

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

TRABAJO DE DIPLOMA

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

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

AUTORES: Br. SANTOS MANUEL RUIZ ARMAS.
Br. DOMITILA ZELAYA BLANDON.

ASESORES: Ing. Agr. ALEYDA LOPEZ SILVA.
Ing. Agr. MSc. PASCUAL RIVERA.

Managua, Nicaragua.
Julio, 1996.

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a:

Dios, creador nuestro y de todo cuanto nos rodea, por darme la oportunidad de vivir.

Mis queridos padres **Francisco Armas** y **Gloria Ruíz**, por todo el esfuerzo y sacrificio realizados durante todos estos años para mi formación moral e intelectual.

Mis hermanos, **Daysi**, **Maritza**, **Francisco** y **Oneyda**, por compartir conmigo todas las buenas y malas experiencias, y el apoyo moral que me han brindado.

Todos los héroes y mártires que ofrendaron sus vidas por un futuro mejor, a la **Revolución Popular Sandinista**, que hizo posible la integración de obreros y campesinos a las aulas universitarias.

Manuel Ruíz.

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi tesis:

A Dios por haberme permitido terminar mi carrera.

A mis adorados padres José Francisco Zelaya y Cruz Blandón, por todo el sacrificio y esfuerzo que realizaron para culminación de mis estudios.

A mi adorada hija Tamara y mi esposo Félix Roberto Ramírez, por todo el apoyo brindado.

A mi querida amiga Bony Centeno, que siempre me ayudó durante los años de estudio.

A mis queridos hermanos, porque siempre estuvieron a mi lado, en especial a mi hermanos Elmer, Thelma y Edelberto.

Domitila Zelaya Blandón.

AGRADECIMIENTO

Nuestro eterno agradecimiento :

A la Ing. Agr. Aleyda López, por su disposición y empeño brindado en la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. MSc. Pascual Rivera, por su incondicional apoyo y el aporte brindado de sus conocimientos.

A la Ing. Agr. Ninoska Maya, por su empeño, dedicación y aporte brindado durante la elaboración de este trabajo.

A Carolina Padilla, por su colaboración.

Al personal del CENIDA, por su colaboración con el material bibliográfico, especialmente Katty y Maritza.

Y a todos aquellos compañeros(as), y docentes que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo

*Manuel Rúaiz.
Domitila Zelaya Blandón.*

INDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	4
2.1. Ubicación y descripción del área experimental	4
2.2. Descripción de los tratamientos	7
2.3. Diseño experimental, características agrobotánicas y variables estudiadas	8
2.4. Análisis estadístico	11
2.5. Manejo fitotécnico del ensayo	12
III. RESULTADOS Y DISCUSION	13
3.1. Brotación	13
3.2. Densidad poblacional o ahijamiento	15
3.3. Índice de ahijamiento	18
3.4. Crecimiento aparente	20
3.5. Crecimiento diario aparente	23
3.6. Diámetro	25
3.7. Población de tallos cosechables	27
3.8. Altura de los tallos cosechables	30
3.9. Peso promedio de los tallos	33
3.10. Rendimiento Agrícola	35
3.11. Rendimiento industrial	38
3.12. Rendimiento Agro-Industrial	41
IV. CONCLUSIONES	45
V. RECOMENDACIONES	47
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
VII. ANEXOS	51

INDICE DE TABLAS

	Página
1. Características físicas y químicas del suelo del área experimental (0 - 30 cm).	6
2. Descripción de los tratamientos	7
3. Análisis de varianza de la población durante la etapa de crecimiento y desarrollo de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N, P y K.	16
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 N, P y K.	21
5. Coeficientes de correlación entre la población final y las poblaciones antes de la cosecha en función de las dosis de N, P y K.	28
6. Coeficientes correlación entre la altura final y las alturas antes de la cosecha en función de las dosis de N, P y K.	31
7. Valores máximos y el 90 % de rendimiento agrícola y agroindustrial en función de las dosis de nitrógeno, calculados con el modelo cuadrático.	42

INDICE DE FIGURAS

Página

1.	Condiciones climatológicas prevaecientes en el tiempo de duración del ensayo en la estación del Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA) 1994-1995.	4
2.	Porcentaje de germinación de la variedad L 68-40 a los treinta días después de la siembra en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	14
3.	Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	17
4.	Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	19
5.	Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en función de días después de la siembra y de dosis de N(a), P(b) y K(c).	22
6.	Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en función de días después de la siembra y de dosis de N(a), P(b) y K(c).	24
7.	Diámetro de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	26
8.	Población de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	29
9.	Altura de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	32
10.	Peso promedio de los tallos de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	34
11.	Rendimiento agrícola de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	37
12.	Rendimiento industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	40

13.	Rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).	43
14.	Rendimiento agrícola en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos cuadráticos y LRP.	44
15.	Rendimiento agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos cuadráticos y LRP.	44

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Análisis de varianza de las variables estudiadas en función de las dosis de N, P y K.	52
Anexo 2.	Valores medios de la variedad L 68-40 de las diferentes variables estudiadas.	53
Anexo 3.	Ecuaciones de regresión de los rendimientos agrícola y agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno.	55

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el ingenio AGROINSA, de junio de 1994 a febrero de 1995. Se evaluó el rendimiento agro-industrial en caña de azúcar (*Saccharum sp.*), en respuesta a aplicaciones de N, P y K, cultivada en un suelo rojo (Serie el Triunfo). Se plantó la variedad L 68-40. El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completamente Azarizado (BCA), las variables analizadas fueron brotación, ahijamiento, diámetro, población, altura, peso promedio de tallos, rendimiento agrícola, rendimiento industrial y rendimiento agro-industrial. Los datos que se obtuvieron se sometieron al análisis de varianza y de regresión, además se realizó la separación de medias según Duncan a un 5 % de margen de error. En todas las variables evaluadas se observó diferencia significativa a excepción del diámetro y el rendimiento industrial, siendo el nitrógeno el elemento que presentó mayor influencia positiva, no encontrándose ningún efecto para el fósforo y el potasio. Las mejores dosis de nitrógeno para producir el 90 por ciento del rendimiento máximo agrícola y agro-industrial, obtenida a través del modelo matemático cuadrático fueron 58 y 55 kg/ha de N, respectivamente.

