



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL**

TRABAJO DE DIPLOMA

**RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA VARIEDAD L
68-40 (*Saccharum sp.*), EN RESPUESTA A LAS
APLICACIONES DE N, P Y K, CULTIVADA EN UN SUELO
NEGRO EN CAÑA PLANTA.**

AUTORES:

*Br. Lorena del Carmen Herrera Gómez
Br. Johanna Jerez Maradiaga*

ASESORES:

*Dng. Agr. Ninoska Maya Vega
Dng. Agr. MSc. Pascual Rivera*

**Trabajo presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como
requisito parcial para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo.**

**Managua, Nicaragua
Mayo, 1997.**

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía e inspiración, por su amor inmenso, gracias por darme la fuerza, la paciencia e inteligencia para poder culminar mis estudios superiores

A mis queridos padres Francisco Herrera y Esperanza Gómez de Herrera por todo su apoyo moral y económico.

A mis hermanos con quienes he compartido momentos de alegría y tristeza.

A Edgard Antonio Rodríguez, quien ha sido en mi vida una persona muy especial.

A todos mis maestros por su paciencia al trasmitirme los conocimientos necesarios para mi preparación personal.

A mi Patria Nicaragua.

Lorena Herrera Gómez.

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios y a la Virgen por haberme permitido alcanzar este momento tan deseado y de gran satisfacción personal.

Dedico esta monografía con todo mi amor a mis padres Luis Jerez y Luisa Maradiaga, que con mucho esfuerzo y sacrificio han logrado darme lo necesario para alcanzar tan anhelada meta.

A mis hermanas Gema, Martha, María Auxiliadora, Julia Haydeé que forman parte importante en mi vida.

A la familia Castillo Vargas y familia Rodríguez Solórzano, quienes gentilmente me brindaron su apoyo durante todo este tiempo.

Agradezco el apoyo incondicional de mis asesores Ing. Agr. Ninoska Maya Vega e Ing. Agr. MSc. Pascual Rivera, por sus valiosos aportes.

Johanna Jerez Maradiaga

AGRADECIMIENTO

Las autoras de este trabajo de tesis deseamos agradecer muy sinceramente a nuestra asesora Ing. Agr. Ninoska Maya Vega, por su ayuda incondicional su constancia y paciencia en la elaboración de la misma.

Así también a nuestro coasesor Ing. Agr. MSc. Pascual Rivera, por su apoyo y aporte brindado de sus conocimientos.

A las Ing. Agr. Aleyda López Silva, Isabel Chavarría Gaitán y Jeanette Gutiérrez de Salmerón, por sus sugerencias y aportes para enriquecer el presente trabajo.

Por la revisión del trabajo al Ing. Agr. MSc. Moisés Blanco Navarro.

Al Programa Regional de Fomento de la Tracción Animal FOMENTA, y a la Fundación Nicaragüense para la Conservación y el Desarrollo FUNCOD, por su apoyo logístico.

A la Universidad Nacional Agraria, en especial a la Escuela de Producción Vegetal por albergarnos e instruirnos, por depositar en nosotras los conocimientos de todos sus profesores.

Por su colaboración con el material bibliográfico al personal del Centro Nacional de Información Agropecuaria CENIDA, especialmente a las Lic. Katty Sánchez y Francis Martínez, y al Ing. Agr. Gabriel López.

*Lorena Herrera Gómez
Johanna Jérez Maradilla*

INDICE GENERAL

Sección	Página
DEDICATORIA.....	..
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1. Ubicación y descripción del área experimental.....	3
2.2. Características agrobotánicas de la variedad Lousiana 68-40.....	5
2.3. Descripción de los tratamientos.....	5
2.4. Diseño experimental y variables estudiadas.....	7
2.5. Análisis estadístico.....	9
2.6. Manejo fitotécnico del ensayo.....	10
II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
3.1. Brotación.....	11
3.2. Densidad poblacional o ahijamiento.....	13
3.3. Índice de ahijamiento.....	16
3.4. Crecimiento aparente.....	18
3.5. Crecimiento diario aparente.....	21
3.6. Diámetro.....	23
3.7. Población de tallos cosechados.....	24
3.8. Altura de tallos cosechables.....	26
3.9. Peso promedio de los tallos.....	28
3.10. Rendimiento agrícola.....	29
3.11. Redimiento industrial.....	30
3.12. Rendimiento agro-insustrial.....	32
IV. CONCLUSIONES.....	35
V. RECOMENDACIONES.....	36
VI. REFERENCIAS.....	37
VII. ANEXOS.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla

1. Análisis de disponibilidad de nutrientes en el área del experimento.....	4
2. Tratamientos utilizados en los ensayos	5
3. Niveles de nutrientes de los tratamientos	6
4. Coeficientes de correlación entre la población final y las poblaciones antes de la cosecha en función de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	25
5. Coeficiente de correlación entre la altura final y las alturas antes de la cosecha en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	27
6. Valores máximos y del 90 % de los rendimientos agrícola y agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno, calculados con el modelo lineal.	33

INDICE DE FIGURAS

Figura

1. Condiciones climáticas prevaecientes en el tiempo de duración del ensayo según datos de la Estación Meteorológica del Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA).....	3
2. Porcentaje de germinación de la variedad L 68-40 a los 30 dds en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	13
3. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.....	14
4. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.	15
5. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.....	16
6. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno	17
7. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de fósforo.	17
8. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de potasio.....	18
9. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.....	19
10. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.	20
11. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.....	20
12. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.	21
13. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.	22
14. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.....	22
15. Diámetro de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	23
16. Población de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	25
17. Altura de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	27
18. Peso promedio de los tallos de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	28

19. Rendimiento agrícola de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	30
20. Rendimiento industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.	32
21. Rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	34

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Plano de campo.....	41
2. Tabla 7 . Análisis de varianza de las variables estudiadas en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	42
3. Tabla 8. 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.....	43
4. Tabla 9. Análisis de varianza de la altura durante la etapa de crecimiento y desarrollo de la variedad L 68 - -40	44
5. Tabla 10 . Valores medios de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.....	45
6. Figura 22. Rendimiento agrícola en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos lineales y L.R.P.....	46
7. Figura 23 . Rendimiento agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos lineales y L.R.P.	47

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Ingenio AGROINSA, de enero de 1995 al mes de marzo de 1996. Se evaluó el rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-40 de caña de azúcar (*Saccharum sp.*), en respuesta a aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, cultivada en un suelo negro vertisol, serie Malacatoya (MY). El ensayo se montó de acuerdo a un diseño factorial incompleto en un Bloque Completamente al Azar (BCA), las variables analizadas fueron: Brotación, ahijamiento, diámetro, población, altura, peso promedio de tallo, rendimientos agrícola, industrial y agro-industrial. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y de regresión, además de realizarse una separación de media según la prueba de Duncan al 5 % de margen de error. En todas las variables evaluadas se observó diferencia significativa a excepción del diámetro, peso promedio de tallo y rendimiento industrial, siendo el nitrógeno el elemento que presentó mayor influencia significativa provocando una respuesta directamente proporcional a sus aplicaciones, sin embargo el fósforo y el potasio no influenciaron en la respuesta de las mismas. Las mayores dosis de nitrógeno para producir el 90 % rendimiento agrícola y agro-industrial máximo, obtenida a través del modelo lineal discontinuo fueron de 72.39 y 74.63 kg/ha de nitrógeno respectivamente.

I. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum sp.*) ocupa un lugar muy importante en la economía nacional por la producción de azúcar, así como por sus subproductos. Ante tal situación la búsqueda de métodos que permitan lograr una mayor producción de alta calidad, constituye una preocupación de todas las entidades relacionadas con el cultivo. Así se tiene, que el empleo eficaz de los fertilizantes a bajos costos que proporcionan una producción adecuada constituyen una de las principales líneas de trabajo de investigación.

La creciente demanda del azúcar en el mercado nacional e internacional, llevó a un aumento de su producción en el ciclo 95-96, que se estimó en 65 millones de quintales, cifra mayor del 13.8 % con respecto a la zafra del ciclo 94-95, lo que se debió a una ampliación de las áreas cosechadas en 6.9 % y al aumento experimentado en los rendimientos agro-industriales en un 6.7 % con respecto al ciclo anterior (La Tribuna, 1996).

En la mayoría de los suelos, con sistemas de cultivo intensivos, tienen bajos contenidos de fósforo y nitrógeno, pero el satisfacer solamente la demanda de estos gradualmente disminuyen las reservas de potasio. Todos estos nutrientes son necesarios para mantener altos niveles de producción.

La caña de azúcar es una planta que tiene la característica de ser una de las mejores captadoras de energía lumínica y posee alta capacidad de formación de sacarosa, lo que determina una alta utilización de nutrientes, en especial N, P y K.

Los fertilizantes nitrogenados ejercen un notable efecto sobre la producción de caña, pero en exceso pueden disminuir su rendimiento, y afectar la calidad del jugo, por lo que debe aportarse una dosis óptima del mismo. Según Humbert (1963), a medida que la caña va creciendo demanda cantidades mayores de nitrógeno, sin llegar a pensar que estas demandas se corresponden con aquellas que producen óptimos rendimientos, pues si el nitrógeno permanece en exceso a medida que el cultivo se aproxima a la

época de cosecha, la calidad del jugo es pobre y por consecuencia hay baja producción de azúcar.

Los abonos fosforados estimulan el crecimiento radicular y el amacollamiento en el establecimiento de la plantación. Y en cuanto al potasio, la caña extrae grandes cantidades si se aplica adecuadamente, contrarrestando así, los efectos adversos de un exceso de nitrógeno en el rendimiento azucarero sobre los rendimientos agro-industriales.

En los diferentes ingenios del país, aún no existe una técnica específica adecuada de fertilización para los distintos tipos de suelo 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 (y beneficiarse durante ese tiempo de una producción importante), que intentar restablecerla después.

Sobre este aspecto de la nutrición se han desarrollado un sinnúmero de trabajos experimentales en el Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA), para aumentar los rendimientos, haciendo uso de diferentes dosis de N, P y K, en una diversidad de suelos que van desde el ferralítico rojo hasta suelos negros vertisoles,

Ante tal situación, el presente trabajo se plantea como objetivos:

- Determinar la influencia de diferentes dosis de N, P y K sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la variedad L 68-40, en un suelo negro vertisol.
- Obtener la dosis óptima, tanto económica como de producción, de N, P y K para un mejor aprovechamiento por parte del cultivo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del área experimental

El experimento se estableció en el Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA), que se encuentra ubicado al noreste de la capital, Managua. Su centro geográfico se encuentra a 37 km de ésta, en el municipio de Tipitapa. Geográficamente se localiza entre los 12°10' y 12°19' Latitud Norte y a 85°56' Longitud Oeste y a una altitud de 75 msnm.

Según Borden (1936) y Rojas (1991), las condiciones climáticas constituyen unos de los factores más importantes que determinan el rendimiento de la caña. La primer etapa de crecimiento del ensayo fue influida por las altas temperaturas que se registraron entre los meses de abril y agosto, coincidiendo el mismo con aumentos de la precipitación, lo que contribuyó positivamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo. A partir del mes de agosto hubo disminución gradual de la temperatura favoreciendo a la concentración de los azúcares y a la consiguiente madurez de la planta (Figura.1).

