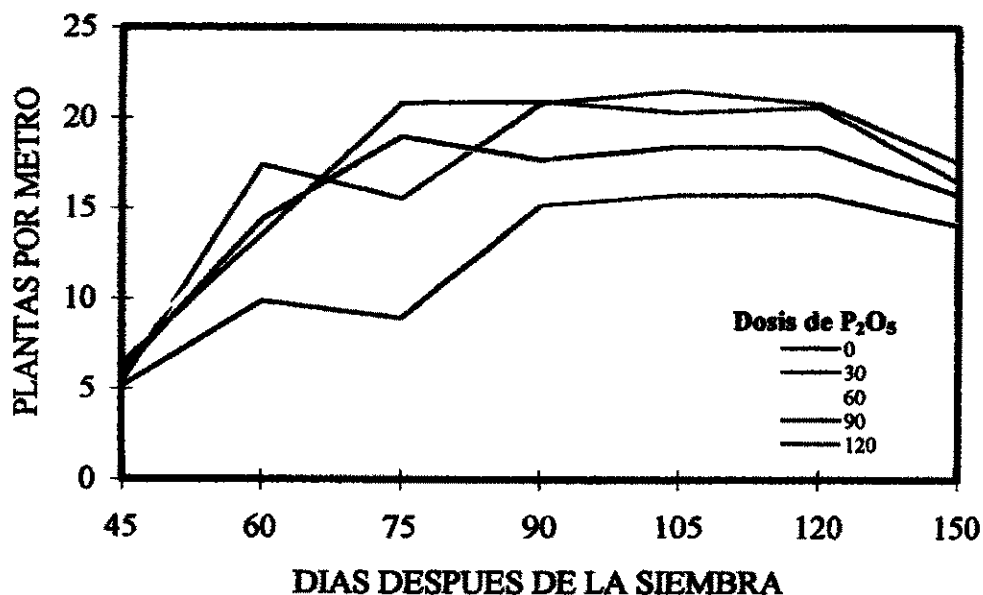
Con relación al fósforo, la variable en cuestión presenta poca variación entre los niveles de 30 - 120 kg/ha de  $P_2O_5$ , con fondos fijos de 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de  $K_2O$ , (ver la figura 4).

Sin embargo en el intervalo de 60 - 75 dds, se aprecia diferencias considerables en el número de plantas producidas con relación a 0 kg/ha y 30 kg/ha  $P_2O_5$ , quedando manifestado el aporte que hace este nutriente a dicha variable. Pero es a partir de los 90 hasta 120 dds donde relaciones bajas de N/P alcanzan puntos similares a las interacciones altas.

Es de considerarse que el buen aprovechamiento del fósforo por la planta se debe en parte a que el suelo donde se montó el ensayo tiene un rango MEDIO de este nutriente, de ahí que la relación N/P con 0.83 fue muy provechosa para esta variable.

En este sentido Fauconnier y Bassereau (1,975), afirman que uno de los efectos importantes del fósforo es fomentar el ahijamiento y la formación de raíces, confirmando lo que se observó en nuestro estudio.

Figura. 4 Densidad poblacional de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de fosforo.

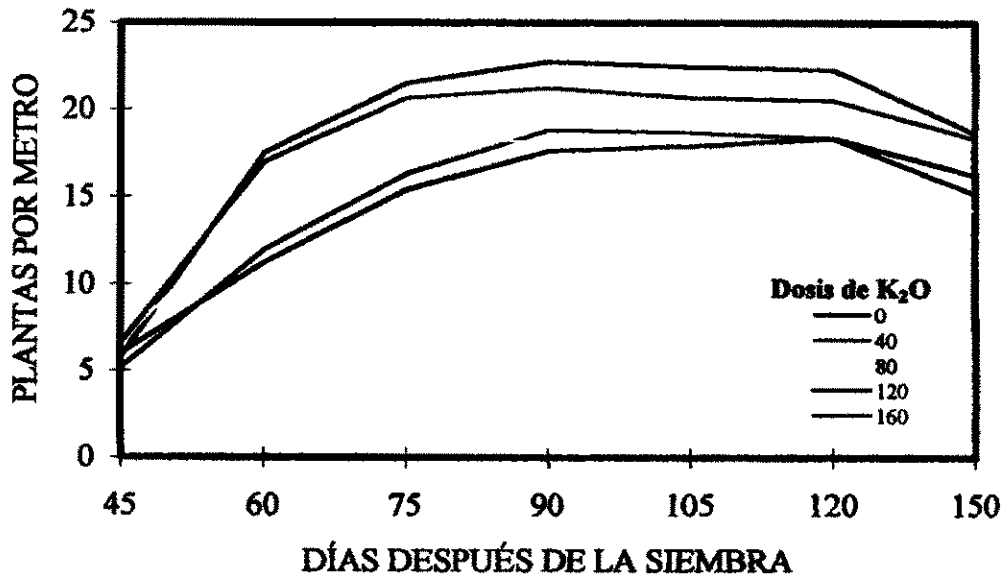


De acuerdo a la figura. 5, la dosis de potasio presentaron un óptimo ahijamiento entre los 75 - 120 dds, pero estadísticamente no presentó ninguna influencia en los niveles estudiados.

Por otro lado, el efecto del factor potasio fue casi nulo, con fondo de 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. El ahijamiento fue el mejor cuando no se aplicó potasio, siendo menor la población cuando se hizo uso de él.



Figura.5 Densidad poblacional de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de potasio.



### 5.3 Índice de ahijamiento

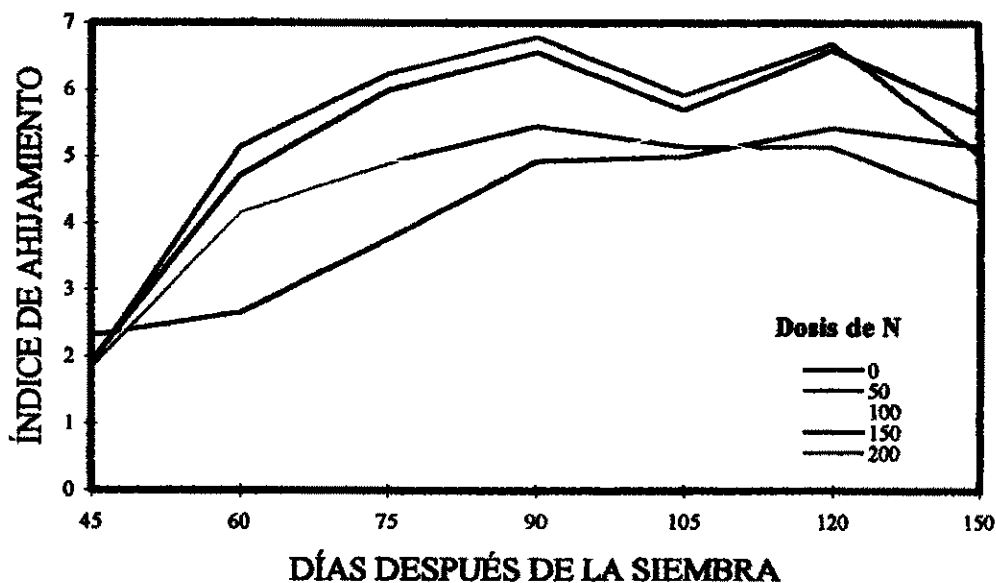
La modalidad del índice de ahijamiento varía de acuerdo a la variedad, y por consiguiente es una característica de importancia, ya que nos permite observar detalladamente el número de tallos que se va produciendo por vástagos.

El índice de ahijamiento aparentemente es independiente de la dosis aplicada, ya que se incrementa entre los 45 - 60 dds, esto se verifica en la figuras. 6, 7 y 8.

El nitrógeno presentó el mayor índice de ahijamiento entre los 75 - 90 dds, con fondo fijo de 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Se puede observar que el mejor índice poblacional se dio con la dosis de 200 kg/ha de N (Figura. 6); con aplicaciones menores de nitrógeno y manteniendo los mismos fondos fijos, disminuye el número de hijos producidos.

En la Figura. 6 se presenta el índice de ahijamiento de los diferentes tratamientos evaluados.

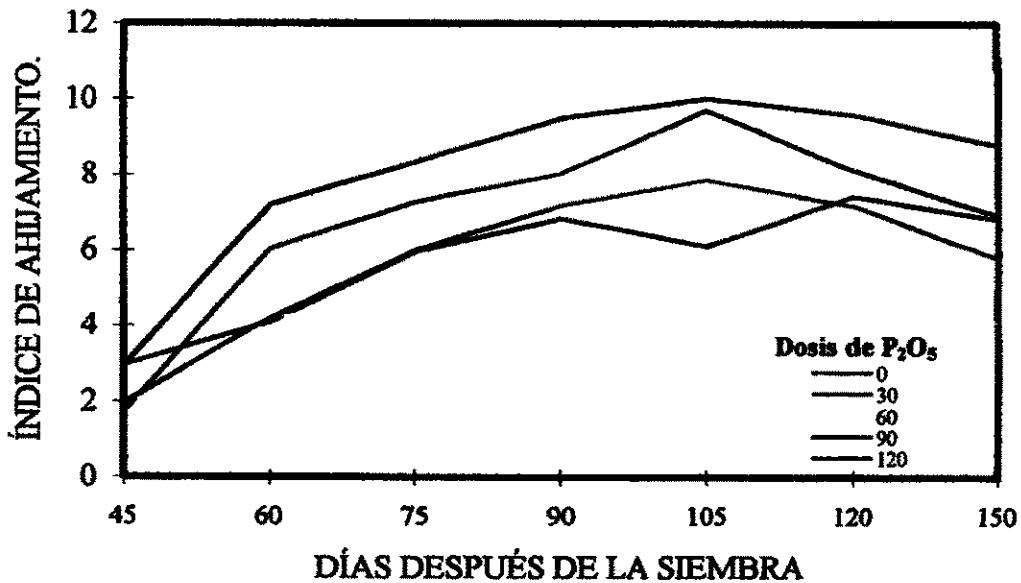
Figura 6. Índice de ahijamiento de la variedad L68 - 40 en función de la dosis de nitrógeno.



En el caso del fósforo, este presentó el mayor incremento en el número de vástagos entre los 75 y 120 dds. (Figura. 7), con fondos fijos de 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de  $K_2O$ . Se puede apreciar que el mejor índice de ahijamiento se dio con dosis de 90 kg/ha de  $P_2O_5$ ; con dosis mayores o menores a esta, sucede una disminución del índice poblacional.