I. INTRODUCCION

Es conocido que para obtener un rendimiento óptimo de cualquier cultivo debe existir un balance correcto entre los diferentes nutrientes del suelo de acuerdo con los rendimientos de la planta. Entre los trabajos de nutrición del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum sp.*), el conocimiento de las cantidades que extrae este cultivo es de suma importancia para poder planificar correctamente las aplicaciones de fertilizante, ya que en cada zafra se transportan en los tallos de caña, desde el campo hasta la fábrica de azúcar cantidades considerables de elementos nutritivos. Considerando esta situación, al suelo se le debe de adicionar fertilizante para compensar estas pérdidas, de no ser así el suelo se irá empobreciendo gradualmente viéndose al cabo de cierto tiempo afectada la producción cañera.

Muchos han sido los trabajos de extracción de nutrientes realizados en diferentes países cañeros y todos concuerdan con que la caña retira mayores cantidades de potasio del suelo que cualquier otro elemento nutritivo siguiéndole en orden el nitrógeno y el fósforo.

Con relación a la extracción de potasio, González (1977), señala que una cosecha de 100 toneladas de caña, rendimiento en porcentaje de caña (R % c), se requiere de 112.5 a 227.5 kg/ha de K_2O en todo el ciclo vegetativo, mientras Humbert (1971), dice que 100 toneladas extraen como promedio 250 kg/ha de K_2O .

Las cantidades nutritivas extraídas del suelo por el cultivo de la caña varían sensiblemente según las variedades, los métodos de cultivo y el coeficiente de elementos fertilizantes que el suelo contenga (Fauconnier & Bassereau, 1975).

Latino (1970), afirma que las cantidades aplicadas por área varían considerablemente de un lugar a otro y aún dentro del mismo terreno, siendo con ello conveniente el conocer con bastante acierto las cantidades de nutrientes que contiene el suelo, así como las cantidades de los mismos que son necesarios para la obtención de una buena cosecha de caña.

La cantidad de fertilizante para la cosecha anual de caña de azúcar generalmente promedian de 150 a 250 kg/ha de N, 100 a 300 kg/ha de P_2O_5 y de 100 a 350 kg/ha de K_2O (Humbert, 1977).

Según González (1977), se recomienda aplicar diferentes fórmulas de fertilizantes en este cultivo según el suelo, zona y edad de la cepa.

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

La caña de azúcar necesita menor cantidad de fósforo que de nitrógeno y potasio, ya que la misma puede absorber desde 15 a 20 % de fósforo contenido en concentraciones tan diluida como 0.03 a 0.05 mg/de solución de suelo (Montero, 1992).

La fertilización en el cultivo de caña de azúcar ha sido un problema para las áreas cañeras del país porque no existe una dosis óptima balanceada para satisfacer los requerimientos del cultivo, ya que las aplicaciones se hacen de forma tradicional y no basadas en los resultados de análisis químico del suelo (contenido de nutrientes en el suelo), ni en la base de los resultados experimentales por ser éstos muy pocos y por no darle la debida importancia que merecen.

El Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA) en conjunto con la Universidad Nacional Agraria (UNA) tratando de dar respuesta a la situación imperante están llevando a cabo ensayos experimentales con el fin de encontrar la dosis óptima y llegar a obtener altos rendimientos agro-industriales con menores costos de producción, para lo cual en este estudio se plantearon los siguientes objetivos.

1. Determinar el efecto de los nutrientes N, P y K sobre las variables de crecimiento y desarrollo del cultivo.
2. Evaluar el comportamiento de los rendimiento de la variedad L 68-40 a diferentes dosis de fertilizante.
3. Determinar la dosis óptima recomendable de N, P y K para alcanzar el máximo rendimiento agro-industrial.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Ubicación y descripción del área experimental

El presente estudio fue realizado en un suelo rojo arcilloso de la serie El Triunfo, lote 172, cuadrante 2 del Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA); que está ubicado en el Municipio de Tipitapa, Departamento de Managua, entre los 12° 14' latitud Norte y los 86° 02' longitud Oeste; y a una altura sobre el nivel del mar de 61 m (MIDINRA, 1981).

Las condiciones climáticas según Borden (1936) y Rojas (1991) constituyen unos de los factores más importantes para el rendimiento de la caña. En la Figura 1. se puede apreciar el comportamiento prevaleciente en la zona durante la conducción del experimento.

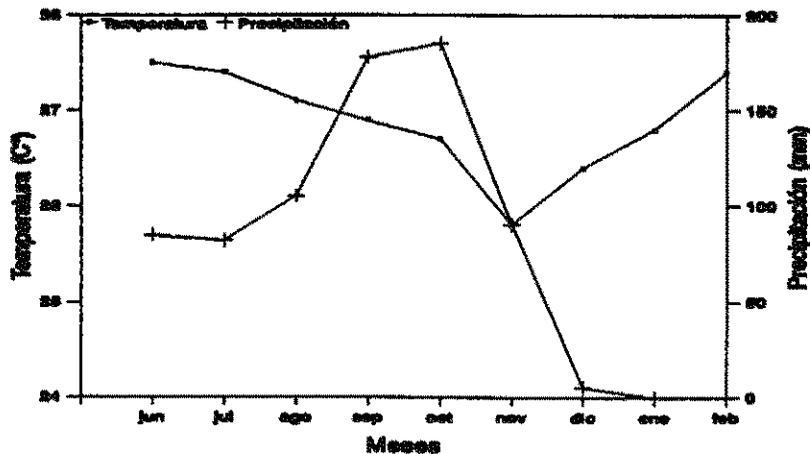


Figura 1. Condiciones climatológicas prevalecientes en el tiempo de duración del ensayo en la estación del Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA) 1994-1995.