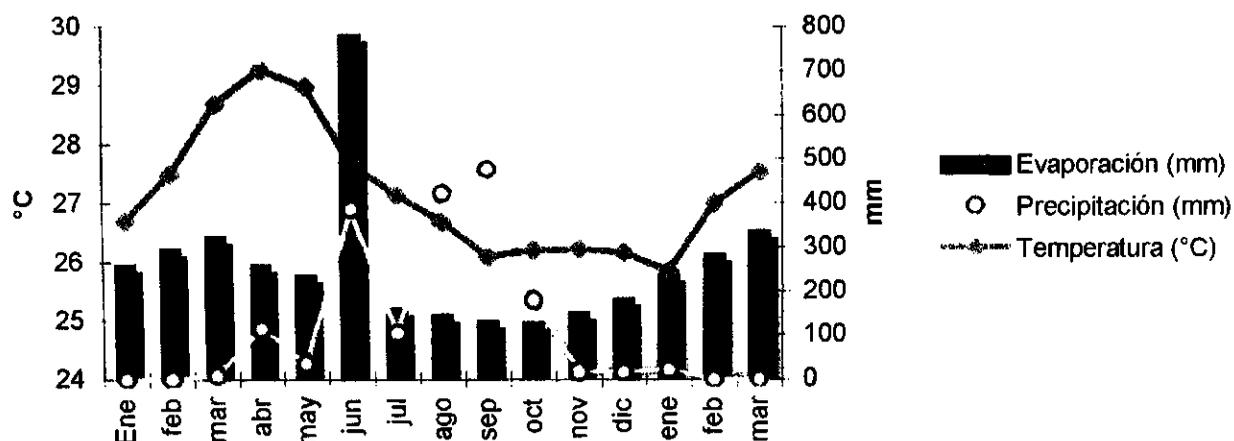


Figura 1. Condiciones climáticas prevalecientes en el tiempo de duración del ensayo según datos de la Estación Meteorológica del Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA)

El tipo de suelo donde se estableció el ensayo es negro vertisol de la serie Malacatoya (My), Typic Pellusterts. Este se distribuye en la planicie de sedimentación y se localiza en tres áreas del Ingenio, fundamentalmente al Este del mismo, ocupando un área de 2 399.5 ha, que representan el 11.6 por ciento del área total.

Las características generales de la serie Malacatoya son:

Serie:	My
Perfil:	No. 45
Fase:	My D ₂
Topografía:	Llana o plana
Drenaje externo:	Muy lento
Drenaje interno:	Muy lento
Coloración:	Negra o gris muy oscuro
pH:	7.1 neutro
Mineral predominante:	2:1 montmorillonítica
Textura:	Arcillosa
Estructura:	Bloques sub-angular fuerte cuando es húmedo y muy fuerte en el subsuelo en seco.

Descripción del perfil

- 0-11 cm - a 11p. Arcilla pesada de color negro o gris muy oscuro (10 y R2.5) en húmedo con bloques sub-angulares medios y finos y adhesivos en húmedo. Abundante porosidad fina y muy fina, medianamente ácido, con abundantes raíces y límites claros y uniformes.
- 11-58 cm- a 12. Arcilla pesada de color gris muy oscura o negra (10y R 2.5/1) en húmedo, o estructura columnar plástico y adhesivo en húmedo, y muy plástico y muy adhesivo en mojado, abundantes poros finos, muchas raíces con límites claros y uniformes.
- 58-110 cm -a 13. Arcilla pesada gris oscuro negro (10y R 2.5/1) con bloques sub-angulares medios finos, débiles plásticos y no muy adhesivos en húmedo, muy plástico y adhesivos en mojado, medianamente ácidos.

Tabla 1. Análisis de disponibilidad de nutrientes en el área del experimento.

%			P (ppm)	mg/g suelo			Análisis textural (%)		
pH	MO	N		K	Ca	Mg	arcilla	arena	limo
7.1	1.3	0.06	10	0.41	19	63	65	17.5	17.5

2.2. Características agrobotánicas de la variedad Lousiana 68-40¹

Origen:	Lousiana E.U.A., variedad híbrida del año 1968
Tipo de madurez:	Media/tardía.
Hábito de crecimiento:	Erecto.
Germinación:	Mayor o igual a 50%.
Ahijamiento:	Mayor o igual a 12 tallos por metro.
Forma del canuto:	Casi cilíndrico ligeramente más grueso en los extremos, generalmente grueso.
Altura:	Mayor o igual a 210 cm.
Color:	Amarillo anaranjado con abundantes manchas y estrillas rojizas.
Yemas:	Redondeadas y abultadas, con brácteas que sobresalen principalmente en la parte media superior a semejanza de un corazón, la yema alcanza el nivel del anillo de crecimiento. El surco de la yema es poco frecuente y de poca profundidad.
Anillo:	Anaranjado, rojizo frecuentemente en la mitad superior del tallo y verde amarillento en la mitad inferior del tallo.
Hoja:	Media ancha y a unos 45° respecto al tallo.

2.3. Descripción de los tratamientos

En el presente estudio se utilizaron 13 tratamientos en la evaluación de 5 dosis diferentes de N, P y K, los cuales se precisan en la Tabla 2, distribuyéndose al azar en cada una de las parcelas experimentales (Anexo 1).

Tabla 2. Tratamientos utilizados en los ensayos

Tratamiento	N ₂ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ 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

¹ Estudio de factibilidad Proyecto Agroindustrial Azucarero Tipitapa-Malacatoya. (MIDINRA, 1981)

Fuentes de Nutrientes utilizados.

Nitrógeno: Urea 46 %
Fósforo: Superfosfato triple P_2O_5 46 %.
Potasio: Muriato de potasio 60 % K_2O .

Los tratamientos se prepararon en dosis de nutrientes en kg/ha aplicándolas en forma de gramos por surco en cada una de las parcelas del experimento.

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_2O_5	0	30	60	90	120
K_2O	0	40	80	120	160

El ensayo fue plantado el 13 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 14 meses (11 de marzo del 96).

2.4. Diseño experimental y variables estudiadas

El diseño experimental utilizado fue un factorial incompleto en un de Bloques Completamente al Azar (BCA), con 5 repeticiones separadas por 3 m. La parcela experimental contó con 4 surcos de 8 m de longitud con una separación entre sí de 1.4 m, obteniéndose un área útil de 44.8 m², la separación entre cada parcela fue de un surco muerto con un área total para todo el ensayo de 4 550 m².

Variables estudiadas

Antes de la cosecha

1. Brotación: se evaluó a los 30 días después de la siembra (dds). El recuento fue realizado contando la población de los dos surcos centrales de cada parcela experimental, 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 quincenalmente a partir de los 45 dds. contando el total de plantas en los dos surcos centrales de cada parcela de los tres bloques centrales. Siendo calculados como la relación entre el total de plantas contadas y el total de metros; expresándose en plantas por metro.
3. Índice de ahijamiento: se calculó por parcela, dividiendo las plantas por metro obtenidas en cada muestreo, entre el número de plantas por metro obtenidas a los 30 dds reflejándonos la cantidad de hijos producidos.
4. Altura: se determinó tomando la distancia comprendida desde la base hasta el primer cuello o "dewlap" visible, expresado en cm. Para ello se seleccionaron de los dos surcos centrales de cada parcela en los tres bloques centrales del ensayo, 6 plantas lo más uniforme posible, presentando el mismo porte y aspecto,. Esta medición se realizó quincenalmente a partir de los 45 días de la siembra, y siempre a las mismas plantas marcadas. La altura de plantas por parcela fue el promedio del total de plantas.

5. **Crecimiento diario aparente:** este se calculó restando la altura de una medición posterior, a la altura de una medición anterior, dividiendo el resultado entre el número de días transcurrido entre las dos mediciones. Esta 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 hicieron mensualmente hasta el momento de la cosecha.

Mediciones a la cosecha

1. **Población de tallos molibles:** se contaron todos los tallos molibles en cada uno de los 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 centímetros.
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, se expresó 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 kg por parcela o en toneladas de caña por unidad de área.

6. Rendimiento industrial: una semana antes de la cosecha se procedió a tomar una muestra de 10 tallos molibles al azar, distribuidos en los surcos centrales de cada parcela en todos los bloques, las que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para su análisis respectivo (Brix, sacarosa, pureza, etc.). El rendimiento industrial se expresa en kilogramos de azúcar por toneladas de caña.
7. Rendimiento agro-industrial: este se obtiene de multiplicar el rendimiento industrial por el rendimiento agrícola y se expresa en kilogramos de azúcar por parcela o kilogramos de azúcar por unidad de área.

2.5. Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos al Análisis de Varianza por medio del paquete ANOVA del programa Statistical Analysis System (SAS), tal y como lo describe Martínez (1988). Después de realizar dicho análisis, se procedió a hacer un fraccionamiento de los grados de libertad para determinar el efecto de cada nutriente.

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

Por último se hizo la estimación de las dosis recomendable con el uso de los siguientes modelos, que relacionan al factor y la respuesta que represente 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 ()

$$y = b_0 + b_1x$$

2.6. Manejo fitotécnico del ensayo

Los lotes para montar el ensayo fueron seleccionados por los técnicos del ingenio Victoria de Julio (AGROINSA), en base al manejo de los lotes comerciales. El manejo del mismo se realizó lo más uniformemente posible en cuanto a :

- **Preparación del terreno:** que 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:** que fue 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 exasínona (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 11 de marzo de 1996.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Brotación

El fenómeno de brotación se caracteriza por una cadena de cambios que se inician con la absorción de agua y conducen al organismo al estado de desarrollo activo. La buena germinación significa un buen comienzo y aporta las bases para una cosecha segura (Dillewijn, 1952). Por otro lado, Llamas *et al.*, (1980), plantean que para aumentar los rendimientos por unidad de área, esta característica resulta uno de los puntos básicos para alcanzar buenos rendimientos.

El valor óptimo de la brotación de yema tiende a ser de un 60 por ciento, debido a la gran cantidad de factores concurrentes normalmente sólo se obtiene este porcentaje en cualquier tallo (González, 1983).

El análisis estadístico refleja que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados (Anexo 2). El mayor efecto se encontró con la aplicación creciente de nitrógeno, obteniéndose la mayor germinación con dosis de 200 kg/ha, tal y como se aprecia en la Figura 2.

La correlación positiva entre la cantidad de compuestos nitrogenados solubles en el trozo de caña y el ritmo de germinación probablemente se deba a que estos forman parte de las sustancias reguladoras del crecimiento. Además la rápida hidrólisis de este elemento en el suelo a formas asimilables por la planta provocan una respuesta directamente proporcional en la germinación.

Los países que cultivan caña de azúcar consideran muy importante la aplicación de fertilizantes nitrogenados; en Hawaii se han utilizado hasta 390 kg/ha por cosecha (Humbert, 1963), en México hasta 120 kg/ha, y en Cuba se reportan aplicaciones de hasta 100 kg/ha de este elemento (CIDA, 1976).

El análisis realizado no detectó diferencias significativas entre las dosis de fósforo, ver la Figura 2. Según King (1968), el fósforo no mejora la germinación de las yemas primarias, pero garantiza la emergencia de los retoños primarios por lo que una deficiencia provoca la muerte de los mismos antes de llegar a la superficie del suelo.

Aún cuando éste es un elemento fundamental en la nutrición de la planta la respuesta del cultivo al mismo está directamente relacionada con la reacción espontánea del fósforo a los constituyentes del suelo, por lo que no se da una disponibilidad inmediata, sino que se acrecienta con el tiempo, es por eso que una vez que se han agotado las reservas del trozo de caña posteriormente hace uso del que se encuentra soluble en el suelo.

En el caso del potasio no existe efecto significativo sobre este carácter, encontrándose el mayor porcentaje de germinación en la dosis de 120 kg/ha de K_2O . El potasio es consumido por la planta en todo su ciclo vegetativo en grandes cantidades llamándose a esto un consumo de lujo sin que esto cause efectos significativos en la germinación de la yema.

Según estudios realizados por CENICAÑA (1994), durante el desarrollo del cultivo en cuatro cortes consecutivos en el Puerto Tejada se demostró que la mayor respuesta de la variedad MZ-74275 correspondió al nitrógeno, en todos los cortes la mayor producción de caña y azúcar se obtuvo con la dosis de 150 kg/ha de nitrógeno, en este experimento no se observó respuestas en producción de caña con las aplicaciones de fósforo y potasio al suelo, aunque este suelo presentó bajos contenidos de fósforo disponible.