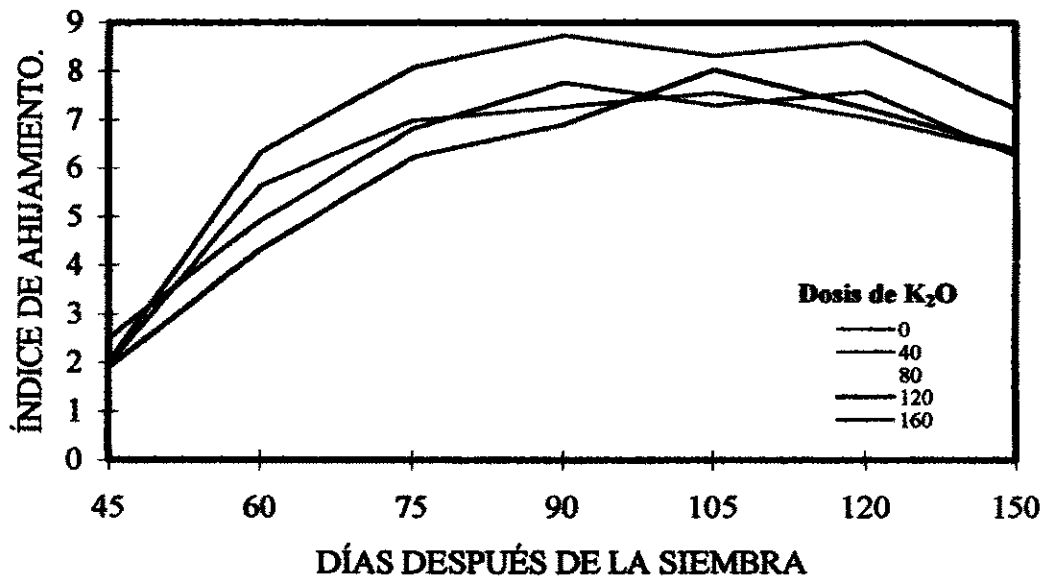
Sin embargo, algo muy notorio se presenta con este nutriente, ya que el nivel de 90 kg/ha es el doble que el de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  desde los 75 hasta los 150 dds, por lo que se asume que relaciones bajas de N/P tienden a aumentar el índice de ahijamiento, tal es el caso de la relación 1.11 que es mejor que la 1.66.

Figura 7 Índice de ahijamiento de la variedad L68 - 40 en función de la dosis de fósforo.



En relación al potasio, su máximo incremento se dio entre los 75 - 120 dds (Figura. 8). El efecto del potasio es nulo, ya que con fondos de 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se alcanza su mejor aumento de índice poblacional, cuando no se aplico potasio; por el contrario el índice de población es inferior al hacer aplicaciones de este elemento. Esto se debe fundamentalmente a que el suelo donde se llevo a efecto el estudio tiene un rango ALTO de potasio.

Figura 8 Índice de ahijamiento de la variedad L68 - 40 en función de la dosis de potasio



#### 5.4 Crecimiento Aparente (Altura)

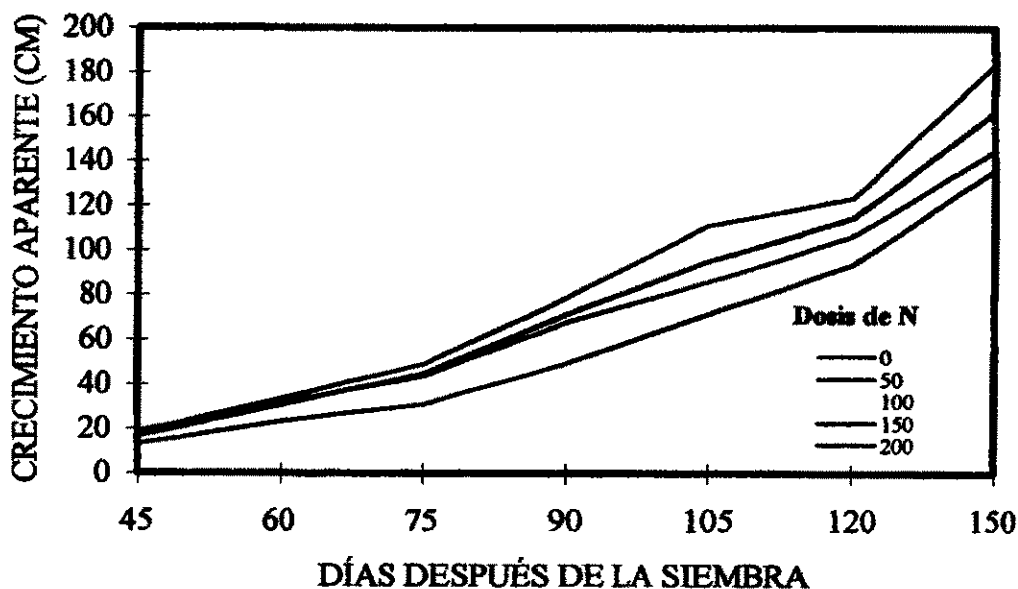
A menudo se piensa en el crecimiento en términos de elongación, pero en sentido más amplio el crecimiento incluye el aumento de materia seca, al igual que el aumento de tamaño y peso.

El tallo es la parte más importante de esta planta, cuya altura está determinada por el gran período de crecimiento medido desde el suelo u otro punto fijo cualesquiera hasta el primer cuello o dewlap visible.

El análisis estadístico de nuestros resultados muestran que el Nitrógeno tuvo efecto significativo, y se obtuvo la mayor altura hasta con 200 kg/ha de nitrógeno, no así con la dosis testigo que le corresponde la menor altura (ver figura.9).

El ritmo de elongación de la caña aumenta conforme se acrecienta la frecuencia o proporción de aplicación de nitrógeno hasta alcanzar el suministro óptimo (Dillewijn, 1952).

Figura 9. Crecimiento aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de nitrógeno



En el caso del fósforo y potasio el efecto es casi nulo; no se presentó diferencias significativas, pudiéndose inferir en las figuras. 10 y 11, que el crecimiento aparente, demostró que estos elementos ( $P_2O_5$  y  $K_2O$ ), son poco influyentes en la variable descrita.

Figura 10. Crecimiento aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de fósforo.

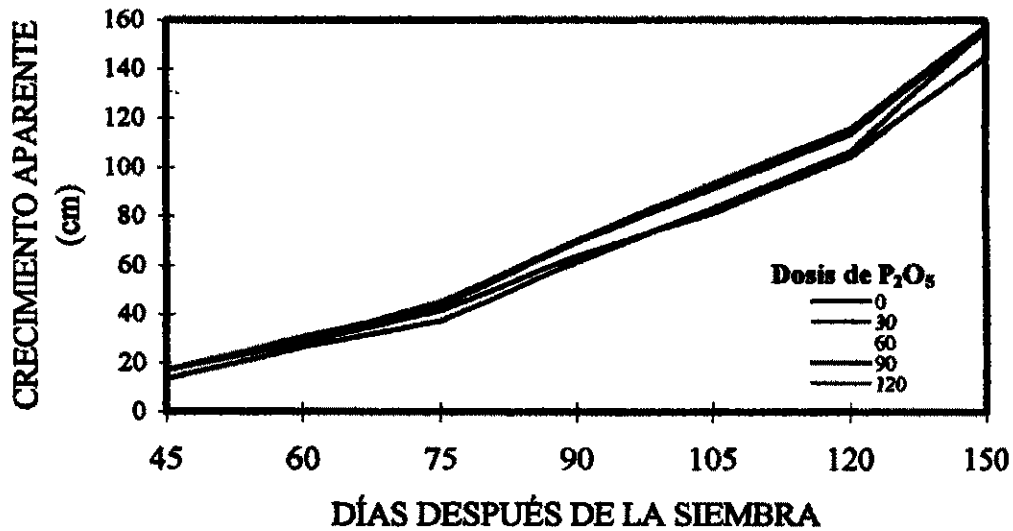
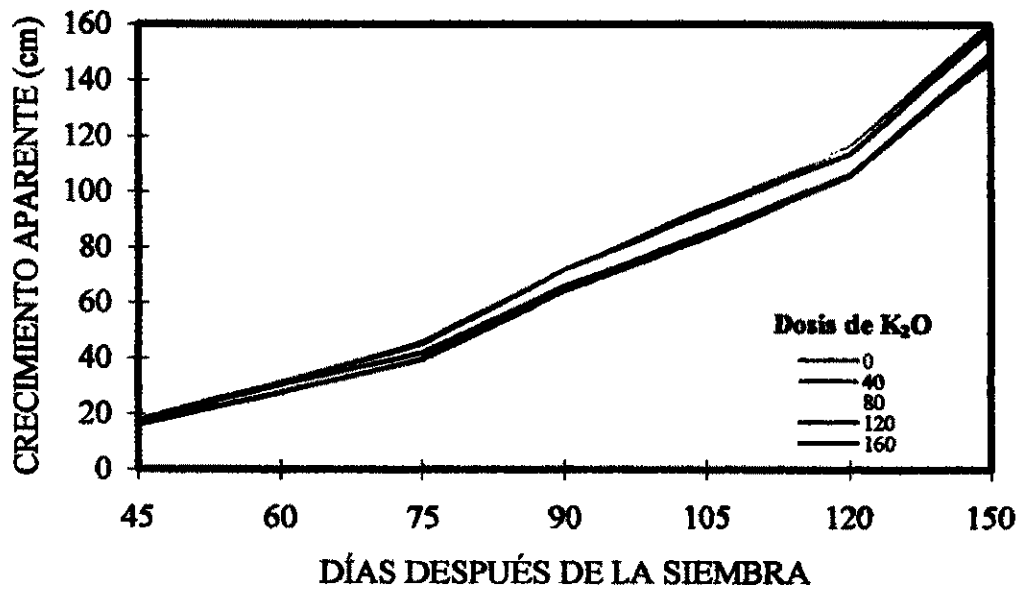


Figura 11. Crecimiento aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de potasio.



## **5.5 Crecimiento diario aparente**

El crecimiento de la planta de caña, así como de sus partes constituyentes, no se realiza a un ritmo uniforme. El desarrollo comienza muy lentamente en la yema germinante y aumenta gradualmente hasta alcanzar un máximo, que a su vez es seguido de una disminución gradual (González, 1983).

Con esta medición se refleja el efecto de los tratamientos y condiciones ambientales sobre el crecimiento diario de la caña de azúcar.