Según observaciones y análisis del suelo del área donde se realizó el ensayo (Tabla 1), se clasifica como suelo rojizo (serie El Triunfo), ubicado en la planicie volcánica, ocupando una posición más alta, de relieve ondulado, con drenes naturales que escurren normalmente al lago de Managua.

Está constituida por tobas de tipo basáltico del grupo geológico Las Sierras y sobre ellas se han formado suelos de carácter rojizos como la serie Chilamatillo, El Triunfo y Los Laureles.

Presentando como características principales el ser suelos profundos, el drenaje natural de este suelo es moderadamente excesivo, agudizado por las condiciones físicas del suelo y su pendiente, por lo que algunas zonas están afectadas fuertemente por la erosión.

La textura es arcillo-loamosa en sus primeras capas y de color pardo-rojizo oscuro, en las capas profundas la textura es loam-arenosa con coloración de pardo oscuro o pardo-amarillento oscuro.

Presenta una pendiente del 3 por ciento, se observan fuertes y/o severas erosiones principalmente a lo largo de los drenajes naturales.

Las zonas de vida donde se encuentran estos suelos han sido clasificados como de bosque subtropical seco, en su mayoría los bosques han sido talados y los suelos son utilizados para cultivo de caña de azúcar.

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo del área experimental (0 - 30 cm).

Químicas		Físicas	
pH (H ₂ O)	5.80	Arena	8.54 %
M.O.	2.00 %	Limo	23.92 %
N	0.01 %	Arcilla	67.54 %
P	1.00 ppm		
K ⁺	0.58 meq/100 cm ³ de suelo		
Ca ²⁺	24.0 meq/100 cm ³ de suelo		
Mg ²⁺	10.0 meq/100 cm ³ de suelo		
Na ²⁺	0.81 meq/100 cm ³ de suelo		

Descripción del perfil del suelo

1. 0 - 30 cm. A₀-Arcilla-loamosa a franco arcillosa de color pardo rojizo oscuro (5 y R 3/3), con estructura en bloques subangulares, muy fino, moderadamente firme, a firme en húmedo, plástico-adhesivo y mojado, abundantes microporos y raíces, límite gradual y uniforme.
2. 30 - 45 cm. B₂ Arcilla-loamosa-franco-arcillosa de color pardo rojizo oscuro (5 y R 3/3), bloques subangulares, medio moderados muy firme en húmedo plástico adhesivo en mojado, abundantes poros finos y raíces finas con límites claros y uniforme.
3. 45 - 60 cm. B₃ Capas loam-arenoso arcillosa de color pardo oscuro (7.5 y R 3/4) bloques subangulares muy finos, débil y firme en húmedo ligera plasticidad y ligera adhesividad en mojado microporosa, pocas raíces con límite claro y gradual.
4. 60 - 85 cm. C₁ capa loam-arenosa, color pardo oscuro (7.5 y R 4/4) sin estructura friable, sin plasticidad y ligera adhesividad, poroso sin raíces, con límite claro y uniforme.
5. 85 a más cm. C toba firme.

Fuente: Estudio de factibilidad Proyecto agro-industrial Tipitapa-Malacatoya. MIDINRA. 1981.

2.2. Descripción de los tratamientos

En el presente estudio se utilizaron trece tratamientos consistentes en la evaluación de cinco dosis diferentes de N, P y K las cuales se precisan en el Tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	kg/ha		
	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

Como fuente de nutrientes se utilizaron: Urea (46 % N), Super fosfato triple (46 % de P₂O₅) y Muriato de potasio (60 % de K₂O).

El ensayo fue sembrado el 3 de Junio de 1994 de forma mecanizada con una densidad promedio de siembra de 10 yemas/metro de la variedad L 68-40 y cosechado a los 8 meses de edad en Febrero de 1995 como semillero, pero se estudiaron todas las variables contempladas para caña comercial de 12 meses.

2.3. Diseño experimental, características agro-botánicas y variables estudiadas

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con cinco repeticiones separado por 3 m. Cada unidad experimental constó de cuatro surcos de 8 m de largo y una separación entre ellos de 1.4 m obteniéndose así una parcela 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.

CARACTERISTICAS AGROBOTANICAS DE LA VARIEDAD L 68-40

- Color:

Amarillo-anaranjado con abundantes manchas y estrias rojizas.

-Canuto:

Casi cilíndrico, ligeramente más grueso en los extremos, generalmente grueso.

- Yema:

Redondeada y abultada 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 poco prominente al tacto.

- Hoja:

Media a ancha y a unos 45° respecto al tallo.

Las variables estudiadas fueron:

Antes de la cosecha

- Brotación:

Esta variable se evaluó a los 30 días después de la siembra procediéndose a contar todas las plantas en los cuatro surcos de todas las unidades experimentales, calculándose el porcentaje de brotación a través de la siguiente fórmula:

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

- Densidad poblacional o ahijamiento:

Esta variable se estudió quincenalmente a partir de los 45 días. Consistió en el conteo del número de plantas de los dos surcos centrales de cada parcela experimental, de los 3 bloques centrales, realizándose hasta los 210 días

- Índice de ahijamiento:

El índice de ahijamiento por parcela se calculó dividiendo las plantas por metro obtenidas en cada muestreo posterior a los treinta días después de la siembra por el número de plantas por metro obtenidas a los 30 días después de la siembra. Esta medición refleja la cantidad de hijos por planta producidos.