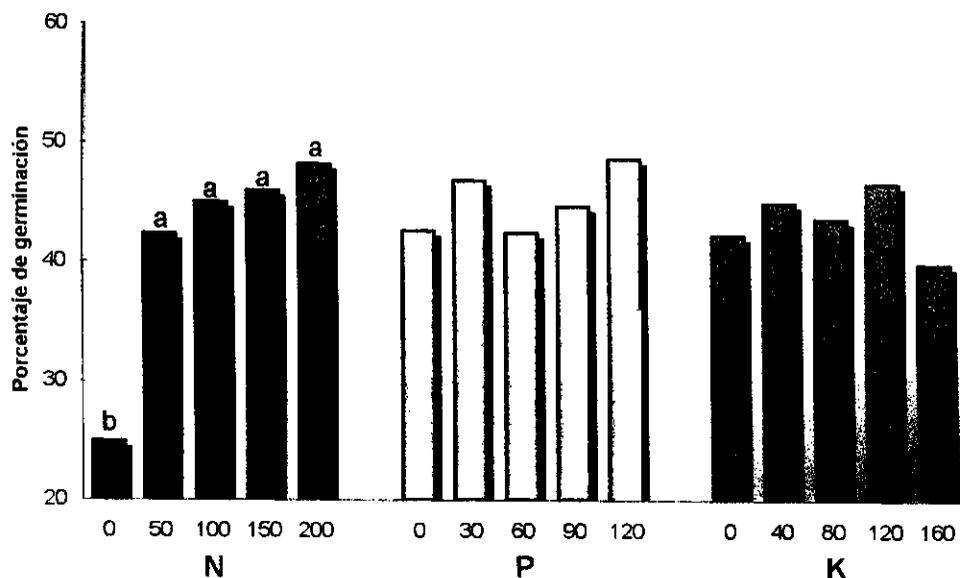


Figura 2. Porcentaje de germinación de la variedad L 68-40 a los 30 dds en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.2. Densidad poblacional o ahijamiento

La capacidad que tiene la yema de poder dar origen a un grupo de vástagos está condicionada por una serie de factores, que pueden ejercer una influencia beneficiosa respecto al número definitivo de estos, tales como luz, temperatura, humedad del suelo, distancia de siembra, aporque, fertilización, encamado el cual provoca un ahijamiento aéreo producto del contacto de las yemas aéreas con la humedad del suelo.

Independientemente de los nutrientes aplicados, la producción de hijos en general se incrementa entre los 45 y 60 días, siendo mayor a los 75 días. El ahijamiento llega a un máximo a los 105 días a partir del cual tiende a estabilizarse aproximadamente entre los 180 y 210 días, debido probablemente a que el crecimiento de la planta de caña así como el de sus partes constituyentes no se realiza a un ritmo uniforme. El desarrollo comienza muy lentamente en la yema germinante, aumentando gradualmente hasta alcanzar un máximo que a su vez es seguido de una disminución gradual. A esta tendencia de desarrollo se le conoce como gran período de crecimiento (González, 1977).

Los datos obtenidos durante el crecimiento y desarrollo del cultivo sometidos a análisis estadístico, determinaron que el nitrógeno fue el de mayor influencia y que su respuesta se ajustó a un modelo lineal, presentando significancia hasta los 105 días después de la siembra, no siendo así para el fósforo y el potasio cuyos datos no correspondieron ni a efecto lineal ni cuadrático (Anexo 3).

Al observar la Figura 3 se advierte que el nitrógeno manifestó una influencia directamente proporcional, dosis crecientes de este elemento provocaron aumentos en la población de plantas lo que significa que el nitrógeno ejerce efecto positivo sobre el ahijamiento. Estos resultados concuerdan con lo planteado por Dillewijn (1952), quien observó que las aplicaciones cada vez mayores de nitrógeno aumentan permanentemente el número de vástagos, hasta llegar a un óptimo después del cual, las aplicaciones adicionales de nitrógeno no surten efecto alguno.

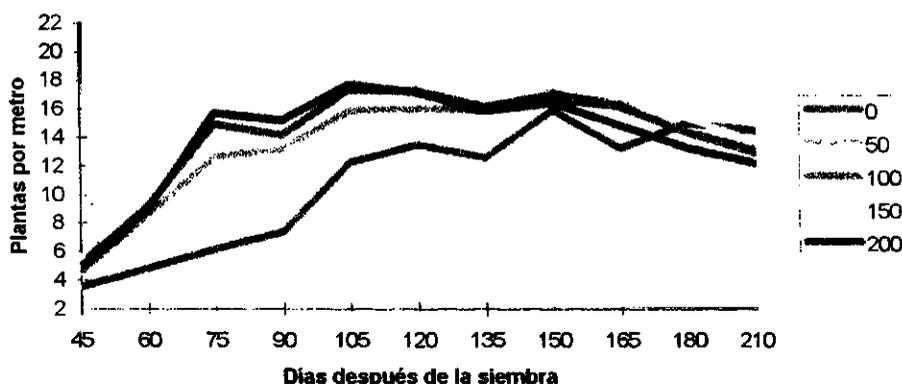


Figura 3. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno

Al aumentar las dosis de fósforo (Figura 4), no hubo efecto significativo ante la población de tallos por metro, pero se puede afirmar que el fósforo ejerce influencia en el ahijamiento (King, 1968) y (González, 1983). Además, González (1983), afirma que la planta requiere mayores cantidades de fósforo al inicio de su ciclo vegetativo, el cual no es almacenado sino que es utilizado para el desarrollo del sistema radicular al igual que produce notables efectos en el ritmo de ahijamiento y ayuda a mantener la relación raíz vástagos.

Aunque el fósforo influye en esta característica por su intervención en la formación de yemas, su asimilación es dependiente de su dinámica en el suelo. La capacidad que éste tiene de retenerse en los coloides del suelo siendo este un suelo arcilloso es un proceso reversible, de manera que éste es liberado poco a poco quedando disponible para la planta.

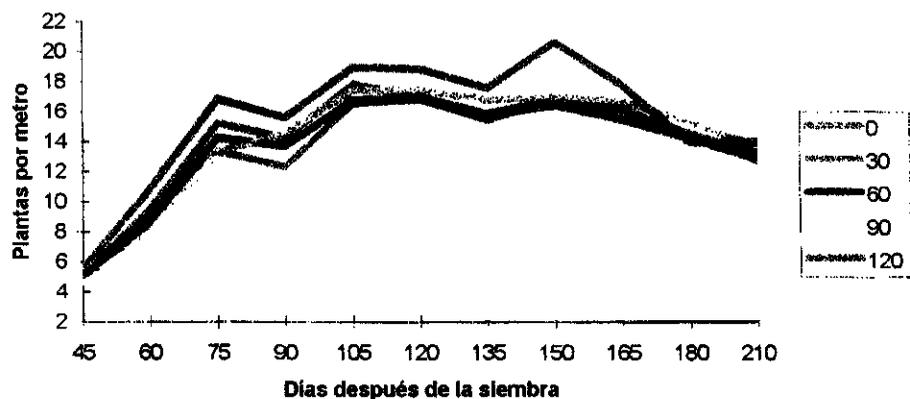


Figura 4. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.

De manera visual se puede percibir en la Figura 5 que las dosis de potasio provocaron incremento en el ahijamiento de los 60 a los 165 días de desarrollo, pero éstas no ejercieron una influencia estadísticamente significativa, sin embargo una deficiencia de este elemento disminuye el ahijamiento aunque en un grado inferior a la disminución provocada por las insuficiencias de nitrógeno, debido a que la tarea más importante del potasio es la formación de sacarosa (Arzola *et al.*, 1981).

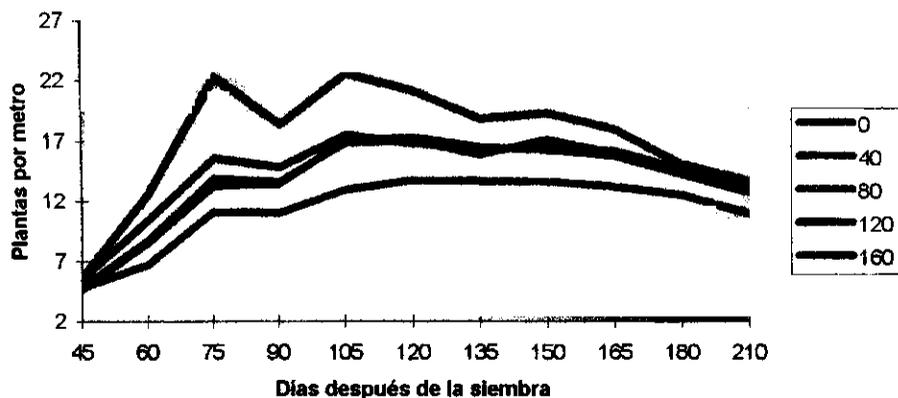


Figura 5. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.

3.3. Índice de ahijamiento

El ahijamiento es una característica beneficiosa para cualquier variedad pues a partir de este proceso es que cada planta se provee de un adecuado número de tallos, requisito indispensable para obtener altas producciones de caña por unidad de superficie.

La importancia del ahijamiento ha sido puesta en manifiesto por Dillewijn (1952), que señaló que la buena germinación se considera base de toda buena cosecha, pero el ahijamiento constituye, el paso siguiente, porque dota a las plantas del número apropiado de tallos que se requieren para un buen rendimiento.

Al igual que la densidad poblacional, independientemente de los tratamientos, el mayor índice de ahijamiento se alcanzó entre los 105 y 120 días, lo que se puede comprobar en las Figuras 6, 7 y 8.

En el caso del nitrógeno el índice de ahijamiento presentó su mayor incremento entre los 45 y 120 dds, siendo la dosis de 200 kg/ha de nitrógeno la que presentó una mejor respuesta (Figura 6). Es importante destacar que la mayor cantidad de nitrógeno absorbido ocurre a los 90 días después de la brotación, esta cantidad es almacenada y utilizada en el continuo

crecimiento donde la absorción disminuye excepto cuando el hombre lo suministra o cuando las condiciones externas favorecen su absorción. De esta forma la planta logra mantener su ritmo acelerado de desarrollo, disminuyendo en esos momentos el rendimiento industrial con el consiguiente aumento del agrícola (González 1977).

Con relación al fósforo se presentó mayor incremento el número de vástagos entre los 45 y 120 dds con dosis de 90 kg/ha,. De manera similar el potasio presentó un incremento parecido en dosis de 120 kg/ha de potasio (Figuras 7 y 8).

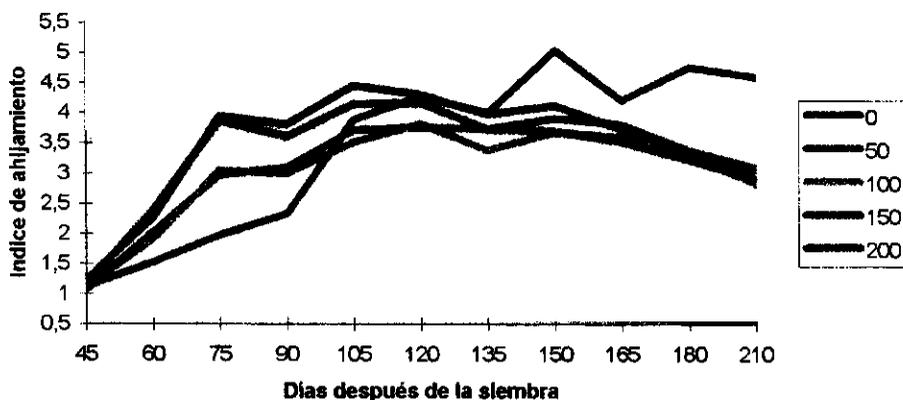


Figura 6. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno.