En las figuras. 12, 13 y 14, se observa que el crecimiento inicia entre los 45 y 60 dds, alcanzando el máximo entre los 75 y 90 dds; por ende la máxima expresión para este carácter, la determinó, para el nitrógeno el nivel de 200 kg/ha, para el fósforo 60 kg/ha y para el potasio 80 kg/ha.

Honert (1,932), encontró que para el normal desarrollo de las plantas de caña, la concentración requerida de nitrógeno es superior a la del potasio y mucho mayor que la del fósforo.

Inicialmente la absorción en el cultivo es lenta, una vez que los vástagos y raíces se desarrollan, aumenta proporcionalmente hasta cierto punto. Esto ocurre particularmente con el potasio y el nitrógeno que son asimilados en una proporción máxima en los primeros meses después de la siembra (Dillewijn, 1952).

Con esta variable es importante argumentar lo bastante claro que es el crecimiento diario aparente, al no haber un efecto definido de los elementos, ya que el comportamiento muy seguramente está influenciado por la altura.

Figura. 12 Crecimiento diario aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.

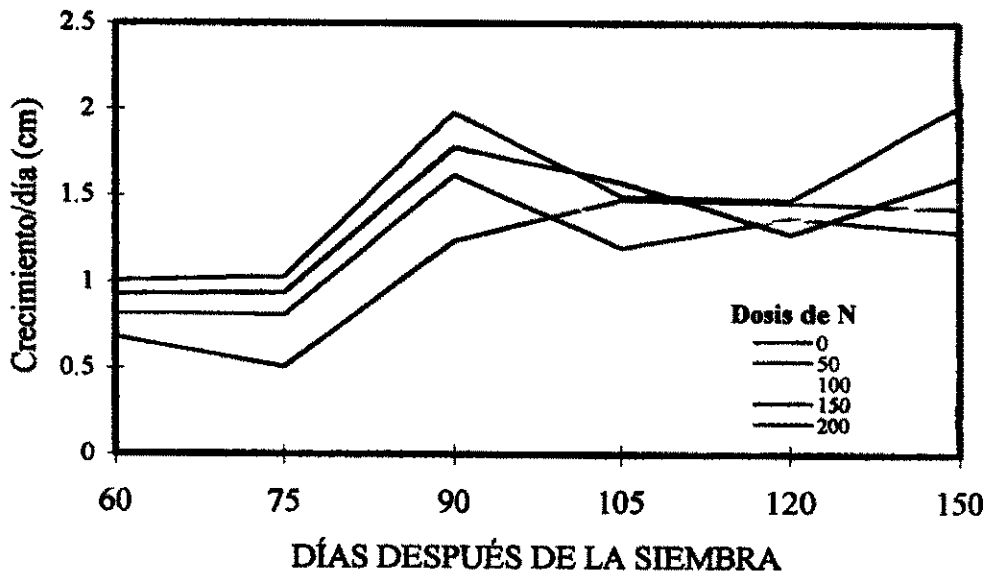


Figura 13. Crecimiento diario aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.

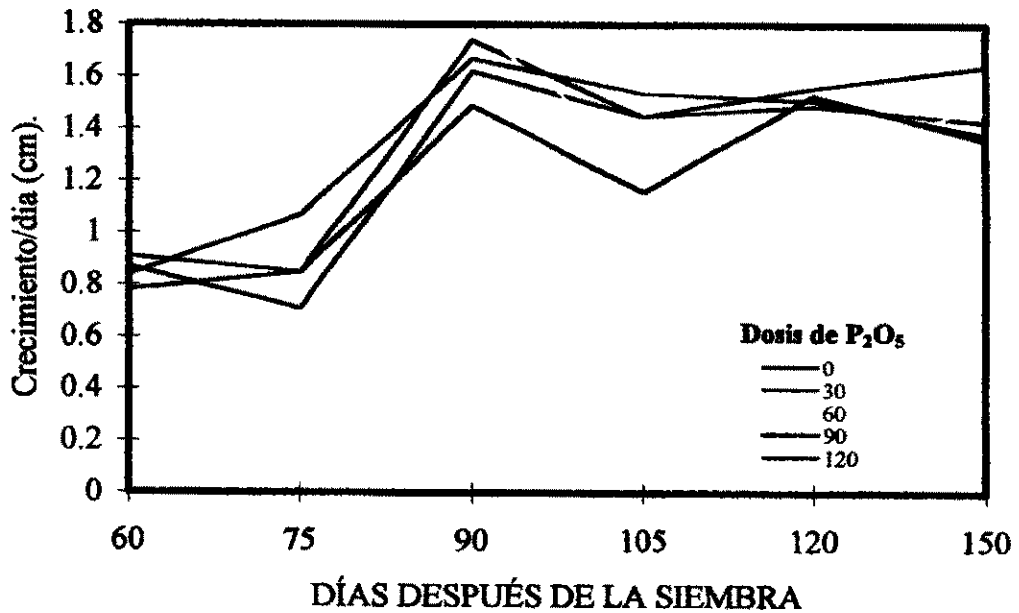
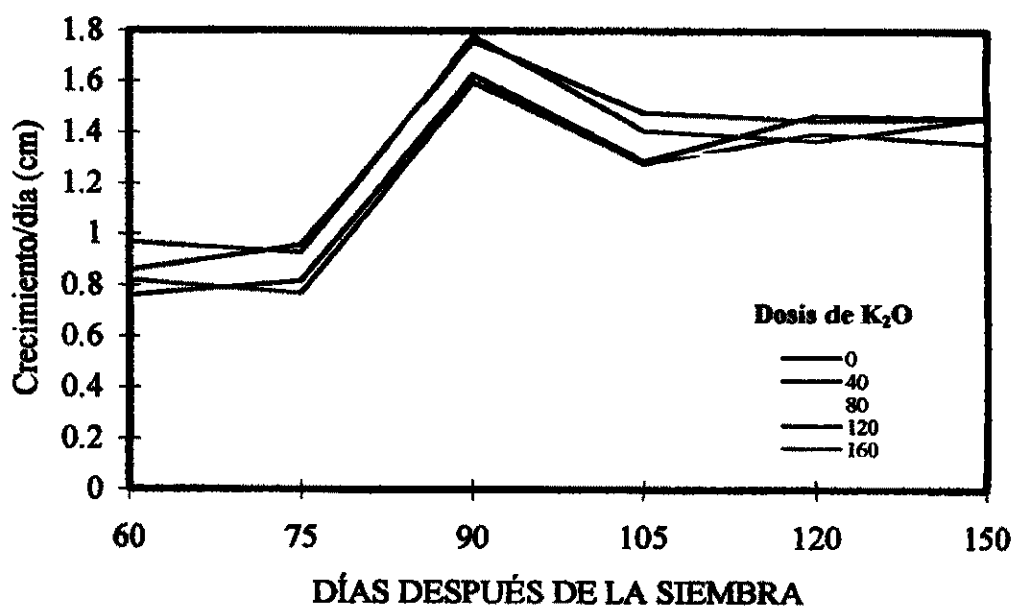




Figura 14. Crecimiento diario aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.



## 5.6 Diámetro del Tallo

El análisis estadístico de la variable diámetro del tallo, mostró diferencias significativas con las dosis de nitrógeno, no así con las de fósforo y potasio.

En la tabla # 5 se presentan los diámetros correspondientes a los diferentes tratamientos.

Tabla # 5 Diámetros promedios por tratamientos.

NO.	TRATAMIENTO	DIÁMETRO (CM)	NO.	TRATAMIENTO	DIÁMETRO (CM)
1	0 - 60 - 80	2.33	8	100 - 90 - 80	2.40
2	50 - 60 - 80	2.35	9	100 - 120 - 80	2.51
3	100 - 60 - 80	2.57	10	100 - 60 - 0	2.54
4	150 - 60 - 80	2.62	11	100 - 60 - 40	2.58
5	200 - 60 - 80	2.66	12	100 - 60 - 120	2.45
6	100 - 0 - 80	2.48	13	100 - 60 - 160	2.36
7	100 - 30 - 80	2.44			

Cuando se utilizan fondos fijos de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ , pero utilizando 0 kg/ha de N se obtiene el menor diámetro de tallos de los tratamientos con 2.33 cm.

No obstante, al mantener el mismo fondo fijo de fósforo y potasio, pero incrementando la dosis de nitrógeno a 200 kg/ha de N sucede todo lo contrario ya que dosis creciente de nitrógeno provocaron diámetros crecientes hasta alcanzar 2.66, cm que corresponde al máximo grosor y por consiguiente el mejor diámetro de los tratamientos.

De acuerdo al criterio de Tukey las dosis de 150 y 200 kg/ha de nitrógeno, no presenta diferencias significativas entre sí, tal como se observa en la figura. 15.

El fósforo presentó menos efecto en el diámetro que el nitrógeno. Este tuvo su mayor influencia con fondo de 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de  $K_2O$ , logrando obtener 2.57 cm de diámetro con dosis de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Con relación al potasio, utilizando fondos fijos de 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se obtuvo el mayor diámetro con 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O, teniendo de esta forma el mejor grosor con 2.58 cm. Al aumentar o disminuir las cantidades de potasio se obtienen resultados menores en el diámetro.

La carta de interacción de Muller (1967), dice que todos los elementos nutritivos interactúan entre sí de forma directa e indirectamente. En este sentido la variable diámetro no fue la excepción, ya que las relaciones N/K son evidentes (ver figura 15). Por otro lado, a medida que las relaciones N/K son altas (2.5), el incremento en el grosor del diámetro se acentúa de manera significativa; por el contrario en la medida que las relaciones N/K son bajas (0.62), disminuye el grosor. Lo mejor para la variable en cuestión es el balance de los nutrientes así lo refleja la combinación 100 - 60 - 80 de NPK.