- Crecimiento aparente:

Esta variable se tomó a partir de los 45 días utilizando el sistema de Kjuiper descrito por Van Dillewijn (1975), el que consiste en la medición de la longitud del tallo desde su base hasta el primer cuello (Dewlap) visible, tomando seis tallos por parcela experimental.

- Diámetro:

Esta variable se determinó diez días antes de la cosecha tomando cinco tallos al azar de cada parcela de los tres bloques centrales del ensayo, esta medición se realizó a una altura de 1.20 m del tallo.

Al momento de la cosecha

- Población de tallos cosechables:

Al momento de la cosecha el conteo de los tallos cosechables se realizó en los cuatro surcos de cada parcela de los cinco bloques del experimento.

- Altura de tallos cosechables:

Esta variable se evaluó al momento de realizar la cosecha tomando diez tallos al azar de cada parcela experimental de los cinco bloques que comprende el ensayo.

- Peso promedio de los tallos:

Este parámetro como componente del rendimiento agrícola, fue calculado al momento de la cosecha y su expresión se consideró en kilogramos por tallo.

-Rendimiento agrícola:

Esta variable se evaluó el momento de la cosecha, mediante el pesaje de los tallos de los cuatro surcos de la parcela de cada uno de los cinco bloques, donde el rendimiento obtenido fue calculado y expresado en toneladas de caña por hectárea.

- Análisis en el laboratorio o Rendimiento industrial:

Al momento de la cosecha se procedió a tomar una muestra de diez tallos cosechables al azar, distribuidos en los surcos centrales de cada parcela de los tres bloques centrales. Estas muestras se enviaron al laboratorio para su análisis respectivo (Brix, sacarosa y pureza), la que se expresó en kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

$$\text{kg de azúcar/t de caña} = \frac{(\text{sacarosa}) (\text{Fe}) - \text{Pt}}{0.96}$$

- Rendimiento agro-industrial:

Tomando en cuenta el factor económico, esta es la variable más importante en los estudios de la caña de azúcar. Este determina directamente los ingresos. Este rendimiento calculado a partir del rendimiento agrícola y el rendimiento industrial expresado en toneladas de azúcar por hectárea fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento agro-industrial} = \frac{\text{Rendimiento agrícola} * \text{Rendimiento industrial}}{2\ 000}$$

2.4. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron por cada variable se sometieron a análisis de varianza al 10 %, 5 % y 1 %, y su respectiva separación de medias según Duncan al 5 %.

Se realizó fraccionamiento de los grados de libertad de los tratamientos determinándose así el efecto de cada nutriente. Luego se realizó un análisis de regresión en los casos donde hubo diferencia significativa para un determinado nutriente, determinando así el modelo matemático (lineal o cuadrático) que mejor se ajuste a los datos observados

Para estimar la dosis recomendable utilizamos los siguientes modelos aproximativos que relacionan al factor y la respuesta.

1. Modelo lineal discontinuo $Y = b_0 + b_1x$
2. Modelo cuadrático $Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$

2.5. Manejo fitotécnico del ensayo

La preparación del suelo se realizó de acuerdo a las prácticas que tradicionalmente se hacen en el Ingenio AGROINSA, las cuales consisten en un pase de grada pesada 30 días antes de la siembra, 15 días después un pase de grada media, posteriormente a los 15 días un pase de grada fina y seguidamente se realizó el surcado.

La siembra se realizó el 3 de Junio de 1994, la que se hizo de manera mecanizada. La labor de fertilización se efectuó aplicando las dosis diferentes de N, P y K al fondo del surco al momento de la siembra.

Para el control de malezas se hizo 15 días después de la siembra (d.d.s.), una aplicación de herbicida pre-emergente exasinona (Arsenal) a razón de 0.7 l/ha. En el transcurso del experimento el cultivo se mantuvo libre de maleza realizando deshierbe de forma manual.

Se efectuó la labor de aporque a los 40 d.d.s., con un pase de cultivadora de escardíos.

El riego se aplicó ocasionalmente durante los cinco meses de invierno (de Junio a Octubre), en los meses de Noviembre y Diciembre se aplicó riego con intervalo de 8 días, éste se suspendió un mes antes de la cosecha, el tipo riego utilizado fue el de pivote central.

La cosecha fue realizada manualmente el 12 de Febrero de 1995, sin realizar quema.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Brotación

La germinación es el inicio para la obtención de altos rendimientos en la caña, ya que proporciona los tallos primarios a través de los cuales se producirán los posteriores ahijamientos.

Dillewinj (1975), considera la buena cantidad de brotes como la base para toda la cosecha.

El análisis estadístico refleja que existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados (Anexo 1).

En el caso del nitrógeno, éste influyó positivamente, siendo la dosis de 50 kg/ha de N la que presentó mayor porcentaje de germinación (Figura 2a).

Se ha demostrado que la caña con un alto contenido de nitrógeno, es decir, abonada adecuadamente con un fertilizante nitrogenado germina mejor que la caña que ha crecido en condiciones menos favorables (King, 1968).

En relación al fósforo no existe diferencia significativa (Figura 2b). Según King (1968), el fósforo no mejora la germinación de las yemas primarias.

Considerando el potasio, éste presentó cierta influencia al observarse que la dosis de 40 kg/ha de K_2O presentó el mayor porcentaje de germinación, a dosis que la anterior sólo se producen porcentajes menores (Figura 2c).