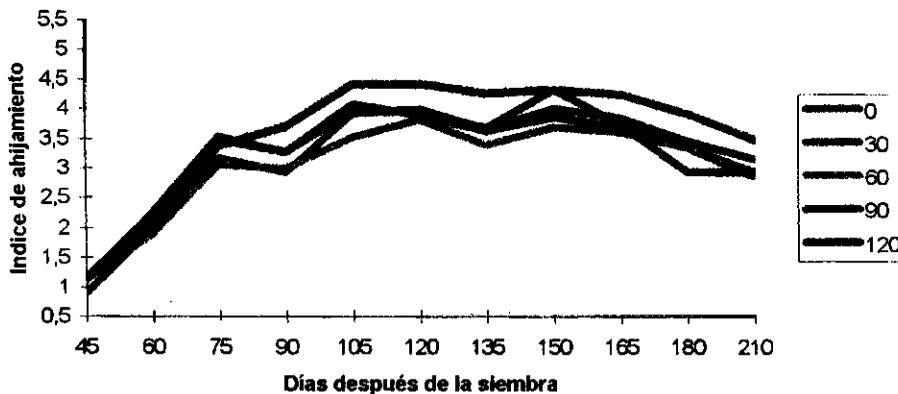


Figura 7. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de fósforo.

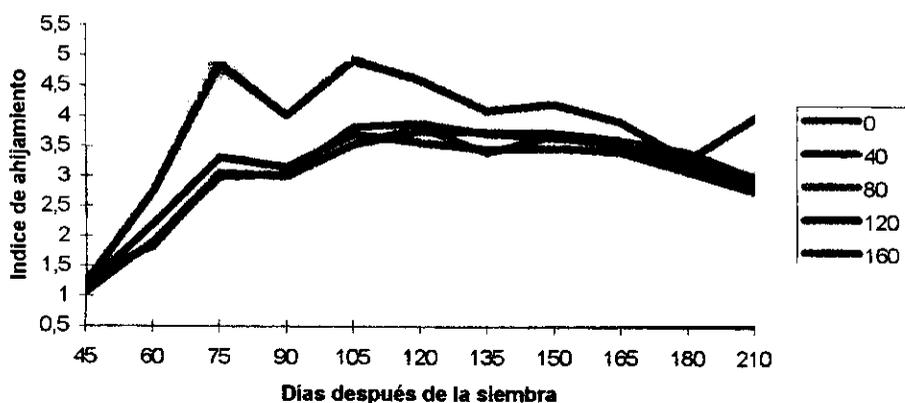


Figura 8. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de potasio.

3.4. Crecimiento aparente

Esta variable 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 asociada al gran período de crecimiento, y éste 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 (Martin *et al.*, 1987) (Anexo 4).

El análisis estadístico refleja que el nitrógeno presentó el mayor efecto significativo actuando positivamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo, siendo alcanzada la mayor altura con la dosis de 150 kg/ha de nitrógeno y reflejando menor altura al haber ausencia de este elemento lo que se muestra en la 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), y para las dosis utilizadas parece ser que este valor oscila entre la dosis ya mencionadas.

La efectividad de una fertilización nitrogenada depende en alto grado de la época de

aplicación y precisamente el hecho de que se haya abonado en siembra produjo efecto positivo en el crecimiento de la caña. Esto se debe al papel que juega el nitrógeno en la formación de proteínas, además al hecho de ser un componente de los pigmentos clorofílicos y de encontrarse en las hormonas reguladoras de las funciones metabólicas, lo que asegura que todas estas funciones se realicen a tiempo para obtener plantas vigorosas y de un verde intenso.

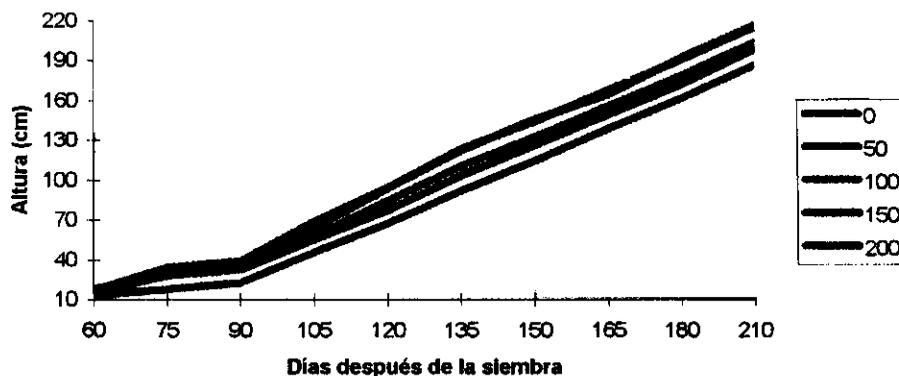


Figura 9. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.

En el caso de los elementos fósforo y potasio no se presentó ninguna influencia significativa en el crecimiento del cultivo, esto se debe probablemente a que estos están expuestos a menores pérdidas en el suelo y por tal motivo la planta puede disponer de ellos a lo largo de su crecimiento, no obstante se deben mantener sus fondos fijos ya que estos influyen en otras variables, ver Figuras 10 y 11.

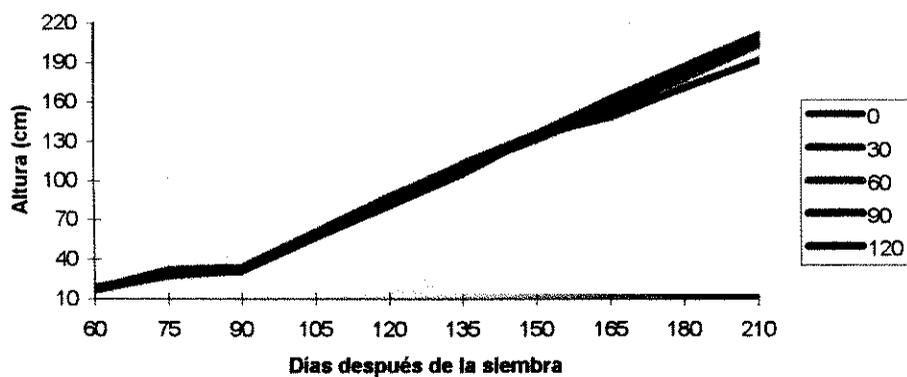


Figura 10. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.

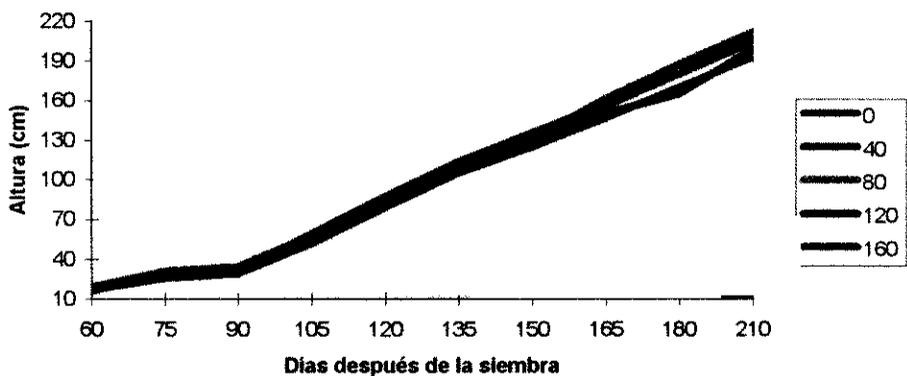


Figura 11. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.

3.5. Crecimiento diario aparente

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 puede observar que el crecimiento inicia entre los 60 y 75 dds, alcanzando su máximo a los 120 y 135 días. No obstante la expresión máxima para este carácter se alcanzó con el tratamiento de 100-0-80 kg/ha de N, P y K respectivamente. La tendencia normal de la longitud de los canutos de un tallo, está asociada con un gran período de crecimiento, lo que significa que el ritmo de elaboración o alargamiento aumenta hasta llegar a un máximo después del cual comienza a declinar (Dillewijn, 1952).

Van Den Honert, 1932, citado por Dillewijn (1952), 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.

En las etapas iniciales del cultivo la absorción es lenta, pero tan pronto como los vástagos y raíces se desarrollan, la proporción aumenta notablemente, hasta cierto punto. Esto ocurre particularmente con el potasio y el nitrógeno que son asimilados en una proporción máxima entre los 3 y 6 meses después de la siembra. A partir de este período la absorción de estos dos elementos se hace más lenta, pero sigue siendo considerable hasta la cosecha (Dillewijn, 1952).

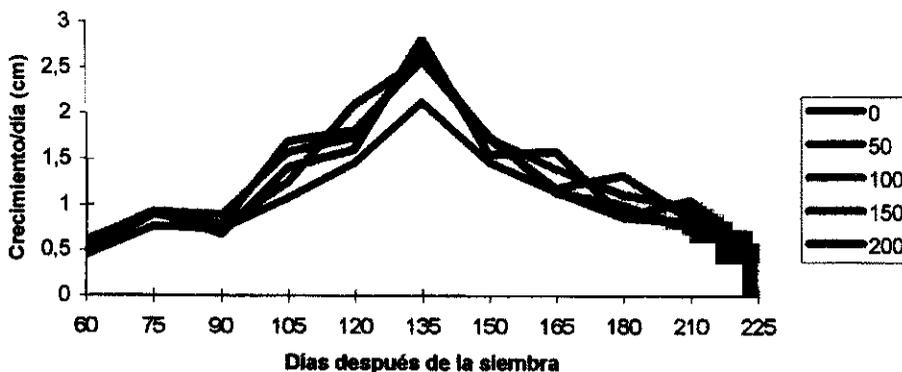


Figura 12. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.

crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno.

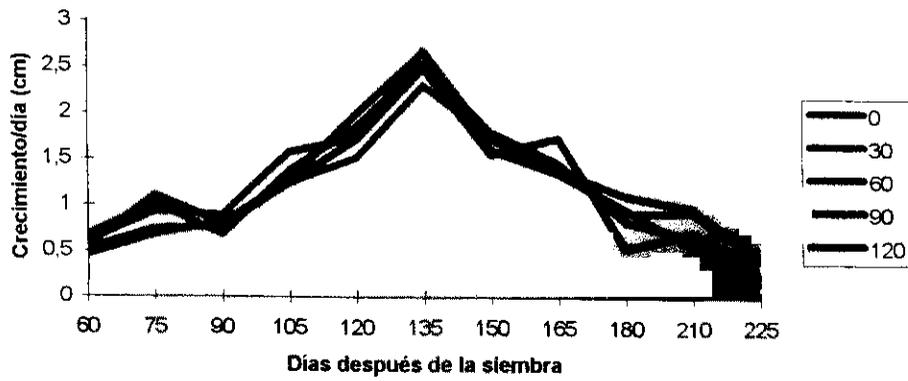


Figura 13. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.

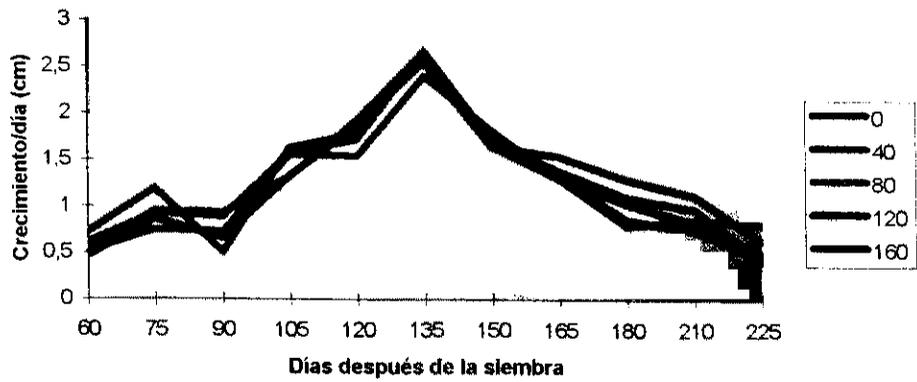


Figura 14. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.

3.6. Diámetro

Según el análisis estadístico efectuado y plasmado en el Anexo 2 y en la Figura 15, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

El diámetro de los tallos presenta contribuciones bajas y en algunos casos negativas lo que demuestra una vez más que no es un carácter a tener en cuenta para estimar el rendimiento agrícola, pero si es parte del rendimiento al final de la cosecha (Estación Experimental Bainoá, 1987).

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

Siendo este un carácter meramente varietal es importante tomarse en cuenta esta característica a la hora de seleccionarse la variedad debido a la intervención que este tiene en el rendimiento final.