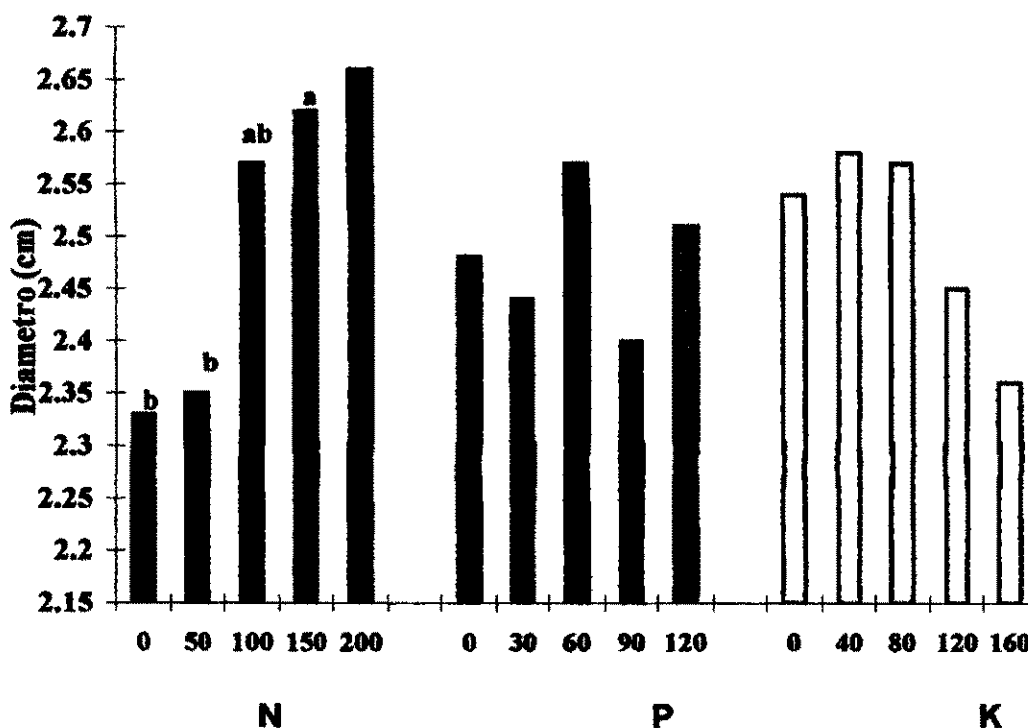


Figura. 15 Diámetro de la variable L68-40 en función de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

## 5.7 Población de tallos cosechados

Tiene una relación directa con el rendimiento agrícola de la caña de azúcar, tal es el caso que en la medida que se obtengan altas poblaciones de tallos por hectáreas, de esa forma mejorará el rendimiento agrícola y aumentan las toneladas de caña por hectáreas.

El análisis de varianza refleja que el nitrógeno tuvo efecto significativo no así el fósforo y el potasio.

En la tabla # 6 se exponen las poblaciones de los diferentes tratamientos.

Tabla # 6 Población de Tallos Cosechados.

No.	Tratamiento	Población (tallos/ha)	No.	Tratamiento	Población (tallos/ha)
1	0 - 60 - 80	77,276	8	100 - 90 - 80	91,346
2	50 - 60 - 80	86,275	9	100 - 120 - 80	93,703
3	100 - 60 - 80	96,488	10	100 - 60 - 0	90,846
4	150 - 60 - 80	101,773	11	100 - 60 - 40	90,631
5	200 - 60 - 80	102,773	12	100 - 60 - 120	95,559
6	100 - 0 - 80	96,488	13	100 - 60 - 160	100,987
7	100 - 30 - 80	92,703			

Con fondos fijos de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ , el máximo incremento poblacional fue de 102,773 tallos aplicando dosis de 200 kg/ha de N, siendo la más alta de los tratamientos evaluados. Con dosis menores tiende a disminuir la población, de tal manera que manteniendo el mismo fondo pero con 0 kg/ha de N, se obtuvo la menor población por hectárea.

El papel que juega el nitrógeno en el aumento de la producción de la caña consiste, fundamentalmente, en la influencia favorable que este ejerce sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y por el aumento que se produce en la población de tallos (INCA, 1989).

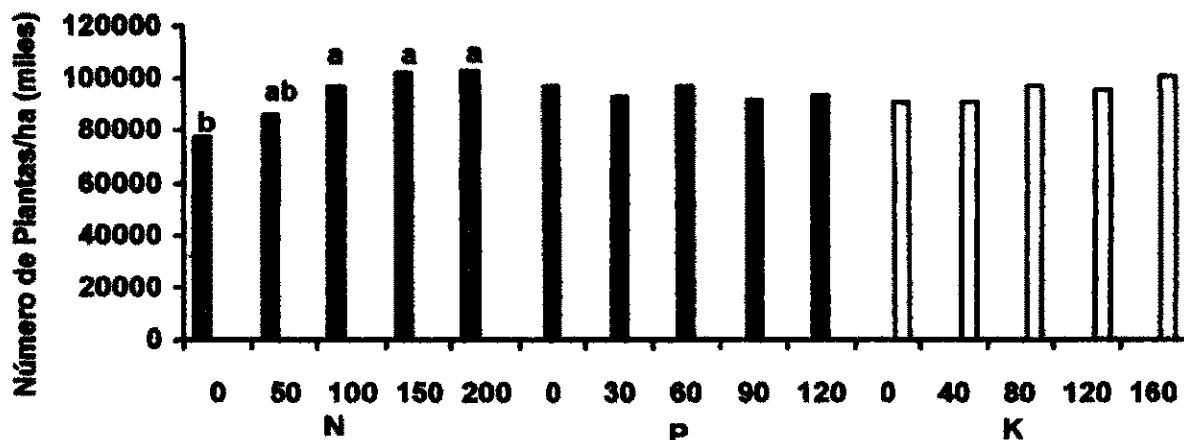
El fósforo no ejerce efecto sobre este parámetro, ya que la población mas alta se obtuvo sin la aplicación de este nutriente. Curiosamente el tratamiento común (100 - 60 - 80), obtuvo la misma población que el de 0 kg/ha de  $P_2O_5$ , quizás combinaciones más altas de nitrógeno y potasio tengan efectos significativos en esta variable.

Según Hunz (1972), la caña de azúcar necesita menores cantidades de fósforo que de nitrógeno y potasio, resultados similares fueron obtenidos en este estudio y se refleja en la figura 16.

La figura 16 demuestra que el nitrógeno tuvo efecto lineal. Además se demuestra con Tukey que no hay diferencias significativas entre las dosis de 100, 150 y 200 kg/ha de N.

Con el potasio, usando fondos de 100 kg/ha de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , se obtuvo 100,987 tallos/ha. Siendo la mejor población para dicho nutriente con dosis de 160 kg/ha de  $K_2O$ , no obstante, a dosis menor disminuye la población de tallos cosechados.

En la Figura.16 se presentan además las diferentes poblaciones obtenidas por efecto de las aplicaciones de N, P y K.



**Figura 16 Población de los tallos cosechables de la variedad L68-40 en función de la dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio**

### **5.8 Altura de tallos cosechables.**

Como componente del rendimiento agrícola, es una de las características más importantes ya que al obtenerse una mayor altura hay mayor espacio de almacenamiento de polisacaridos. La altura esta determinada por el gran periodo de crecimiento, en el cual se alcanza las mayores o menores alturas.

Los análisis estadísticos reflejaron influencia significativa con respecto del Nitrógeno sobre la altura de tallos cosechados, no así para el Fósforo y Potasio.

Las diferentes alturas obtenidas se reflejan en la tabla # 7.

Tabla # 7 Altura de Tallos Cosechables.

NO.	TRATAMIENTO	ALTURA DE TALLOS (CM)	NO.	TRATAMIENTO	ALTURA DE TALLOS (CM)
1	0 - 60 - 80	227.43	8	100 - 90 - 80	274.35
2	50 - 60 - 80	246.21	9	100 - 120 - 80	274.04
3	100 - 60 - 80	252.62	10	100 - 60 - 0	261.04
4	150 - 60 - 80	247	11	100 - 60 - 40	260.12
5	200 - 60 - 80	286.42	12	100 - 60 - 120	261.24
6	100 - 0 - 80	259.04	13	100 - 60 - 160	259.86
7	100 - 30 - 80	267.08			

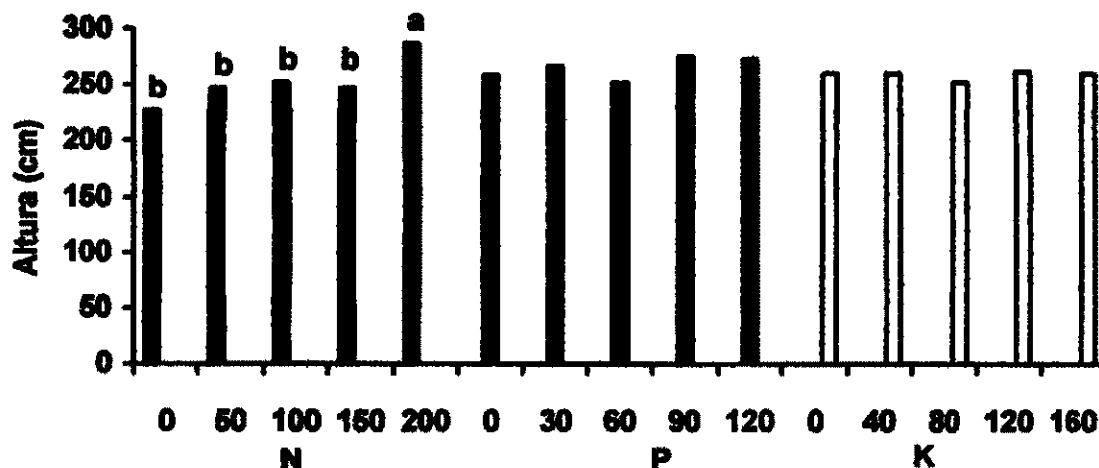
Con fondos fijos de 60 kg/ha y 80 kg/ha de Fósforo y Potasio respectivamente se lograron alturas crecientes a medida que aumenta los niveles de Nitrógeno; la mayor altura se presentó con 200 kg/ha de Nitrógeno siendo de 286.42 cm, a dosis menores a los 200 kg/ha de Nitrógeno se producen alturas menores.

En general la longitud de los tallos y la producción de caña de azúcar tendieron a aumentar a medida que se incrementó la dosis de Nitrógeno aplicado al suelo (CENICAÑA, 1995)(a).

Según la media de Tukey, todas las dosis son similares entre si, excepto la de 200 kg/ha de Nitrógeno que presenta la mejor altura, tal como se muestra en la figura 17.

Con fondos fijos de 100 kg/ha de Nitrógeno y 80 kg/ha de Potasio se puede observar que la mejor altura se dio con dosis de 90 kg/ha de Fósforo con dosis mayores o menores a esta se da una disminución en la altura. Al aumentar el nitrógeno a 200 kg/ha y manteniendo el Potasio en 80 kg/ha, es con 60 kg/ha de Fósforo que se alcanza el mayor aumento en la altura, lográndose una altura de 286.42 cm, siendo esta la mayor altura del ensayo. Por tanto se puede decir que no hubo influencia significativa en cuanto al Fósforo y Potasio, pero si existió diferencia numérica con estos dos elementos.