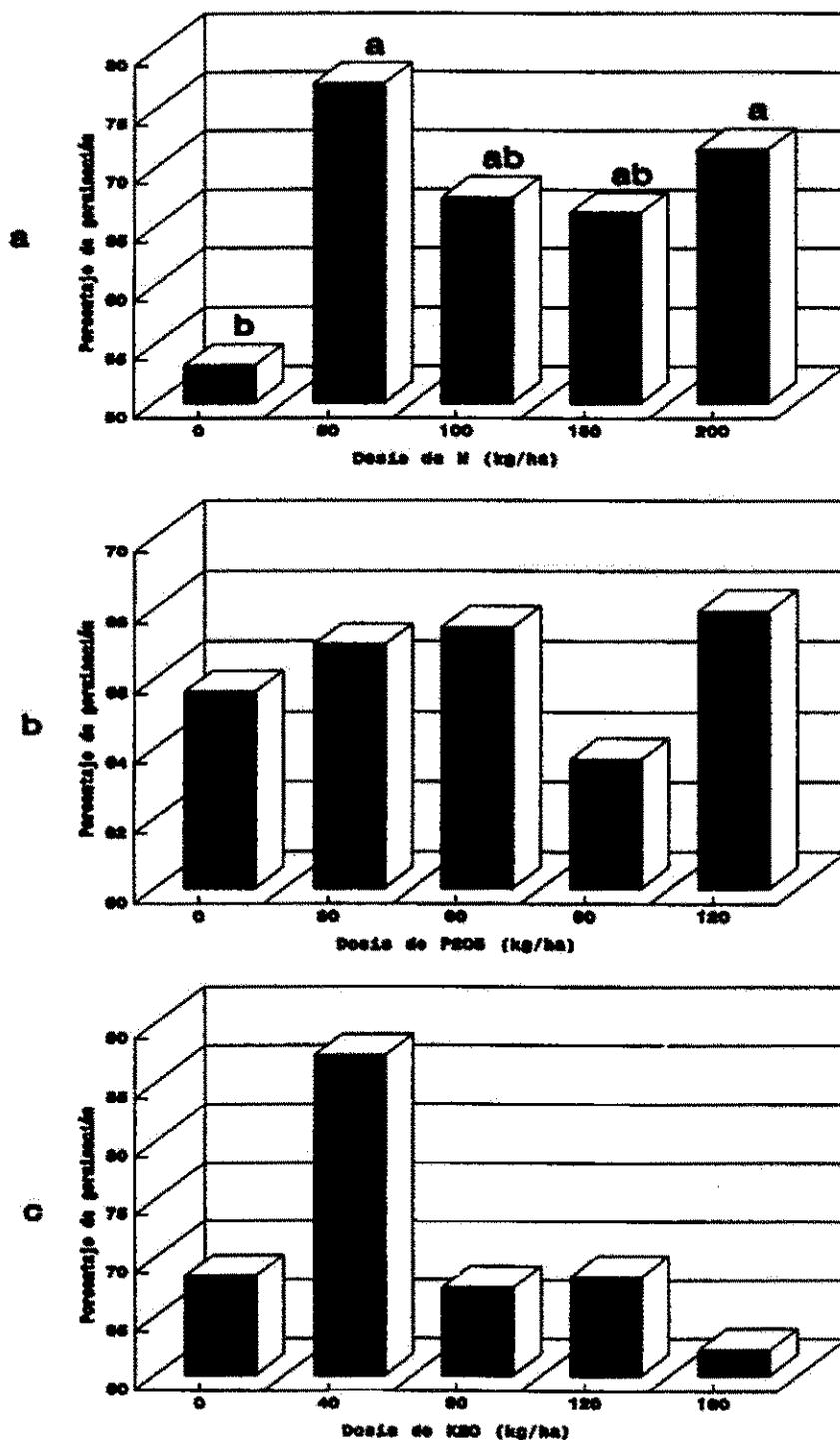


Figura 2. Porcentaje de germinación de la variedad L 68-40 a los treinta días después de la siembra en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.2. Densidad poblacional o ahijamiento

La densidad poblacional en función de las dosis de N, P y K expresada en tallos por metro se presenta en la Figura 3 (a, b y c). De manera general independientemente de los tratamientos, se observa que la mayor población se alcanza a los 105 d.d.s., disminuyendo a partir de esta fecha hasta estabilizarse al momento de la cosecha.

En cada toma de datos durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se le realizaron análisis estadísticos (Tabla 3), observándose de forma general que el nitrógeno fue el que presentó mayor influencia, ajustándose los datos a modelos lineales y cuadráticos no siendo así para el fósforo y potasio ya que sus datos se ajustaron al modelo cúbico.

En el caso de las dosis de nitrógeno (Figura 3a), se puede observar que la falta de nitrógeno provocó una menor producción de plantas entre los 45 y 150 d.d.s., lo que indica que el nitrógeno ejerce efecto positivo sobre el ahijamiento. También observamos que la mayor población entre los 30 y 150 d.d.s. se obtuvo con la dosis de 50 kg/ha de N, y que al aumentar la dosis no provoca mayor influencia.

Con relación a las dosis de fósforo (Figura 3b), se aprecia que hubo menor población entre los 75 y 120 d.d.s., cuando no se aplicó fósforo, lo que indicó cierto efecto positivo del nutriente. La mayor población entre los 30 y 150 días de desarrollo fue obtenida con la aplicación de 120 kg/ha de P_2O_5 .

Considerando la dosis de potasio (Figura 3c), se observa que a excepción de la dosis de 40 kg/ha de K_2O , la cual provocó un mayor ahijamiento entre los 30 y 150 días de desarrollo, no hubo mayor efecto de éste nutriente sobre la población.

Tabla 3. Análisis de varianza de la población durante la etapa de crecimiento y desarrollo de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N, P y K.