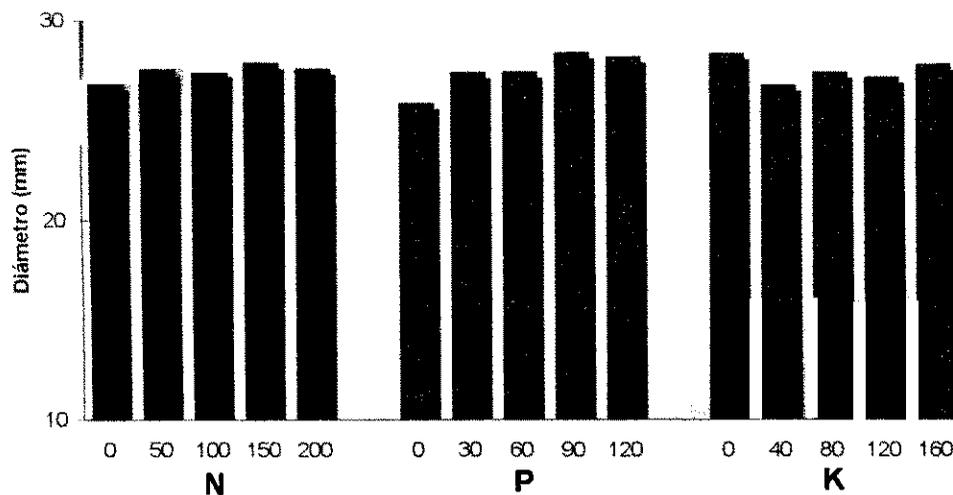


Figura 15. Diámetro de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.7. Población de tallos cosechados

La población de tallos cosechables influye considerablemente en el rendimiento agrícola de una variedad, la cantidad de caña por cepa, es muy variable y está en dependencia del grado de desarrollo de los tallos y de la variedad fundamentalmente.

La población de tallos y los rendimientos de la caña de azúcar, bajo condiciones subtropicales, están correlacionadas positivamente. La primera a su vez depende del crecimiento y de la variedad, del espacio entre surcos y del índice o norma de semilla usada (Karwar & Sharma, 1974).

Según Matheme (1978), los incrementos en el rendimiento de caña por hectárea, corresponden a los incrementos poblacionales. Con respecto al nitrógeno fue el único nutriente que presentó influencia significativa sobre esta variable reflejando un efecto lineal (Anexo 2), al igual que presentó mayor población con la dosis de 150 y 100 kg/ha (Figura 16).

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 más allá del cual las aplicaciones adicionales de este nutriente no producen incremento alguno en el número de tallos (Arzola *et al.*, 1981).

Referente al fósforo y al potasio (Figura 16), no influyeron significativamente, aunque numéricamente con dosis de 30 y 90 kg/ha de fósforo se obtuvo la mayor población, igual comportamiento presentó el potasio pero con dosis de 120 y 160 kg/ha.

Rivera & Barbosa (1989), exponen que la producción de tallos molibles es influenciada positivamente por las aplicaciones de nitrógeno alcanzándose la mayor producción con la dosis de 100 kg/ha de nitrógeno, mientras que las aplicaciones de fósforo y potasio no parecen provocar ninguna influencia significativa.

Es evidente la alta influencia del nitrógeno al determinarse la correlación existente entre la población final y las poblaciones antes de la cosecha, representadas en la Tabla 4, en la que

se puede apreciar que los coeficientes con valores altos y significativos los presenta el nitrógeno, específicamente entre los 60 y 105 dds, lo que no sucede con los otros elementos, cuyos coeficientes son bajos

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre la población final y las poblaciones antes de la cosecha en función de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Días después de la siembra	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
45	0.89	-0.09	0.73
60	0.99	0.10	0.82
75	0.95	0.18	0.83
90	0.97	0.16	0.80
105	0.94	0.26	0.78
120	0.89	0.36	0.66

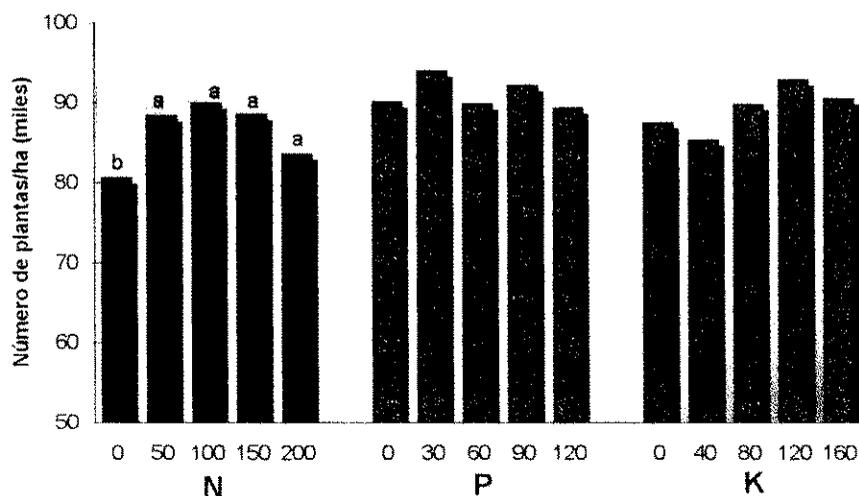


Figura 16. Población de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.8. 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 polisacáridos (Dillewijn, 1951). Este carácter junto con el diámetro de los tallos, el porcentaje de fibra y el peso de los jugos, determinan el peso promedio de los tallos (Barbosa, 1990).

Con esta variable se determinó la longitud de tallos molibles que se van a llevar a la fábrica. Cuando se desea seguir el proceso de maduración en una cosecha el promedio de la sección molible de la caña se traza generalmente con el tiempo. A medida que la planta se va haciendo más alta, se refleja un aumento gradual del promedio del contenido de sacarosa.

El único elemento que presentó diferencias significativas fue el nitrógeno, cuyos resultados se ajustaron a un modelo lineal (Anexo 2), en el cual se demuestra que con dosis de 200 kg/ha se alcanzó la mayor altura de tallo, y que la falta de este elemento provocó una disminución en la misma (Figura 17).

El cultivo de la caña de azúcar es uno de los más exigentes en cuanto a dosificación del fertilizante nitrogenado se refiere para un máximo rendimiento, tanto a lo que atañe a la parte agrícola como a su posterior aprovechamiento industrial.

En cuanto al fósforo, no hubo influencia significativa, pero numéricamente se observan, en la Figura 17, tendencias de aumento en altura hasta la dosis de 30 kg/ha de fósforo. Estos resultados coinciden con los de Angarica *et. al.* (1985), que no encontraron efectos en las aplicaciones de fósforo en la altura de los tallos de la caña de azúcar. De igual manera el potasio presentó un comportamiento similar obteniéndose con la dosis de 120 kg/ha la mayor altura.

Indiscutiblemente es el nitrógeno el nutriente que más efecto tuvo sobre la altura desde el inicio del experimento hasta el momento de la cosecha, representado por la alta correlación que hay entre la altura final y las alturas obtenidas antes de la cosecha (Tabla 5)

Tabla 5. Coeficiente de correlación entre la altura final y las alturas antes de la cosecha en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Días después de la siembra	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
60	0.94	-0.23	-0.74
75	0.93	-0.22	-0.23
90	0.93	-0.26	-0.34
105	0.93	0.63	0.87
120	0.95	0.75	0.98
135	0.96	0.83	0.83
150	0.96	0.85	0.92
165	0.95	0.95	0.96
180	0.96	0.99	0.91
210	0.98	0.99	0.91

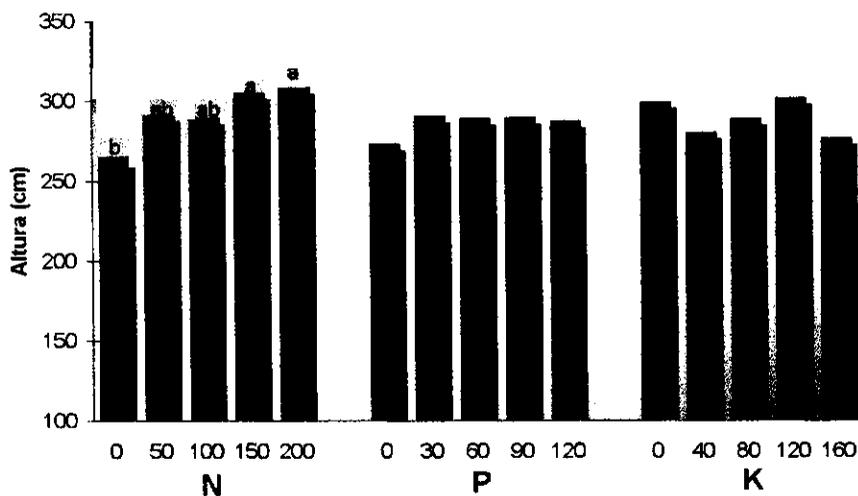


Figura 17. Altura de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

3.9. Peso promedio de los tallos

El peso seco de la caña molible y la paja aumentan gradualmente con respecto al desarrollo y crecimiento del cultivo, de aquí se desprende que mientras mayor sea el rendimiento de caña molible menor será la proporción relativa de raíces y cogollos.

Fauconnier & Bausserau (1980), afirman en su libro, "La caña de azúcar", que el peso de los tallos como carácter específico o varietal, puede variar desde tan sólo 300 g hasta 6 kg, en dependencia de las características del cultivar o de la edad de la caña.

La respuesta del elemento nitrógeno no tuvo efecto estadísticamente significativo (Figura 18). Aunque el nitrógeno solamente constituye el 1 por ciento del peso total de las cañas maduras, desempeña un papel tan importante como el del carbono, hidrógeno y oxígeno que juntos forman más del 90 por ciento de la materia seca (Dillewijn, 1975).

En el caso del fósforo y potasio no se determinó influencia significativa, a como de puede apreciar en la Figura 18, pero numéricamente se observa que con dosis de 90 y 120 kg/ha respectivamente, hubo tendencia a aumento del peso.

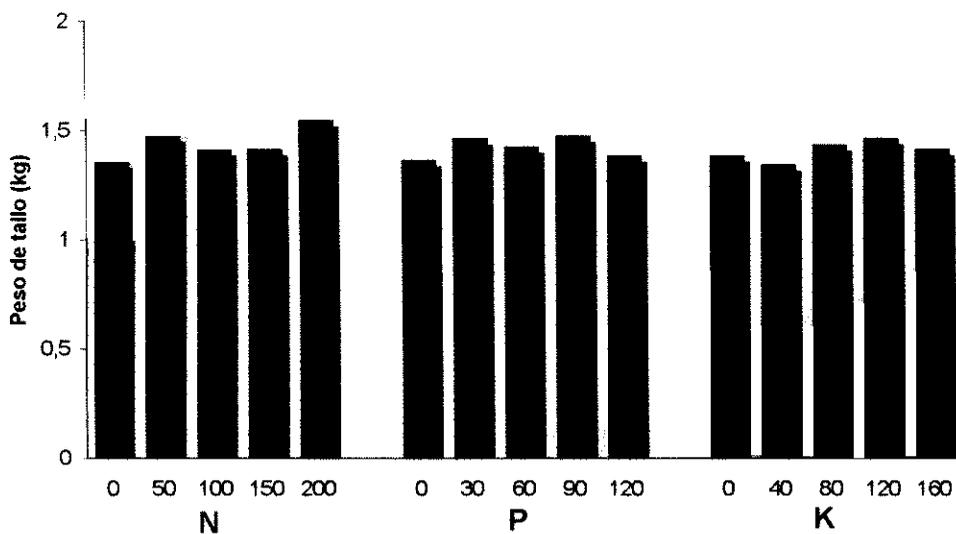


Figura 18. Peso promedio de los tallos de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.10. Rendimiento agrícola

El rendimiento agrícola refleja la cantidad de tallos molibles cosechados, así como el peso de los mismos, expresando el total de materia vegetal cosechada en toneladas por hectárea. Según Norman (1971) y Shigeki (1971), este rendimiento depende de dos caracteres fundamentales: número de tallos molibles y el peso de los mismos, este último a su vez se deriva de la altura y diámetro del tallo.