En el caso del Potasio con fondos fijos de 100 kg/ha de Nitrógeno y 60 kg/ha de Fósforo, la mejor altura (261.24 cm), se presentó con 120 kg/ha de este elemento.



**Figura 17** Altura de los tallos cosechables de la variedad L68-40 en función de la dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

### 5.9 Peso promedio de los Tallos.

La composición vegetativa de una planta de caña está dada en proporción porcentual del peso de cada uno de sus órganos, en relación con el peso total de la planta. Fernandez et al., (1983), afirma en su libro " Botánica y Fisiología de la Caña de Azúcar", que las cepas que alcancen un mayor peso de sus tallos, la proporción no molible tendrá relativamente un peso menor.



El análisis de varianza realizado, reflejó influencia significativa del N sobre el peso promedio de los tallos, no así para el Fósforo y el Potasio.

En la tabla # 8, se presentan los pesos promedios obtenidos.

Tabla # 8 Peso promedio de Tallos.

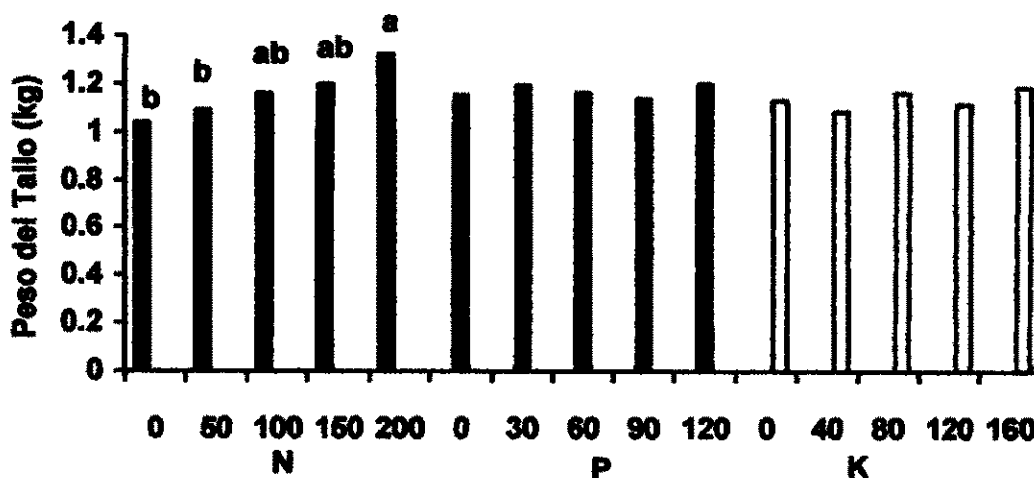
NO.	TRATAMIENTO	PESO PROMEDIO (KG/TALLO)	NO.	TRATAMIENTO	PESO PROMEDIO (KG/TALLO)
1	0 - 60 - 80	1.04	8	100 - 90 - 80	1.14
2	50 - 60 - 80	1.09	9	100 - 120 - 80	1.20
3	100 - 60 - 80	1.16	10	100 - 60 - 0	1.13
4	150 - 60 - 80	1.20	11	100 - 60 - 40	1.08
5	200 - 60 - 80	1.32	12	100 - 60 - 120	1.15
6	100 - 0 - 80	1.15	13	100 - 60 - 160	1.18
7	100 - 30 - 80	1.19			

El Nitrógeno con fondos fijos de 60 kg/ha de Fósforo y 80 kg/ha de Potasio produjo pesos promedios crecientes correspondientes a dosis crecientes de Nitrógeno hasta los 200 kg/ha, con la cual se obtuvo un peso promedio de 1.32 kg/tallo. A dosis menores de 200 kg/ha de Nitrógeno se producen pesos promedios menores. La respuesta del elemento Nitrógeno tuvo efecto significativo (figura.18). Aunque el Nitrógeno solamente constituye el 1% del peso total de la caña madura, desempeña un papel tan importante, como el de Carbono, Hidrogeno y Oxigeno que juntos forman mas del 90% de la materia seca (Dillewijn, 1975).

En el caso del Fósforo no hubo efecto significativo ya que con fondos de 100 kg/ha y 80 kg/ha de Nitrógeno y Potasio respectivamente se alcanza un peso promedio de 1.20 kg/tallo con 120 kg/ha de Fósforo, siendo inferior que cuando se aplica 60 kg/ha de Fósforo (1.32 kg/ha), pero con 200 kg/ha de N de fondo.

En el caso del Potasio con fondos fijos de 100 kg/ha de Nitrógeno y 60 kg/ha de Fósforo, el mejor peso promedio de 1.18 kg/tallo se presentó con 160 kg/ha de este elemento.

Podemos concluir que esta variable tiene una relación directamente proporcional a la aplicación de Nitrógeno (ver figura 18), de tal manera que a mayor dosis de Nitrógeno se incrementa el peso promedio de los tallos. No obstante, la prueba de Tukey nos manifiesta que entre 0, 50, 100 y 150 kg/ha de Nitrógeno no hay diferencia significativa, siendo la mejor respuesta con 200 kg/ha de Nitrógeno.



**Fig 18** Peso promedio de los tallos de la variedad L68-40 en función de la dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

### 5.10 Rendimiento Agrícola

La recolección de la caña de azúcar se inicia cuando las cañas han alcanzado el grado óptimo de madurez lo que permite obtener un alto rendimiento de caña en el campo. El rendimiento agrícola refleja la cantidad de tallos molibles cosechados expresados en t/ha.

Investigadores como Angarica (1977) y Sánchez & Santiesteban (1977), han reportado respuesta al nitrógeno en caña planta; pero en general se ha observado que las respuestas de la caña a la fertilización, está en dependencia de las condiciones del suelo, de la agrotécnia y del clima del lugar que se cultiva.

Al realizar el análisis de varianza, se refleja que hay diferencias significativas con respecto al Nitrógeno; sin embargo el Fósforo y el Potasio no tuvieron respuesta al análisis.

En la tabla # 9, se expresa el rendimiento agrícola en Toneladas/ha.

Tabla # 9 Rendimiento Agrícola.

NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO AGRÍCOLA (T/HA)	NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO AGRÍCOLA (T/HA)
1	0 - 60 - 80	88.99	8	100 - 90 - 80	115.20
2	50 - 60 - 80	103.67	9	100 - 120 - 80	124.63
3	100 - 60 - 80	123.68	10	100 - 60 - 0	113.17
4	150 - 60 - 80	135.91	11	100 - 60 - 40	107.28
5	200 - 60 - 80	149.21	12	100 - 60 - 120	121.24
6	100 - 0 - 80	122.49	13	100 - 60 - 160	123.06
7	100 - 30 - 80	120.54			

El rendimiento más alto corresponde al tratamiento con dosis de 200 - 60 - 80 kg/ha de NPK respectivamente con 149.21 t/ha donde el Nitrógeno con su máximo nivel obtuvo el mayor rendimiento Agrícola.

Tabla 10. Correlación del rendimiento agrícola con las variables de población, altura, diámetro y peso en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

VARIABLES	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
Población (tallos/ha)	0.96	-0.48	0.92
Altura (cm)	0.97	0.62	-0.05
Peso (Kg/tallo)	0.99	0.31	0.71
Diámetro (cm)	0.95	0.05	-0.86

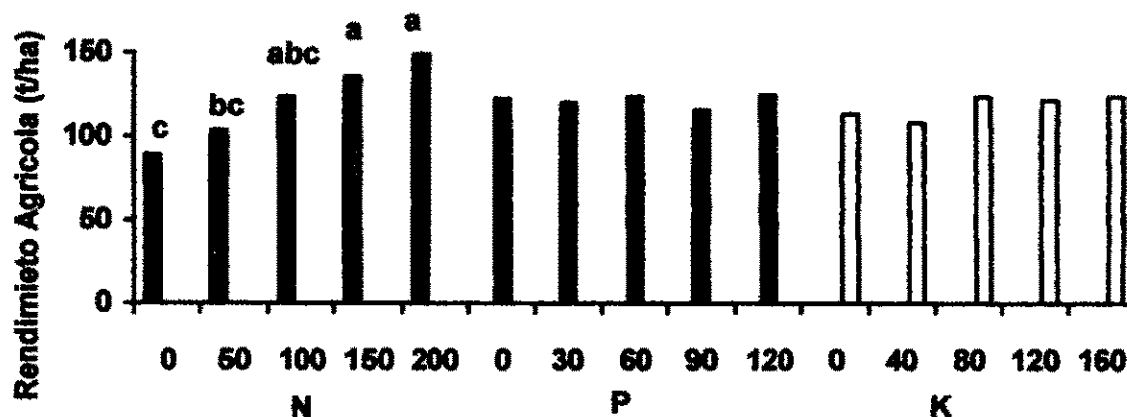
Es importante destacar que el rendimiento en mención tiene una correlación con las variables población, altura, peso y diámetro; ya que estas muestran máxima respuesta con el mayor incremento del Nitrógeno tal como se observa con la variable en estudio. En cambio en la medida en que el Nitrógeno se disminuye decrece el rendimiento agrícola.

En el caso del Fósforo con fondo de 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de  $K_2O$  se obtuvo el mayor rendimiento, con 124.63 t/ha, usando 120 kg/ha de  $P_2O_5$ . Con esta dosis de Fósforo, al parecer rendimiento agrícola estuvo influenciado por la germinación y el peso promedio, ya que son coincidentes en obtener el mejor resultado con la máxima dosis.

Para el potasio, con 100 Kg./ha. de N y 60 kg/ha de  $P_2O_5$  de fondo, resultó ser la mejor combinación con 123.78 kg/ha. Aplicando 80 kg/ha de  $K_2O$ , en la medida que esa combinación se aumente o disminuya tiende a bajar los rendimientos.

Por otro lado, Rubio (1,982), indica que en suelos que poseen contenidos de potasio sobre 0.38 meq/100 g de suelo, la caña de azúcar no responde a las aplicaciones de este elemento. En nuestro ensayo a niveles altos de potasio incrementa el rendimiento agrícola, y teniendo 0.58 meq/100 g de suelo, indudablemente que contradice a lo planteado por Rubio.

Según el criterio de Tukey, como se muestra en la figura 19, que entre las dosis de 0, 50 y 100 kg/ha de N no existe diferencias significativas, en cambio 150 y 200 kg/ha de N son las mejores respuestas.