Fuente de variación	GL	45	60	75	90	105	120	150	180
Cuadrados medios									
Bloque	2	2.122	10.240	8.433	17.337	29.912	6.817	1.216	1.175
Tratamiento	12	14.176*	37.303*	52.274*	41.572*	38.259**	16.318	3.556	2.227
Nitrógeno	4	9.631	24.391	27.345	49.688**	47.552**	17.552	5.072	3.256
Lineal	1				80.388*	72.696**			
Cuadrática	1				86.522*	89.206**			
Fósforo	4	13.793	31.899	56.344*	32.459	33.620	25.313	2.834	1.605
Potasio	4	17.589*	47.100*	52.308	32.179	27.845	4.816	0.975	0.069
Residuo	24	6.303	17.696	22.079	13.594	12.552	10.266	5.207	2.538
Total	38								
CV		24.07	25.61	20.24	14.67	13.46	13.04	11.31	10.49

* y **significativas a niveles de 5 y 1% de probabilidad, respectivamente.

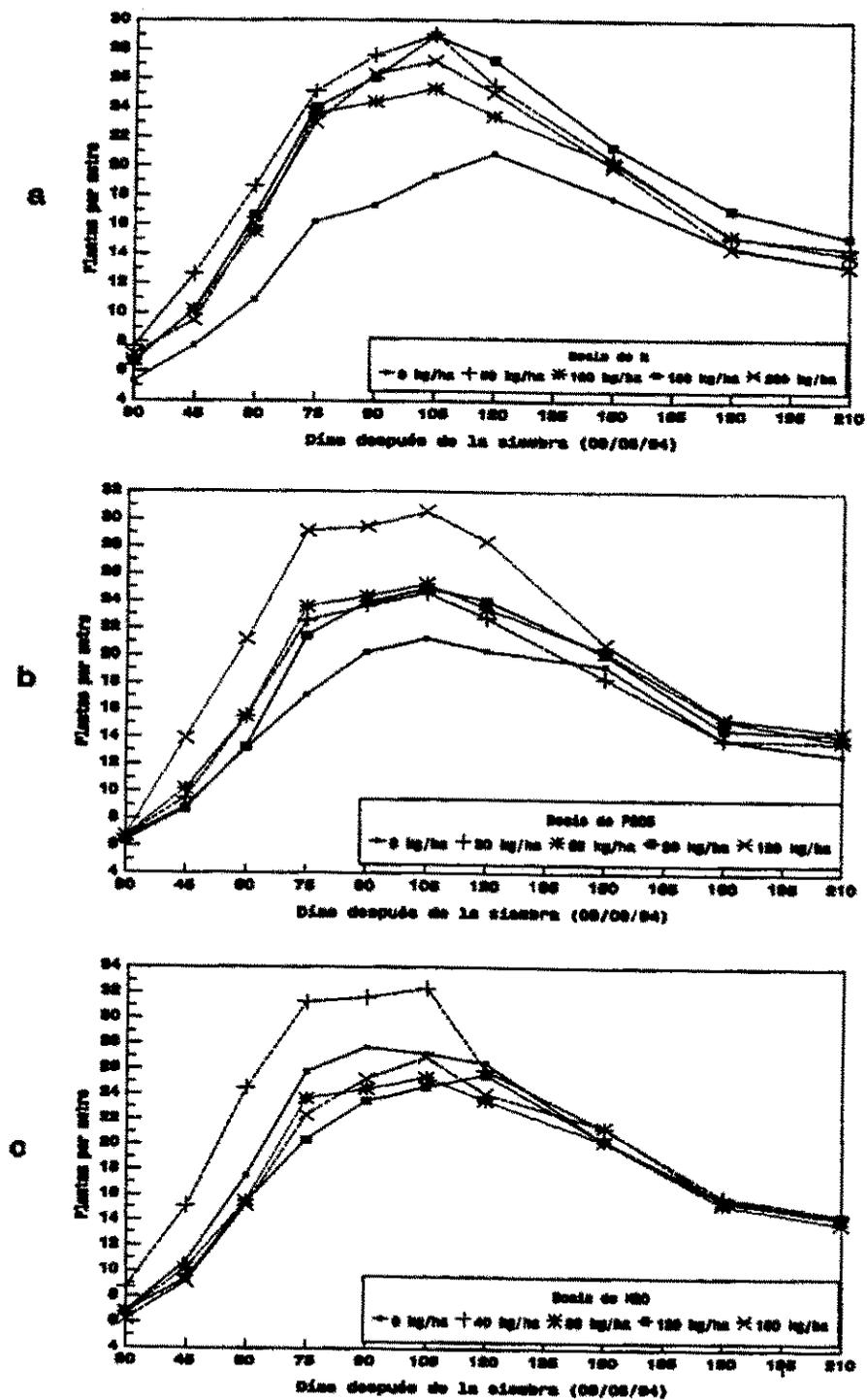


Figura 3. Densidad poblacional de la variedad L 68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.3. Índice de ahijamiento

El ahijamiento es el proceso mediante el cual un tallo es capaz de dar origen a un grupo de vástagos provenientes de las yemas subterráneas.

El índice de ahijamiento es calculado como la relación entre la población existente en determinada fecha y la población existente a los 30 d.d.s., expresándose en número de hijos por planta. (Figura 4 a, b y c). Al igual que la densidad poblacional, independientemente de los tratamientos, el mayor índice de ahijamiento se alcanza a los 105 días después de la siembra.

Con relación a las dosis de Nitrógeno, el índice de ahijamiento presentó su mayor incremento entre los 45 y 105 días después de la siembra, hasta la dosis de 150 kg/ha de N., igualmente el fósforo presentó un incremento similar, pero en dosis de 60 kg/ha de fósforo (Figura 4 a y b).

El índice de ahijamiento durante la primera etapa del cultivo, parece relacionado con la densidad poblacional y dependiente de la dosis de nitrógeno y fósforo.

En el caso del Potasio se observa que no hubo efecto significativo (Figura 4c).