Al realizar el análisis estadístico se refleja que existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados coincidiendo con los resultados obtenidos en el Ingenio San Carlos de Colombia (CENICAÑA, 1995).

El nitrógeno manifestó una influencia positiva, presentando un efecto lineal positivo (ver Anexo 2), lo que se traduce al hecho de que con dosis crecientes de este elemento se provocan aumentos en el rendimiento, observándose que con dosis de 200 kg/ha se produjo el más alto rendimiento (Figura 19).

Pérez (1982), informa que en caña planta sólo se encontró respuestas al nitrógeno en suelos negros. Otros 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 están en dependencia de las condiciones de suelo, de la agrotecnia y del clima del lugar que se cultiva (Zambello & Sánchez, 1984), por lo que los resultados de las investigaciones no siempre coinciden.

En el caso de las dosis de fósforo no hubo influencia significativa, pero numéricamente se obtuvo el rendimiento más alto con dosis de 90 kg/ha de fósforo tal y como se aprecia en la (Figura 19), coincidiendo con lo informado por Pérez & Ismael (1977), que no encontraron efecto marcado del fósforo sobre el rendimiento. Sin embargo Martínez (1977), en una investigación evaluando niveles de N, P y K, observó que el fósforo influye sobre el comportamiento lineal del rendimiento en respuesta a las aplicaciones de nitrógeno, especialmente en dosis medias y bajas.

Con respecto al potasio (Figura 19), no hubo influencia estadística significativa, pero numéricamente se obtuvo el mejor rendimiento con dosis de 120 kg/ha de potasio. Esto se puede atribuir a la alternancia de períodos húmedos y secos propios de los suelos arcillosos de tipo 2:1 que provoca expansiones y contracciones de los coloides que favorecen la conversión de fertilizantes potásicos en no cambiables. Rubio (1982), indica que en los 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.

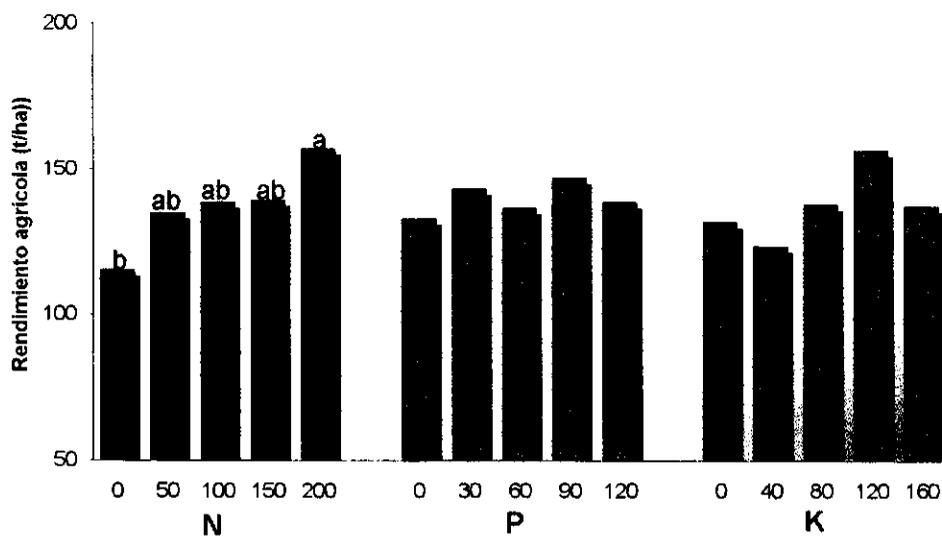


Figura 19. Rendimiento agrícola de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

3.11. Rendimiento industrial

Este expresa la cantidad de azúcar por tonelada de caña, siendo ésta la variable que mide el producto final (azúcar) en este cultivo. Está determinada por el grado de pureza del jugo, por lo que un alto rendimiento agrícola no necesariamente está asociado a un buen rendimiento industrial.

En el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (ver Anexo 2), resultados similares han obtenido Palacios & Peña (1994) y Ruiz & Zelaya (1996).

En referencia a las aplicaciones de nitrógeno (Figura 20), se observó que con dosis de 150 y 50 kg/ha se obtuvieron los rendimientos más altos. El efecto del incremento de las aplicaciones de nitrógeno sobre los rendimientos de caña y azúcar, dependen fundamentalmente de la presencia de otros nutrientes (Arzola *et. al.*, 1981). Sin embargo, Martínez & Gutiérrez (1977), afirman que este elemento tiene un efecto deprimente durante el período de maduración en el contenido de azúcar, esto cuando se hacen aplicaciones tardías de nitrógeno, perjudicando la síntesis de sacarosa.

En el caso del fósforo, numéricamente el rendimiento más alto se obtuvo con la dosis de 120 kg/ha, según la Figura 20. Dillewijn (1975), señala que el efecto de las proporciones de nitrógeno aumentadas sobre el rendimiento de caña de azúcar depende fundamentalmente de la presencia de otro nutriente, de este modo, este mismo autor demostró que las aplicaciones adicionales de fósforo aumentaban gradualmente el requerimiento óptimo del nitrógeno.

En relación al potasio (Figura 20), no presentó un efecto significativo en el contenido de sacarosa. Iguales resultados han obtenido Esquivel & Whyles (1982), y Ruiz & Zelaya (1996), quienes no encontraron respuesta significativa en el rendimiento industrial. No obstante, el potasio tiene una tarea importante en la formación de sacarosa, al igual que ejerce un efecto positivo sobre el rendimiento, lo que ha sido reportado por varios investigadores, por motivo de su importante participación en la síntesis de azúcares (Arzola *et. al.*, 1981).

Hank & Dickson (1983), citados por Nejara (sf), indican que el potasio hace posible la formación de azúcar de alto peso molecular, y su deficiencia altera la actividad de las enzimas invertasa, diatasa y peptasa. Humbert (1963), citado por Nejara (sf), informa que la conversión del azúcar reductora a sacarosa antes de la cosecha se debe al balance entre el nitrógeno y el potasio.

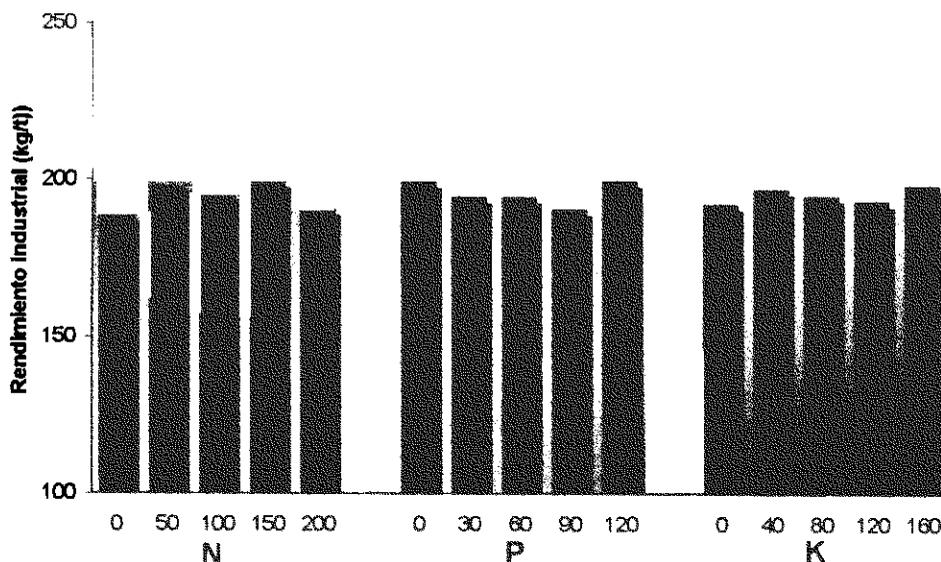


Figura 20. Rendimiento industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

3.12. Rendimiento agro-insustrial

Esta variable expresa tanto la cantidad de caña por hectárea como la calidad de ésta en la concentración de sacarosa, presentando un comportamiento similar al rendimiento agrícola en cuando al efecto producido por las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, donde el nitrógeno es el único nutriente que influenció los rendimientos de caña y azúcar.

El rendimiento de azúcar por área responde más a los incrementos del rendimiento agrícola que al contenido de Pool en caña (Espinoza, 1980). Al realizar el análisis estadístico, éste reflejó que existen diferencias significativas entre tratamientos, y que las respuestas al efecto de las diferentes dosis de nitrógeno se ajustaron a una ecuación lineal (Anexo 2), observándose que la dosis de 200 kg/ha produjo el más alto rendimiento agro-industrial (Figura 21); manteniendo un comportamiento similar al rendimiento agrícola. Por otro lado, resultados presentados por CENICAÑA (1996), de un experimento con la variedad CC 85-92, llevan a la conclusión que se necesitan dosis mayores o iguales de 100 kg/ha de nitrógeno para mantener un nivel mayor de producción de caña.

El análisis efectuado para los efectos del fósforo no detectó diferencias significativas aunque las dosis de 30 kg/ha de este elemento presentó el mayor rendimiento. Esta misma respuesta se obtuvo con las aplicaciones de potasio (Figura 21). Este último elemento es importante en la formación de sacarosa, lo cual no es razón de utilizarlo en altas dosis, por lo que sólo tiene valor cuando hay insuficiencia en la planta, y una vez abastecidas las necesidades un exceso no produce aumento en la concentración de este azúcar (Arzola *et. al.*, 1981), (Ruiz & Zelaya, 1996).

Cuando se hace uso de la ecuación lineal la dosis de un nutriente para obtener una producción máxima, puede ser calculada como la dosis de nutriente necesaria para producir el 90 por ciento del rendimiento máximo.

En el caso del rendimiento agrícola y agro-industrial, los rendimientos máximos calculados con ecuaciones lineales se obtienen con 200 kg/ha de nitrógeno (Tabla 6), en cuanto a la dosis necesaria para producir el 90 por ciento del rendimiento máximo agrícola y agro-industrial es de 112.56 y 119.41 kg/ha de nitrógeno y para producir el máximo rendimiento agrícola y agro-industrial, las dosis obtenidas a través del modelo lineal discontinuo son de 72.39 y 74.63 kg/ha de nitrógeno respectivamente (Figura 22 y 23 del Anexo 6).

Tabla 6. Valores máximos y del 90 % de los rendimientos agrícola y agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno, calculados con el modelo lineal.