**Figura 19 Rendimiento agrícola de la variedad L68-40 en función de la dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio**

### 5.11 Rendimiento Industrial

Esta variable sintetiza el esfuerzo realizado en un cañaveral, ya que mide cualitativamente y cuantitativamente el producto final del Ingenio, teniendo por consiguiente un principio muy básico que es el tener más caña por área y con más azúcar.

El Rendimiento Industrial está determinado por el grado de pureza del jugo, por lo que un alto Rendimiento agrícola no necesariamente está asociado a un buen Rendimiento Industrial.

El análisis de varianza realizado no demostró diferencia significativas entre los tratamientos, resultados análogos han obtenido **Palacios & Peña (1994), Ruiz & Zelaya (1996), Herrera & Perez. (1997)** .

En la Tabla # 11 se exponen los Rendimientos Industriales obtenidos.

Tabla # 11 Rendimientos Industrial.

NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (LBS/T)	NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO INDUSTRIAL (LBS/T)
1	0 - 60 - 80	184.64	8	100 - 90 - 80	190.34
2	50 - 60 - 80	187.65	9	100 - 120 - 80	192.32
3	100 - 60 - 80	193.13	10	100 - 60 - 0	187.07
4	150 - 60 - 80	177.80	11	100 - 60 - 40	193.02
5	200 - 60 - 80	195.98	12	100 - 60 - 120	194.24
6	100 - 0 - 80	189.44	13	100 - 60 - 160	198.45
7	100 - 30 - 80	191.45			

El Nitrógeno es el más costoso de todos los fertilizantes y que debe ser aplicado en cantidades óptimas; puesto que si es muy poco se provocan bajos rendimientos de caña y si es muy alto puede ocasionar baja calidad de los jugos (Humbert,1974).

El efecto de las aplicaciones crecientes de Nitrógeno sobre la concentración de sacarosa, es completamente lo contrario del efecto sobre la concentración de azúcares reductores. La concentración de sacarosa decrece como resultado de las aplicaciones adicionales de Nitrógeno (Diilewijn, 1952).

Sin embargo, en esta experiencia la dosis de Nitrógeno aumento el Rendimiento Industrial hasta el nivel de 200 kg/ha de Nitrógeno que fue de 195.98 lb/t de azúcar con fondos fijos de 60 kg/ha de Fósforo y 80 kg/ha de Potasio. Dosis menores de Nitrógeno disminuyeron el rendimiento Industrial en un promedio del 5.2 % respecto a los demás niveles menores de 200 kg/ha de Nitrógeno probados con fondos fijos de Fósforo y Potasio (60 y 80 kg/ha).

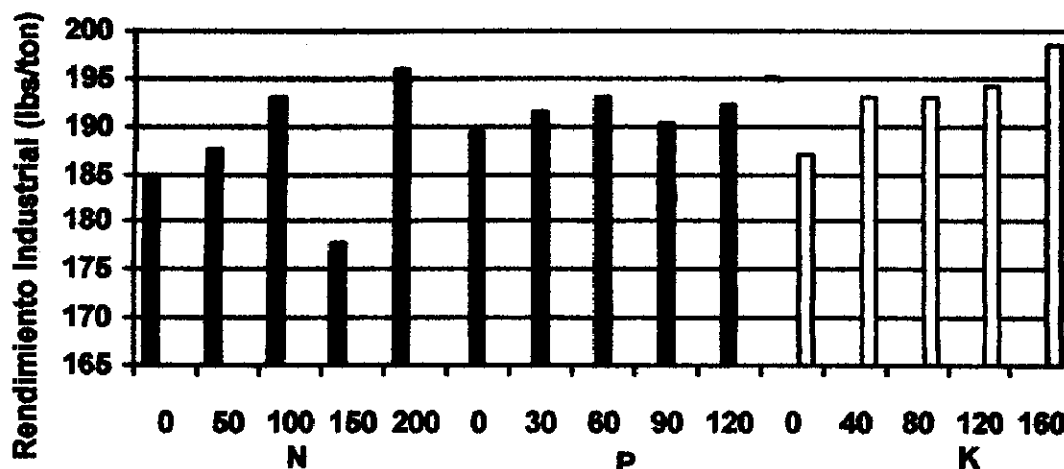
**El Rendimiento Industrial mas alto se logro con 100 - 60 -160 kg/ha de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (198.45 lb/t).**

**Dilewijn(1952), mostró que aplicaciones adicionales de fosfato, aumenta gradualmente el requerimiento óptimo de Nitrógeno. De este modo el efecto de las proporciones crecientes de Nitrógeno sobre el rendimiento de caña y de azúcar, dependen categóricamente de la presencia de otros nutrientes.**

**En relación a los supracitado, la relación Nitrógeno/ Fósforo, parece ser más importante en el cultivo de la caña más cuando se cultiva sobre suelos con altos contenidos de Potasio, como en el caso del suelo en este ensayo. Según Evans (1936) citado por Dilewijn (1975), las altas aplicaciones de Nitrógeno provocan una depresión en los contenidos de fósforo en el jugo de la caña.**

**Considerando lo señalado, el rendimiento industrial más alto que se obtuvo figura la combinación de 100 - 60 - 160 kg/ha de NPK, con 198.45 lb/t. En esta combinación el contenido de nitrógeno y de Fósforo tuvo una relación de 1.66, no así la relación de Nitrógeno/ Potasio que fue de 0.63. De hecho es importante resaltar que tales relaciones mayores o menores a estas provocaron disminuciones en el Rendimiento Industrial.**

**En la figura 20 se expresan numéricamente los Rendimientos Industriales registrados.**



**Figura. 20 Rendimiento Industrial de la variedad L68-40 en función de las dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.**

## 5.12 Rendimiento Agroindustrial

Esta variable como fusión de los rendimientos anteriores (agrícola e industrial), nos expresa por consiguiente la cantidad y calidad de caña que se produce. En esta variable el nitrógeno se comporta de manera análoga al rendimiento agrícola e industrial.

El análisis estadístico reflejó la existencia de efecto significativo para el nitrógeno, todo lo contrario se dio para el fósforo y potasio.

En la tabla # 12 se expresan los rendimientos agroindustriales obtenidos en los distintos tratamientos.



Tabla # 12 Rendimientos Agroindustriales, Expresados en t/ha.

NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL (T/HA.)	NO.	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL (T/HA.)
1	0 - 60 - 80	8.20	8	100 - 90 - 80	10.93
2	50 - 60 - 80	9.72	9	100 - 120 - 80	11.99
3	100 - 60 - 80	11.93	10	100 - 60 - 0	10.58
4	150 - 60 - 80	12.09	11	100 - 60 - 40	10.37
5	200 - 60 - 80	14.49	12	100 - 60 - 120	11.79
6	100 - 0 - 80	11.60	13	100 - 60 - 160	12.22
7	100 - 30 - 80	11.56			

Utilizando fondos de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 80 kg/ha de  $K_2O$ , el nitrógeno generó un rendimiento de 14.49 t/ha de azúcar con 200 kg/ha de N, ubicándolo como el mejor rendimiento Agroindustrial de los tratamientos evaluados en el ensayo; indudablemente se observa en la tabla # 12 que niveles menores de nitrógeno y manteniendo el mismo fondo los rendimientos tienden a decrecer.

**CENICAÑA (1995)(b)**, en su experimento con la variedad M 2C 74-275 en suelos vertisol, llegó a la conclusión que el aumento de la dosis de nitrógeno incrementa la producción de azúcar por hectárea, mientras la concentración de sacarosa se mantiene estable.

Con respecto al fósforo teniendo de fondo fijo 100 kg/ha de N y 80 kg/ha de potasio, el más alto rendimiento de 11.99 t/ha, se obtuvo usando el máximo nivel de 120 kg/ha de  $P_2O_5$ . Sin embargo, al no aplicar fósforo y utilizando el mismo fondo se obtuvo un rendimiento de 11.60 t/ha; de tal manera que la brecha usada entre los dos extremos es solo de 3 % de diferencia, pero en cambio yendo hacia valores medios de fósforo (60 kg/ha de  $P_2O_5$ ), los resultados muestran una diferencia de tan solo 0.5 % con respecto al máximo rendimiento obtenido con el elemento fósforo.

De manera que un equilibrio de fósforo con sus fondos fijos resulta ser el mejor comportamiento de este nutriente. Con esto queda demostrado en la prioridad de la ley de **EQUILIBRIO ENTRE LOS NUTRIENTES**.

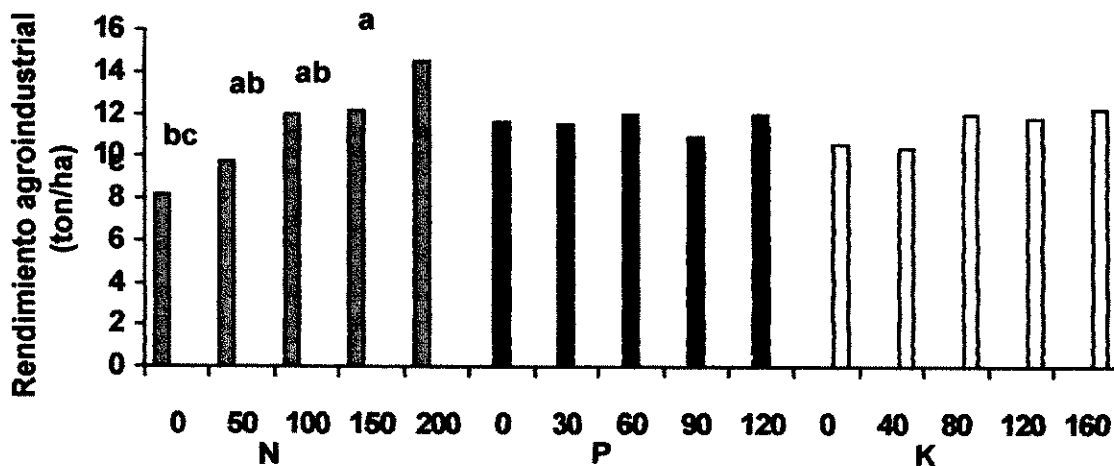
El potasio no mostró influencia estadística pero si numérica, de forma que la combinación 100 - 60 - 160 teniendo el rendimiento mas alto con 12.22 t/ha supera al tratamiento 100 - 60 - 80 (11.93 t/ha), con tan solo un 2 %, confirmando para el potasio lo planteado para fósforo que las combinaciones balanceadas tienen un efecto significativo en esta variable.

Según Cooke (1,979), si se aplica más de la fertilización óptima la ganancia disminuirá y al usar menos de lo óptimo alguna ganancia será sacrificada.