A partir de los 105 días los tratamientos en 50 kg/ha de nitrógeno, 120 kg/ha de P_2O_5 y 40 kg/ha de K_2O presentaron el menor índice de ahijamiento, pero esto es porque estos tratamientos tuvieron la mayor población inicial a los 30 días después de la siembra.

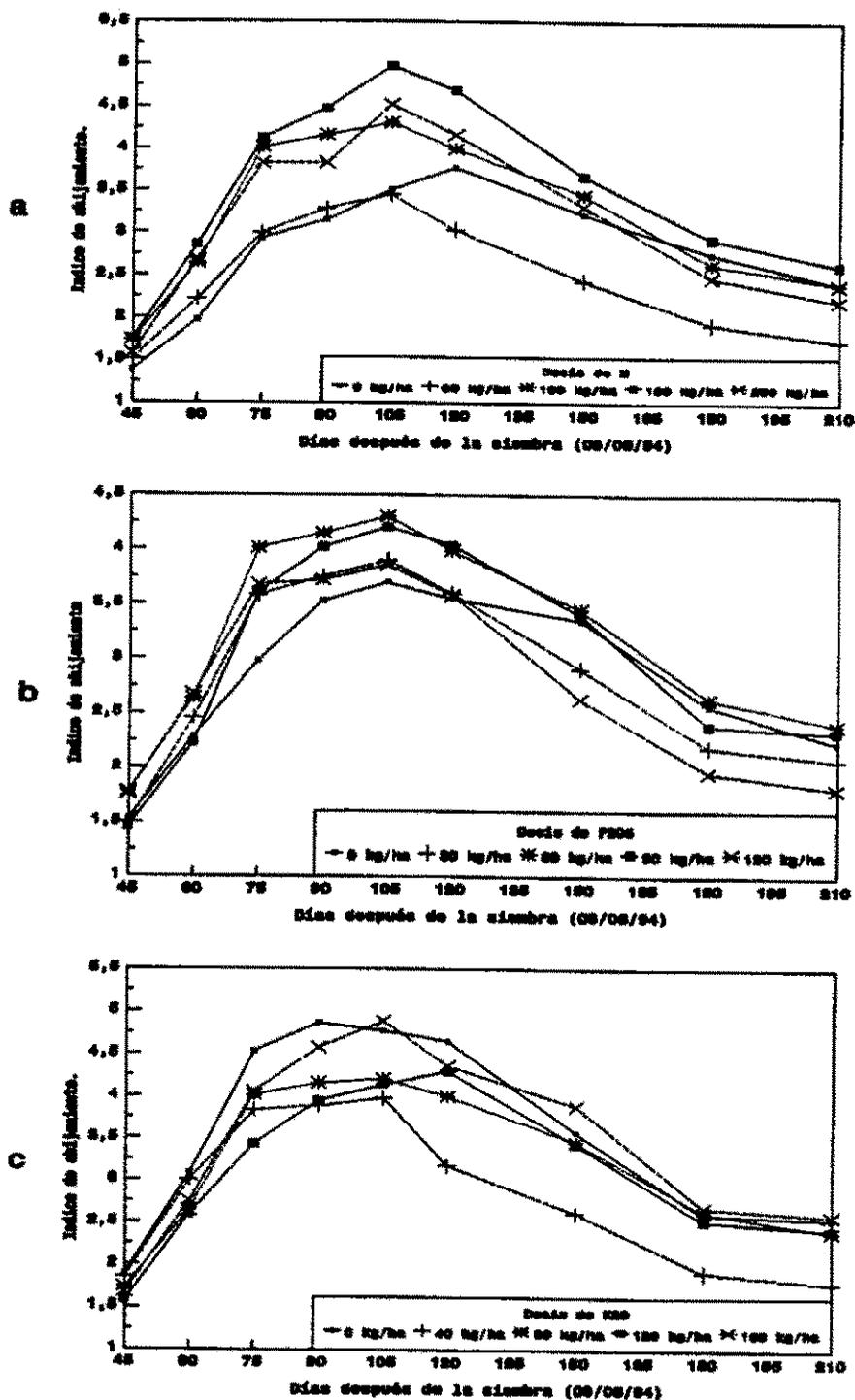


Figura 4. Índice de ahijamiento de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.4. Crecimiento aparente

Cuando la caña de cosecha de un año crece en condiciones normales su elongación presenta un gran período normal con un máximo. Dillewijn (1975).

El crecimiento aparente del cultivo en función de los tratamientos aplicados se presenta en las Figuras 5(a, b y c).

Según el análisis estadístico que se realizó para cada toma de datos durante la etapa de crecimiento y desarrollo del cultivo indican de manera general que fue el nitrógeno el que presentó mayor efecto positivo (Tabla 4).

En el caso del nitrógeno fue el único elemento que provocó mayor efecto positivo sobre la altura desde los 45 días después de la siembra, siendo alcanzada la mayor altura con la dosis de 100 kg/ha de N, presentando su menor altura cuando no se aplicó nitrógeno, lo que indicó que el nitrógeno provoca efecto positivo sobre el crecimiento (Figura 5a).

Con relación al fósforo la dosis de este tendieron a aumentar la altura hasta la aplicación de 60 kg/ha de P_2O_5 , niveles mayores a 60 kg/ha de P_2O_5 no influyeron en un mayor crecimiento (Figura 5b).

El potasio no presentó ninguna influencia positiva (Figura 5c).

Tabla 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 N, P y K.