Concepto	Caña (t/ha)	Azúcar (t/ha)
Valor máximo	153.27	14.89
Dosis máxima de nitrógeno (kg/ha)	200.00	200.00
Valor 90 %	137.94	13.40
Dosis para caña 90 % de nitrógeno (kg/ha)	112.56	119.41

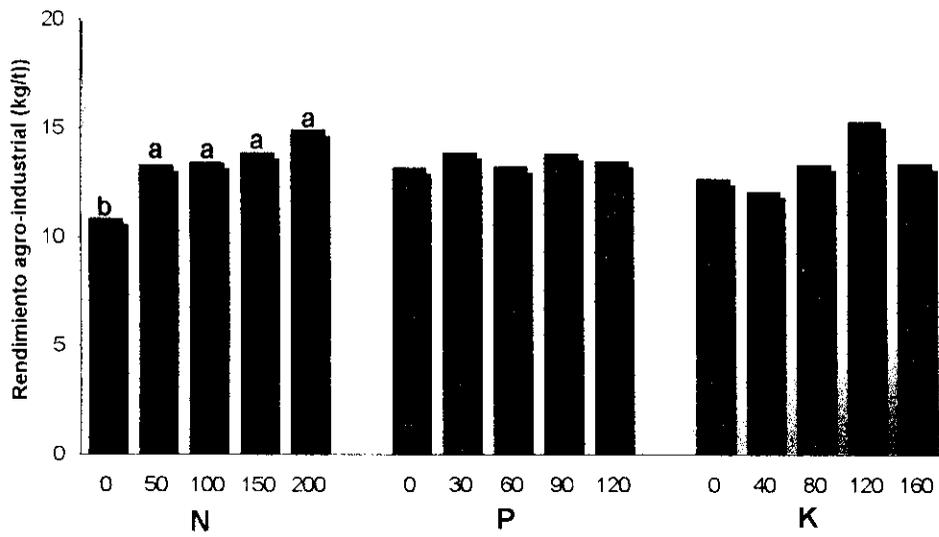


Figura 21. Rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede desprender que:

- 1. En la culminación del ciclo vegetativo del cultivo de la caña de azúcar se puede afirmar que en todas las variables estudiadas o evaluadas se presentó efecto significativo a las aplicaciones de nitrógeno a excepción del diámetro, peso promedio de los tallos y el rendimiento industrial.**
- 2. El análisis realizado a la brotación demostró que el nitrógeno produjo un efecto positivo en esta variable, no así el fósforo y el potasio.**
- 3. En cuanto a las variables de crecimiento y desarrollo el efecto del nitrógeno fue directamente proporcional, debido a la influencia de éste en el crecimiento total de la planta lo que favorece la producción de tallos en la cepa.**
- 4. El rendimiento agrícola fue influenciado positivamente por el nitrógeno, lo cual no sucedió con el fósforo y el potasio. No obstante es importante destacar el efecto adverso que provoca una aplicación tardía del nitrógeno en la calidad de los jugos.**
- 5. El rendimiento agro-industrial tuvo un comportamiento similar al rendimiento agrícola, lo que se debe al efecto que ejerce el rendimiento agrícola sobre el agro-industrial.**
- 6. De acuerdo al análisis del modelo lineal discontinuo se encontró que la dosis óptima recomendable fue de 75 kg/ha de nitrógeno.**

V. RECOMENDACIONES

En base a los resultados para obtener altos rendimientos se recomienda:

1. Las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio deben ser en cantidades racionales, ya que una pobre aplicación origina bajos rendimientos y un exceso representa gastos adicionales que no conllevan a un aumento del rendimiento ni mejora la calidad de la cosecha, considerándose para condiciones de clima y suelos similares a las del presente estudio dosis de 75 kg/ha de nitrógeno con fondos fijos de 30 y 40 kg/ha de fósforo y potasio respectivamente.
2. Este tipo de pruebas de dosis sólo se ha efectuado en caña planta, por lo que se recomienda efectuarlas en rebrotes.

VI. REFERENCIAS

- Angarica, E. 1977. Estudio de fertilización en caña de azúcar cultivada en suelo ferralítico cuarcítico. En: Cultivos tropicales. Cuba. 7 (2): 61-63.
- Angarica, E., Calero, A. & López, M. 1985. Comportamiento de dos variedades de caña de azúcar en el aprovechamiento del fósforo de los fertilizantes. En: Cuba azúcar. Cuba. 6: 7-10.
- Arzola, N., Fundora, O. & Machado, J. 1981. Suelo, planta y abonado. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. P. 309 - 336.
- Barbosa, F. 1990. Comportamiento agroindustrial de la variedad Ja 60-5 (*Saccharum sp.* Híbrido), a diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre un suelo rojo en caña planta. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 26 p.
- Borden, R. J. 1936. Cane growth studies the dominating effect of climate Hawaiian Planter's Record. 40 p. 143-156.
- CENICAÑA. 1994. Nutrición vegetal y fertilización: Residualidad del fósforo. Año 16 N° 3. Cali, Colombia.
- CENICAÑA. 1995. Nutrición Vegetal y ferralitización: Dosis y épocas de aplicación de nitrógeno. Año 17 N° 1. Cali, Colombia.
- CENICAÑA (Col). 1996. Nutrición y fertilización: Fertilización con nitrógeno y potasio. Año 18 N° 1. Cali, Colombia.
- CIDA. Centro de Información y Divulgación Agropecuaria. 1976. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en un suelo vertisol. Suelos y agro-químicos. Cuba 6 (1). 15 - 26.
- Dillewijn, C. 1951. Botánica de la caña de azúcar. 1^{ra} Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. 400 p.
- Dillewijn, C. 1952. Botánica de la caña de azúcar. 1^{ra} Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. 400 p.
- Dillewijn, C. 1975. Botánica de la caña de azúcar. 2^{da} Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. 520 p.
- Espinoza, R. 1980. The interaction of genotypes with planting dates and harvest cycles in sugarcane XV11 congress ISSCT. Manila, Filipinas. P. 7 - 15 p.
- Esquivel, E. & Whytes, K. 1982. Efecto de la fertilización potásica en tres variedades de caña de azúcar en un suelo franco de origen volcánico en la República de Panamá. En: Memoria 45, conferencias ATAC. Tomo II, agronomía II Parte. P. 567 - 591.

- Estación Experimental Bainoa. 1987. Densidades de plantación en el crecimiento y las relaciones entre el rendimiento y sus componentes en caña de azúcar para material de plantación. *Cultivos Tropicales*. La Habana, Cuba. 9 (4): 38 - 42.
- Fauconier, K. & Bassereau, D. 1975. *La caña de azúcar*. Ed. Blime. Barcelona, España.
- Fauconier, K. & Bassereau, D. 1980. *La caña de azúcar*. Ed. Científico-Técnico. La Habana, Cuba.
- González, K. J. 1977. *Fitotecnia de la caña de azúcar*. 1^{ra} ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. P. 28 - 103.
- González, K. J. 1983. *Fitotecnia de la caña de azúcar*. 2^{da} ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 430.
- Hank, A. & Dickson, I. 1983. El potasio en los principales tipos de suelos de las plantaciones cañeras de Cuba y la fertilización potásica de la caña de azúcar. En: *Cultivos Tropicales*. Vol 9 #1. Cuba. P. 57 - 65.
- Honert, T. H. Van Den. 1932. *Onderzoekingen over de voedingsphysiologie van het suikerriet*. 1e. Brijdrage. Meded Proefst. Java Suikerind. P. 1539 - 1607.
- Humbert, R. 1963. *El cultivo de la caña de azúcar*. 1^{ra} ed. Ed. Continental S.A. México. P. 578 - 582.
- Humbert, R. 1974. *El cultivo de la caña de azúcar*. 2^{da} ed. Ed. Continental S.A. México. 535 p.
- Kanwar, R. S. & Sharma, K. K. 1974. Influencia del número de yemas y la distancia entre surcos en la producción de propágulos en la caña de azúcar (*Saccharum sp.* Híbrido), vr. JA 60-5. *Cultivos Tropicales*. 9 (3): 161 - 162.
- King, N. J. 1968. *Manual del cultivo de la caña de azúcar*. Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. P. 81 - 98.
- La Tribuna. 1995, Marzo. Análisis de la producción nacional de azúcar. En: *Suplemento Agropecuario*. Managua, Nicaragua. P 5.
- 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.
- Martín, O., Galves, G., Armas, R., Espinoza, R. & León, A. 1987. *La caña de azúcar en Cuba*. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba. P. 14 - 28.
- Martínez, R. & Gutiérrez, O. 1977. Normas para un adecuado balance nutricional de la caña de azúcar en Cuba. *Cuba Azúcar*. La Habana, Cuba. P. 63 -66.

- Matheme, R. J. 1978. 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.
- MIDINRA. 1981. Estudio de factibilidad Proyecto Agroindustrial Azucarero. Tipitapa-Malacatoya. Managua, Nicaragua. P. 195 - 207.
- Nejara, C. (sf). Aplicaciones óptimas de potasio para la caña de azúcar plantada en un vertisuelo de Cuba. En: *Ciencia y técnica en la agricultura*. 8 (3): 4.
- Norman, J. 1971. Yield components in random and selected sugarcane populations, *crop SCI - USA*. 11 (6): 905.
- Shigeki, N. 1971. Estudio de los métodos de selección en caña de azúcar. *Rev. J. trop. Agron.* 159 (1). *Nettai - Nogio*. Japón. P. 23 -24.
- Palacios, M. & Peña, R. 1994. Efectos de diferentes dosis de N, P, K sobre el rendimiento agroindustrial de la variedad L 68-90 (*Saccharum sp.* Híbrido), en caña planta. Universidad Nacional Agraria UNA. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 24p.
- Pérez, J. H. & Ismael, C. 1977. Estudio de niveles de N, P, K en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en condiciones de riego. *Suelos y Agroquímicos*. 6(2): 14.
- Pérez, J. H. 1982. Estudio de fertilización en caña de azúcar cultivada en suelo ferralítico cuarcítico. *Cultivos Tropicales*. 7 (2): 57 - 65.
- Rivera, P. & Barbosa, F. 1989. (np). Influencia de la utilización de N, P, K en los rendimientos de la caña de azúcar, en caña planta, en el Ingenio Benjamín Zeledón. Managua, Nicaragua. P. 3-4.
- Rubio, R. 1982. Fertilización potásica de la caña de azúcar sobre la base del diagnóstico de la fertilización del suelo. *Cuba Azúcar*.
- Rojas, O. 1991. Predicción del rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum sp.* Híbrido), en Guanacaste, Costa Rica. En: *Turrialba*. Vol 41 #3. Sep. Costa Rica. P. 12 - 15.
- Ruiz, M. & Zelaya, D. 1996. Rendimiento agroindustrial de la variedad L 68-40 (*Saccharum sp.*), en respuesta a las aplicaciones de N, P y K, cultivadas en un suelo rojo en caña planta. Universidad Nacional Agraria UNA. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 54p.
- Sánchez, M. E. & Santiesteban, H. 1977. Estudios de fertilización en caña de azúcar cultivada en un suelo ferralítico cuarcítico. *Cultivos Tropicales*. 7 (2): 63.
- Zambello, J. R. & Sánchez, E. 1984. Estudio del contenido de nutrientes N, P, K, en la hoja de diferentes variedades de caña de azúcar. *Cuba Azúcar*.

VI. ANEXOS

ANEXO 1

PLANO DE CAMPO : ENSAYO DE DOSIS DE NPK.

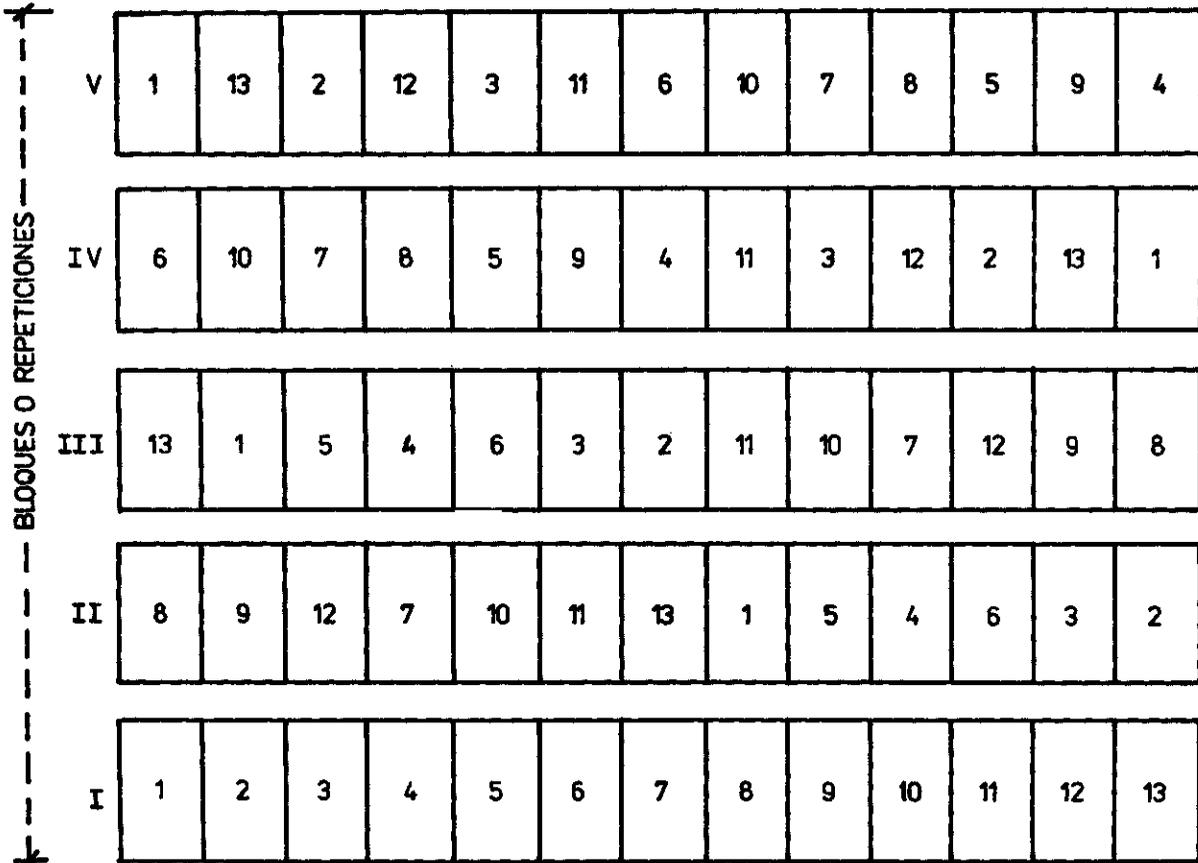
LOTE : 029

VARIEDAD : L 68-40

FECHA DE SIEMBRA : 13-01-95

TRATAMIENTOS			
No	N	P ₂ O ₅	K ₂ 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	160

Dosis en kg/ha.