El potasio es importante en la formación de sacarosa y lo cual no es razón para utilizarlo en la alta dosis. Esta solo tiene valor cuando hay insuficiencia en la planta una vez abastecida las necesidades, un exceso no producirá aumento en la acumulación de sacarosa, ( Arzola et. al., 1,986).

En el caso del rendimiento agrícola y agroindustrial, los rendimientos máximos calculados con ecuaciones lineales se obtienen con 200 kg/ha de nitrógeno. No obstante a estos resultados de rendimiento se le calculo el 90% de los mismos, también se usó el criterio de Tukey para estimar la dosis recomendable (ver tabla 13).

**Tabla 13 . Valores máximos y del 90 % de los rendimientos agrícola y agro - Industrial en función de la dosis de Nitrógeno, calculados con el modelo lineal y Tukey.**



**Fig. 21 Rendimiento agro-industrial de la variedad L68-40 en función de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio**

**A pesar de que la dosis recomendable, el modelo lineal, es mas altas que la recomendada por la separación de media (tukey), hay que tomar en consideración las características desfavorable de drenaje del suelo, que si son mejoradas , aumentaría la eficiencia de nitrógeno, por tanto se utilizaría dosis mas bajas.**

## **6.- CONCLUSIONES**

**Para las condiciones en que se desarrollo esta experiencia y el análisis de los resultados en caña planta se concluye:**

**1. Que la mejor respuesta de las variables en estudio, las cuales están relacionadas con el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la caña, la obtuvo el elemento nitrógeno con una dosis de 100 kg/ha de nitrógeno con fondo fijo de 60 y 80 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente.**

**2.- La aplicación de nitrógeno ejerció un mejor efecto sobre brotación, altura, población, diámetro y peso promedio de tallos reflejaron un comportamiento nutricional con altas relaciones N/P y N/K.**

**3.- El tratamiento con dosis de 200 - 60 - 80 kg/ha de NPK respectivamente, aporto el más alto rendimiento agrícola.**

**4.- Los niveles de nutrientes de 100 - 60 - 80, 100 - 60 - 160 y 200 - 60 - 80 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio mostraron efectos muy similares sobre el rendimiento industrial.**

## **7.- RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados para obtener rendimientos satisfactorios se recomienda lo siguiente:

1.- El nitrógeno, fósforo y potasio siendo elemento importante en la cantidad y calidad de la caña se recomienda la dosis de 100 kg/ha de nitrógeno con fondo fijo de 60 y 80 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente.

2.- Se recomienda hacer ensayos donde se estudie el efecto del mal drenaje en suelos negros vérticos y establecer una relación drenaje y/o fertilización.

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**Angarica, E. 1,977. Estudio de Fertilización en Caña de Azúcar Cultivada en Suelo Ferralítico, Cuarçítico. En Cultivos Tropicales. Cuba 7 (2): 61 - 63.**

**Arzola N., Fundora, O. & Machado, J. 1,981 Suelo plantas y abonado. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. P. 309-334**

**CENICAÑA, 1,995 (a) Nutrición y Fertilización. Evaluación de dos fuentes de fertilizante nitrogenado en suelo vertisol. Año 17 # 2. Calí, Colombia.**

**CENICAÑA, 1,995 (b) Nutrición y Fertilización. Evaluación de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de cuatros variables estudiadas. Año 17 # 3. Calí, Colombia.**

**Cooke, G, W. 1,979. Fertilizantes y sus Usos. Edit. Continental S. A. México.**

**Dillewijn, C. 1,952. Botánica de la Caña de Azúcar. 1<sup>ra</sup> Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. 400p.**

**Dillewijn, C. 1,975. Botánica de la Caña de Azúcar. 2<sup>da</sup> Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba.**

- Espinoza, R. 1980. The interaction of genotypes with planting dates and harvest cycles in sugarcane XV11 congress ISSCT. Manila, Filipinas. P.7 - 15 p.**
- Fauconier, K. & Bassereau, D. 1,975, La caña de azúcar. Ed.. Blime. Barcelona, España. P 69 - 73.**
- Fernández. R. Davila, A. & Martínez, F. 1,983. Botánica y fisiología de la caña de azúcar. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. P. 72 - 245.**
- González, K J. 1,983 Fitotécnia de la caña de azúcar. 2<sup>da</sup> ed. Pueblo y Educación. La Habana , Cuba. P 23 - 430.**
- Herrera L & Perez J. 1997. Rendimiento Agroindustrial de la Variedad L.68 - 40 (Saccharum sp), en respuesta a las aplicaciones de NPK cultivadas en suelos negros en caña planta. Managua, Nicaragua. 47 pg. Tesis para optar al titulo de Ingeniero Agrónomo.**
- Honert, T. H. Van Den. 1,932. Onderzoekingen over de Voedingsphysiologic. Van Hert Suikerriël, le Bijdraje, Medie proefst. Java Suikerind. P.1539 - 1607.**
- Honing, P. 1,934. De aschbestanddeelen Van het Sulkerriet. Mededeel. Proefst, Java - Suikerind, 435 - 524.**
- Humbert, R. 1,963. El Cultivo de la Caña de Azúcar. 1<sup>ra</sup> ed. Continental S.A. México.**



- Humbert, R. 1,974. **El cultivo de la caña de azúcar 2<sup>da</sup> ed.** Continental S.A México P. 131 - 176
- Hunz, G. S. 1,972. **Requerimiento de Nutrientes y Fertilización.** Bol. Informac. Internac. Habana, 12pp.
- INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), Marzo, 1,989. **Cultivos Tropicales. Vol.: 11, No.1.**
- Jacob, A. & Vexkul, V. 1,996. **Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales.** Traducido por B. O. López de alba. Holanda, Hannoner Ver Lagsgessllchaft for Ac Kerbau umbh. Pag. 137 - 155.
- Llamas, O; Aloma, J. & Vigoa, R. 1980. **Influencia de diferentes densidades de plantación en la producción de material de plantación en caña de azúcar (*Saccharum sp. Híbrido*), cultivar C 374-72.** Cultivos tropicales. 9 (3) 58-62.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1,997. **Crece producción de azúcar en Nicaragua.** Agricultura y Desarrollo # 32. P 7-9
- Martin, O., Galves, G., Armas, R., Espinoza, R. & Leon, A. 1987. **La caña de azúcar en Cuba.** De. Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. P. 14 - 28.
- MIDINRA. 1,985 **Estudio de factibilidad proyecto Agroindustrial azucarero.** Tipitapa - Malacatoya, Managua, Nicaragua, Vol III Tomo A. P 73 - 75.
- Müller, G. & D. Winkler. 1967. **Bodenkunde, Laborpraktikum.** Karl Marx Universität, Leipzig.

- Norman, J. 1971. Yield components in random and selected sugarcane population, crop SCI - USA. 11(6):905.**
- Palacios, M. & Peña, R. 1,994. Efectos de Diferentes Dosis de NPK sobre el Rendimiento Agroindustrial de la Variedad L68 - 90 (Saccharum sp. Híbrido), en Caña Planta. Universidad Nacional Agraria. UNA. Tesis para Optar al Título de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 24p.**
- Rubio, R. 1,982. Fertilización Potásica de la Caña de Azúcar Sobre la Base del Diagnostico de la Fertilización del Suelo. Cuba Azúcar.**
- Ruiz, S. & Zelaya, D. 1,996. Rendimiento Agroindustrial de la variedad L68-40 en respuesta a las aplicaciones de NPK, cultivada en suelos rojos, en caña planta. Universidad Nacional Agraria UNA., Managua, Nicaragua P. 54.**
- Sánchez, M. E. & Santiesteban, H. 1,977. Estudio de Fertilización en Caña de Azúcar Cultivada en un Suelo Ferralítico. Cultivos Tropicales. 7(2); 63.**
- Vara, F. & Alcolea, R. 1,983 Agrotecnia de la caña de azúcar ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. P 34 -215.**

# **9 . ANEXO**

## ANEXO 1

### PLANO DE CAMPO : ENSAYO DE DOSIS DE NPK

LOTE : 034

VARIEDAD : L68-40

FECHA DE SIEMBRA : 6/02/95

TRATAMIENTOS			
No	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	60	80
2	50	60	80
3	100	60	80
4	150	60	80
5	200	60	80
6	100	0	80
7	100	30	80
8	100	90	80
9	100	120	80
10	100	60	0
11	100	60	40
12	100	60	120
13	100	60	180

Dosis en kg./ha

B  
L  
O  
Q  
U  
E  
S  
  
O  
  
R  
E  
P  
E  
T  
I  
C  
I  
O  
N  
E  
S  
  
O

V	1	13	2	12	3	11	6	10	7	8	5	9	4
IV	6	10	7	8	5	9	4	11	3	12	2	13	1
III	13	1	5	4	6	3	2	11	10	7	12	9	8
II	8	9	12	7	10	11	13	1	5	4	6	3	2
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

---

**CRUCERO**

---

**Anexo # 2**

**ANALISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS  
EN FUNCIÓN DE LAS  
DOSIS DE NITROGENO FOSFORO  
Y POTASIO.**

Fuente de Variación	G.L	% Brotación	Peso por Tallo (kg.)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Plantas por metro	Rendimiento Agrícola (t/ha)	Rendimiento Industrial (kg./T)	Rnto. agro-industrial (t/ha).
Bloque	4	955.15	0.46**	216	983	39.27 **	8073.94**	160.56	66.71**
Tratamiento	12	1876.85	0.64*	67.53**	13144**	55.77 **	13052.19**	774.66	132.53**
Nitrógeno	4	280.97	0.51**	47.30**	9237.42**	46.87 **	11735.29**	465.24	116.40**
Lineal	1	180.08	0.49**	42.47**	7055.29**	43.45 **	11652.23**	35.83	111.63**
Cuadrático	1	27.59	0.004	0.65	305.35	3.07	39.60	13.92	0.03
Fósforo	4	736.65	0.03	8.03	1808.02	2.05	279.52	19.95	3.53
Potasio	4	844.80	0.08	17.53	259.30	7.28	1029.72	150.18	14.24
Residuo	48	4775.67	1.10	90.91	16535.00	8.84	11611.25	1877.37	101.98
Total	64	7607.68	2.20	160.60	30662.00	175.88	32737.37	2812.61	301.22
C.V.%		31.20	8.84	5.54	7.15	9.9	13.05	4.87	12.85

Nota: \*, \*\* Valores estadísticamente significativos según prueba de Tukey al 1 y 5%.