CRUCERO

Anexo 2.

Tabla 7. Análisis de varianza de las variables estudiadas en función de las dosis de nitrógeno, fósforo 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)	Rendimiento agro-industrial (t/ha)
Bloque	(2) 4	313.06	0.13	9.68	229.27	1.51	349.35	957.54	479.00
Tratamiento	12	2 334.30	0.10	2.50	814.08	1.37	675.31	73.58	658.00*
Nitrógeno	4	3 105.67*	0.19	0.77	1 458.38*	2.16*	1 104.65*	104.40	11.41
Lineal	1	1 259.12*	0.43	0.71	5 081.58*	6.83*	3 847.22*	15.47	38.64*
Cuadrático	1	477.21	0.01	0.32	268.86	0.02	0.99	219.91	0.89
Fósforo	4	240.49	0.06	4.96	266.84	0.77	175.67	78.95	0.81
Potasio	4	986.98	0.05	1.91	623.28	0.93	740.56	36.37	7.59
Residuo	(24) 48	2 525.33	0.14	3.06	566.18	0.84	394.61	196.45	2.73
Total	(36) 64	5 172.69	0.13	3.37	591.63	0.96	444.42	220.98	3.58
C.V.		23.54	12.06	6.39	8.25	7.36	14.96	7.19	12.41

Nota: los valores entre paréntesis se calcularon en base a los tres bloques centrales del ensayo

* valores estadísticamente significativos según prueba de Duncan al 5 %.

Anexo 3.

Tabla 8. 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.

Fuente de variación	GL	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	210
Cuadrados Medios												
Bloque	3	5.46	4.48	21.67*	18.81	36.81	24.96	7.03	3.48	2.35	0.45	0.34
Tratamiento	12	11.68	12.13	43.70*	23.07*	21.98	13.07*	8.39	8.51	6.29	2.01	2.62
Nitrógeno	4	6.14	16.34*	62.10*	40.23*	23.17	15.34	10.74	1.35	5.52	1.80	2.83
Lineal	1	4.03	37.03*	184.17*	115.68*	66.04*	36.83	20.85	1.24	4.21	1.86	4.73
Cuadrático	1	1.78	16.56	40.97*	26.90	7.84	13.06	8.23	0.52	13.44	0.94	0.64
Fósforo	4	1.73	4.03	7.88	5.24	5.82	2.59	3.95	10.05	2.12	0.86	1.48
Potasio	4	0.25	15.16	32.74	22.71	38.51	20.73	11.42	12.09	8.77	2.96	3.15
Residuo	24	12.51	6.65	15.53	11.56	14.05	10.44	7.87	6.39	4.58	3.16	3.63
Total	36	29.65	8.26	27.3	15.58	17.76	12.04	7.99	7.25	5.00	2.65	3.14
C. V.		14.66	28.62	27.31	24.25	22.55	18.87	17.51	14.92	13.43	12.12	14.48

Anexo 4.

Tabla 9. 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

Fuente de variación	GL	60	75	90	105	120	135	150	165	180	210
Cuadrados Medios											
Bloque	3	10.17	133.36*	130.57	222.60	248.00	408.00	222.13	401.00	338.59	678.59
Tratamiento	12	6.94*	45.83*	46.96*	97.00*	156.27*	210.13*	201.67	203.31	299.00	273.16
Nitrógeno	4	13.64*	119.09*	122.95*	246.12*	412.99*	549.91*	515.88*	424.73*	253.40	467.84
Lineal	1	33.14*	336.54*	354.80*	764.67*	1505.21*	2083.67*	1897.66*	1640.28*	1866.14*	1699.82*
Cuadrático	1	13.50	125.15*	144.23*	183.71	134.57	95.46	117.33	55.25	315.81	65.58
Fósforo	4	0.71	6.46	9.89	14.52	30.12	33.12	256.00	82.35	122.59	199.13
Potasio	4	13.08	13.78	21.88	42.40	44.13	56.33	57.75	98.40	239.20	150.95
Residuo	24	3.40	13.92	14.69	52.12	82.71	94.97	125.02	133.89	217.09	262.78
Total	38	4.87	30.30	37.29	75.28	114.61	147.69	154.34	169.89	249.66	287.94
C. V.		10.88	12.95	15.29	12.24	10.83	8.83	8.43	7.43	8.21	14.90

Anexo 5.

Tabla 10. Valores medios de la variedad L 68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Variables de crecimiento						Variables de rendimiento			
Dosis (kg/ha)	Germinación %	Población de tallos/ha	Altura cm	Peso/Tallo kg	Diámetro cm	Rendimiento Agrícola t/ha	Rendimiento Industrial kg/ha	Rendimiento Agro-industrial t/ha	Grados Brix
Nitrógeno									
0	24.94	80485.71	264.41	1.35	26.75	114.96	188.19	10.78	19.82
50	42.28	88228.57	289.97	1.47	27.43	134.48	197.30	13.24	19.75
100	44.98	89814.29	288.72	1.41	27.39	138.09	194.89	13.39	19.74
150	45.97	88514.29	304.22	1.41	27.78	138.73	198.82	13.83	20.26
200	48.19	83528.57	307.69	1.54	27.50	156.70	190.17	14.88	20.07
Fósforo									
0	42.63	90042.86	272.68	1.36	25.80	132.75	198.93	13.14	19.86
30	46.86	93885.71	290.00	1.46	27.35	142.98	194.04	13.84	20.02
60	44.98	89814.29	288.72	1.41	27.39	138.09	194.89	13.39	19.74
90	44.71	92200.00	289.40	1.47	28.33	146.55	190.18	13.80	19.58
120	49.70	89371.43	287.30	1.38	28.10	138.27	199.26	13.47	20.50
Potasio									
0	42.24	87485.71	299.16	1.38	28.28	131.54	191.78	12.64	20.66
40	44.99	85371.43	279.93	1.34	26.70	123.36	196.65	12.09	20.26
80	44.98	89814.29	288.72	1.41	27.39	138.09	194.89	13.39	19.74
120	46.58	92857.14	301.60	1.46	27.10	156.25	192.68	15.29	20.34
160	39.85	90557.14	276.58	1.41	27.73	136.93	197.80	13.36	19.78

ANEXO 6

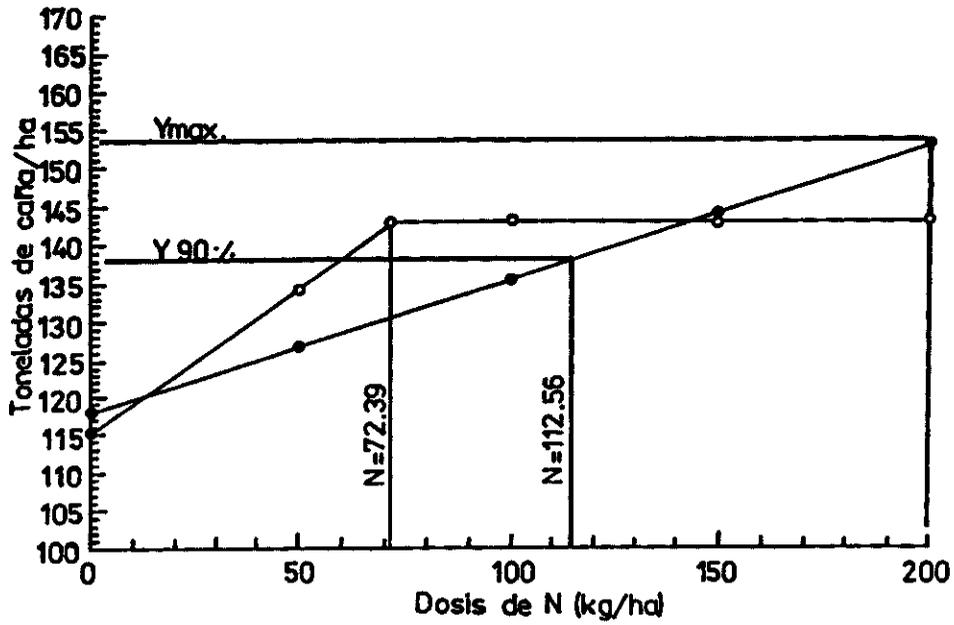


Figura 22.

Rendimiento Agrícola en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos lineales y L.R.P.

- Estimados lineales.
- Estimados L.R.P.

ANEXO 7

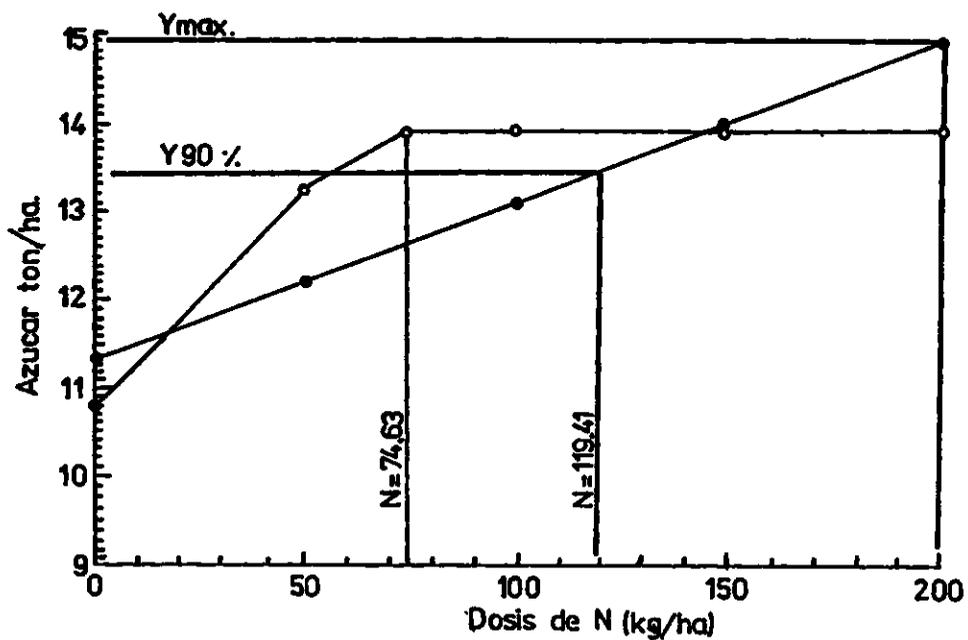


Figura 23.

Rendimiento Agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos lineales y L.R.P.

- Estimados lineales.
- Estimados L.R.P.