**Anexo # 3      ANALISIS DE VARIANZA DE LA  
POBLACION DURANTE LAS ETAPAS  
DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA VARIEDAD L  
68-40 EN FUNCION DE LAS DOSIS  
DE NITROGENO ,  
FOSFORO Y  
POTASIO**

Fuente de Variación	GL	45	60	75	90	105	120	150
<b>Cuadrados Medios</b>								
Bloque	2	1.73	6.37	1.90	1.94	7.24	6.18	2.70
Tratamiento	12	1.17	33.82*	35.12	29.34	24.52	22.40	11.78*
Nitrógeno	4	1.84	53.78*	64.20*	51.15*	43.67*	39.62*	14.84*
Lineal	1	0.59	166.80**	222.11**	188.75**	171.51**	155.45**	51.17**
cuadrático	1	1.42	33.16	26.93	7.88	1.68	1.06	1.17
Fósforo	4	1.06	23.07	13.84	17.20	14.73	13.43	6.59
Potasio	4	1.03	25.07	21.05	14.23	11.93	11.10	11.36
Residuo	24	1.33	14.78	17.31	14.15	12.86	11.63	5.32
Total	38	1.30	20.35	22.12	18.30	16.25	14.75	7.22
C.V.%		20.14	27.68	24.09	19.93	18.95	18.14	14.55

**Anexo # 4 ANALISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA  
DURANTE LAS ETAPAS  
DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA VARIEDAD L  
68-40 EN FUNCION DE LAS DOSIS  
DE NITROGENO ,  
FOSFORO Y  
POTASIO**

Fuente de Variación	GL	45	60	75	90	105	120	150
<b>Cuadrados Medios</b>								
Bloque	2	0.52	7.69	7.62	3.37	19.50	38.01	212.03
Tratamiento	12	10.22	22.83**	71.94*	162.50**	177.67**	171.98*	396.59**
Nitrógeno	4	18.43	50.71**	166.68**	398.97**	403.75**	386.40**	997.10**
Lineal	1	19.44	120.00**	423.07**	1159.40**	1414.81**	1382.40**	3819.40**
Cuadrático	1	24.12	40.69*	149.87*	260.00*	143.6	69.37	72.49
Fósforo	4	11.56	15.97	58.46	97.60	117.44	87.33	84.26
Potasio	4	3.81	11.09	37.29	67.46	88.43	77.14	95.93
Residuo	24	8.61	6.53	25.09	50.76	38.25	57.05	96.62
Total	38	8.69	11.73	38.97	83.56	81.29	92.35	197.43
C.V.%		20.14	8.58	11.68	10.49	6.98	6.84	6.34

**Anexo # 5 VALORES MEDIOS DE LA VARIEDAD L 68 -  
40 EN FUNCION DE LAS  
DOSIS DE NITROGENO  
FOSFORO , POTASIO**

Variables de Crecimiento						Variables de Rendimiento			
Dosis (Kg/ha)	Germinación %	Población de tallos/ha	Altura (cm)	Pesto/tallo kg.	Diámetro (cm)	Rendimiento Agric. t/ha	Rendimiento industr. lbs/T	Rendimiento Agro-indut t/ha	Grados Brix
<b>Nitrógeno</b>									
0	23.94	77,276.44	227.43	1.04	2.33	88.99	184.64	8.20	21.10
50	31.32	86,275.36	246.21	1.09	2.35	103.67	187.65	9.72	21.10
100	28.68	96,488.42	252.62	1.16	2.57	123.68	193.13	11.93	21.30
150	33.08	101,773.50	247.00	1.20	2.62	135.91	177.8	12.09	21.19
200	32.55	102,773.38	286.42	1.32	2.66	149.21	195.95	14.49	21.40
<b>Fósforo</b>									
0	34.61	96,488.42	259.04	1.15	2.48	122.49	189.44	11.60	21.04
30	26.83	92,703.16	267.08	1.19	2.44	120.54	191.45	11.56	20.04
60	28.68	96,488.42	252.62	1.16	2.57	123.68	193.13	11.93	21.04
90	28.05	91,346.18	274.35	1.14	2.40	115.20	190.34	10.93	19.54
120	41.34	93,703.04	274.04	1.20	2.51	124.63	192.32	11.99	20.04
<b>Potasio</b>									
0	36.33	90,846.24	261.04	1.13	2.54	113.17	187.07	10.58	21.70
40	42.04	90,631.98	260.12	1.08	2.58	107.28	193.02	10.37	21.91
80	28.68	96,488.42	252.62	1.16	2.57	123.68	193.13	11.93	21.30
120	25.6	95,559.96	261.24	1.15	2.45	121.24	194.24	11.79	21.60
160	31.3	100,987.88	259.86	1.18	2.36	123.06	198.43	12.22	20.90



**Anexo: 6**

Valores obtenidos de población antes de cosecha.

<b>Dosis (kg/ha)</b>	<b>45</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>105</b>	<b>120</b>	<b>150</b>
<b>N</b>							
<b>0</b>	4.64	6.31	8.93	11.61	12.67	12.78	11.97
<b>50</b>	5.99	13.37	15.57	17.24	16.28	16.3	13.58
<b>100</b>	6.5	15.38	18.09	18.27	17.93	17.64	14.23
<b>150</b>	4.86	15.25	18.98	20.52	20.77	20.41	17.4
<b>200</b>	5.94	17.16	20.83	22.51	22.38	22.1	16.59
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>							
<b>0</b>	5.17	9.88	8.93	15.19	15.78	15.76	14.08
<b>30</b>	5.38	17.41	15.57	20.82	21.52	20.82	17.56
<b>60</b>	6.5	15.38	18.09	18.27	17.93	17.64	14.23
<b>90</b>	5.94	14.42	18.98	17.7	18.44	18.38	15.73
<b>120</b>	6.4	13.57	20.83	20.94	20.3	20.59	16.47
<b>K<sub>2</sub>O</b>							
<b>0</b>	5.78	17.53	21.52	22.79	22.48	22.3	18.67
<b>40</b>	5.18	11.97	16.34	18.86	18.69	18.37	15.18
<b>80</b>	6.5	15.38	18.09	18.27	17.93	17.64	14.23
<b>120</b>	6.03	11.23	15.44	17.65	17.95	18.4	16.25
<b>160</b>	6.63	17.02	20.69	21.26	20.72	20.51	18.36

**Anexo: 7**

Valores Obtenidos de Índice de Ahijamiento antes de la Cosecha.

Dosis (kg/ha)	45	60	75	90	105	120	150
<b>N</b>							
<b>0</b>	2.32	2.66	3.77	4.94	5.01	5.44	5.16
<b>50</b>	1.86	4.18	4.91	5.46	5.15	5.15	4.3
<b>100</b>	1.9	4.2	4.94	5.06	5.31	4.92	4.06
<b>150</b>	1.93	4.72	6	6.56	5.71	6.6	5.64
<b>200</b>	1.87	5.15	6.25	6.79	5.93	6.7	5.02
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>							
<b>0</b>	2.97	4.1	5.97	6.84	6.1	7.43	6.84
<b>30</b>	1.74	6.04	7.28	8.04	9.7	8.14	6.93
<b>60</b>	1.9	4.2	4.94	5.06	5.31	4.92	4.1
<b>90</b>	2.95	7.21	8.34	9.5	10.01	9.59	8.8
<b>120</b>	1.97	4.21	6.01	7.18	7.87	7.18	5.8
<b>K<sub>2</sub>O</b>							
<b>0</b>	2.01	6.33	8.08	8.74	8.32	8.61	7.24
<b>40</b>	2.51	4.94	6.81	7.77	7.3	7.58	6.27
<b>80</b>	1.9	4.2	4.94	5.06	5.31	4.92	4.06
<b>120</b>	1.91	4.34	6.23	6.9	8.04	7.25	6.4
<b>160</b>	1.96	5.66	6.98	7.27	7.56	7.05	6.35

**Anexo: 8**

Valores Obtenidos de Altura antes de la Cosecha.

Dosis (kg/ha.)	45	60	75	90	105	120	150
<b>N</b>							
<b>0</b>	13.11	23.27	30.88	49.44	71.61	93.55	136.5
<b>50</b>	19.05	31.33	43.5	67.83	85.77	106.33	145.11
<b>100</b>	18.88	32.27	49.05	75.94	95.38	115.72	157.5
<b>150</b>	16.66	30.66	44.72	71.44	95.11	114.33	162.72
<b>200</b>	18.33	33.61	49.05	78.72	111.28	123.5	184.11
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>							
<b>0</b>	13.44	26.55	37.16	61.44	83.22	106.61	155.94
<b>30</b>	16.88	30.61	43.38	69.44	91.22	113.5	156.38
<b>60</b>	18.88	32.77	49.05	75.94	95.38	115.72	157.5
<b>90</b>	16.94	28.72	41.5	63.88	81.33	104.33	145.05
<b>120</b>	16.77	29.22	45.27	70.27	93.33	115.94	157.5
<b>K<sub>2</sub>O</b>							
<b>0</b>	18.22	31.11	45.66	72.00	94.27	116.05	159.94
<b>40</b>	18.16	30.5	42.11	66.11	85.27	106.27	147.05
<b>80</b>	18.88	32.77	49.05	75.94	95.38	115.72	157.5
<b>120</b>	16.17	27.55	39.88	64.38	83.77	105.83	149.61
<b>160</b>	16.77	31.33	45.33	72.00	93.22	113.72	157.66

**Anexo: 9**

Valores Obtenidos de Crecimiento Diario Aparente.

Dosis (kg/ha.)	60	75	90	105	120	150
<b>N</b>						
0	0.68	0.51	1.24	1.48	1.46	1.43
50	0.82	0.81	1.62	1.2	1.37	1.29
100	0.92	1.08	1.79	1.3	1.36	1.47
150	0.93	0.94	1.78	1.58	1.28	1.61
200	1.01	1.03	1.98	1.5	1.48	2.02
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>						
0	0.87	0.71	1.62	1.45	1.56	1.64
30	0.91	0.85	1.74	1.45	1.49	1.43
60	0.92	1.08	1.79	1.3	1.36	1.47
90	0.78	0.85	1.49	1.16	1.53	1.36
120	0.84	1.07	1.67	1.54	1.51	1.38
<b>K<sub>2</sub>O</b>						
0	0.86	0.96	1.76	1.48	1.45	1.46
40	0.82	0.77	1.6	1.28	1.4	1.36
80	0.92	1.08	1.79	1.3	1.36	1.47
120	0.76	0.82	1.63	1.29	1.47	1.46
160	0.97	0.93	1.78	1.41	1.37	1.46