Puente de variación	GL	45	60	75	90	105	120	150	165	180	195
Cuadrados medios											
Bloques	2	4.090	7.417	29.926	11.318	56.292	4.481	117.349	32.842	167.307	218.771
Tratamientos	12	9.943	22.169	66.169	53.853	115.435*	181.745*	467.040*	522.401*	535.181*	642.824*
Nitrógeno	4	7.943	14.316	32.302	45.460	150.478*	258.356*	761.573**	967.258**	1080.560**	1304.984**
Lineal	1					14.765	161.101	1286.289**	1422.923**	1897.347**	1663.139**
Cuadrática	1					279.923**	729.184**	1155.904**	1736.579**	1580.523**	2085.243**
Fósforo	4	7.741	15.942	73.663	74.016	117.936	204.352	482.508*	494.243*	420.340	580.545
Potasio	4	12.514	33.407	78.105	43.322	90.809	83.114	192.532	163.276	151.914	195.862
Residuo	24	8.242	14.717	36.494	34.879	50.296	83.981	157.342	156.849	182.693	229.882
Total	38										
CV		14.46	13.98	14.66	11.27	9.70	9.38	7.10	6.11	6.06	60.34

* y **significativas a niveles de 5 y 1% de probabilidad, respectivamente.

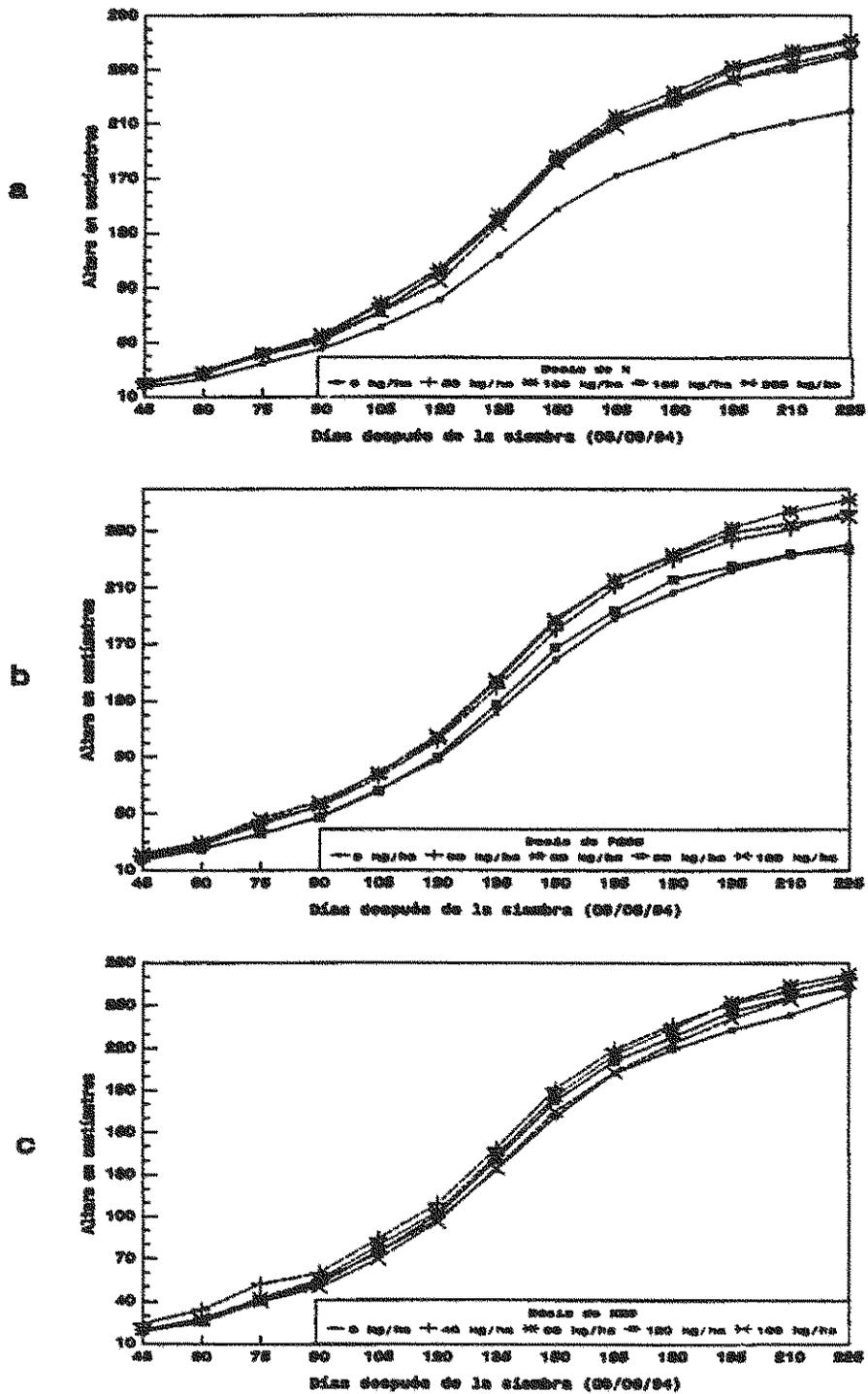


Figura 5. Crecimiento aparente de la variedad L 68-40 en función de días después de la siembra y de dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.5. Crecimiento diario aparente

La tendencia normal de la longitud de los canutos de un tallo, está asociado con un gran periodo de crecimiento, viniendo esto a significar que el ritmo de elaboración o alargamiento aumenta hasta llegar a un máximo después del cual comienza a declinar (Dillewijn, 1975).

El crecimiento diario aparente se presenta en las Figura 6(a, b y c), en las cuales se puede apreciar que independientemente de los tratamientos, el máximo crecimiento diario se observa entre los 135 y 150 días después de la siembra. En este periodo, el máximo crecimiento diario se obtuvo con las dosis más altas de nitrógeno y fósforo respectivamente, correspondiendo los valores menores cuando no se aplicó nutriente Figura 6a y b.

Con relación al potasio se observa que el máximo crecimiento diario se obtuvo con la dosis de 120 kg/ha de K_2O y su menor crecimiento lo presentó cuando no se aplicó el nutriente (Figura 6c).

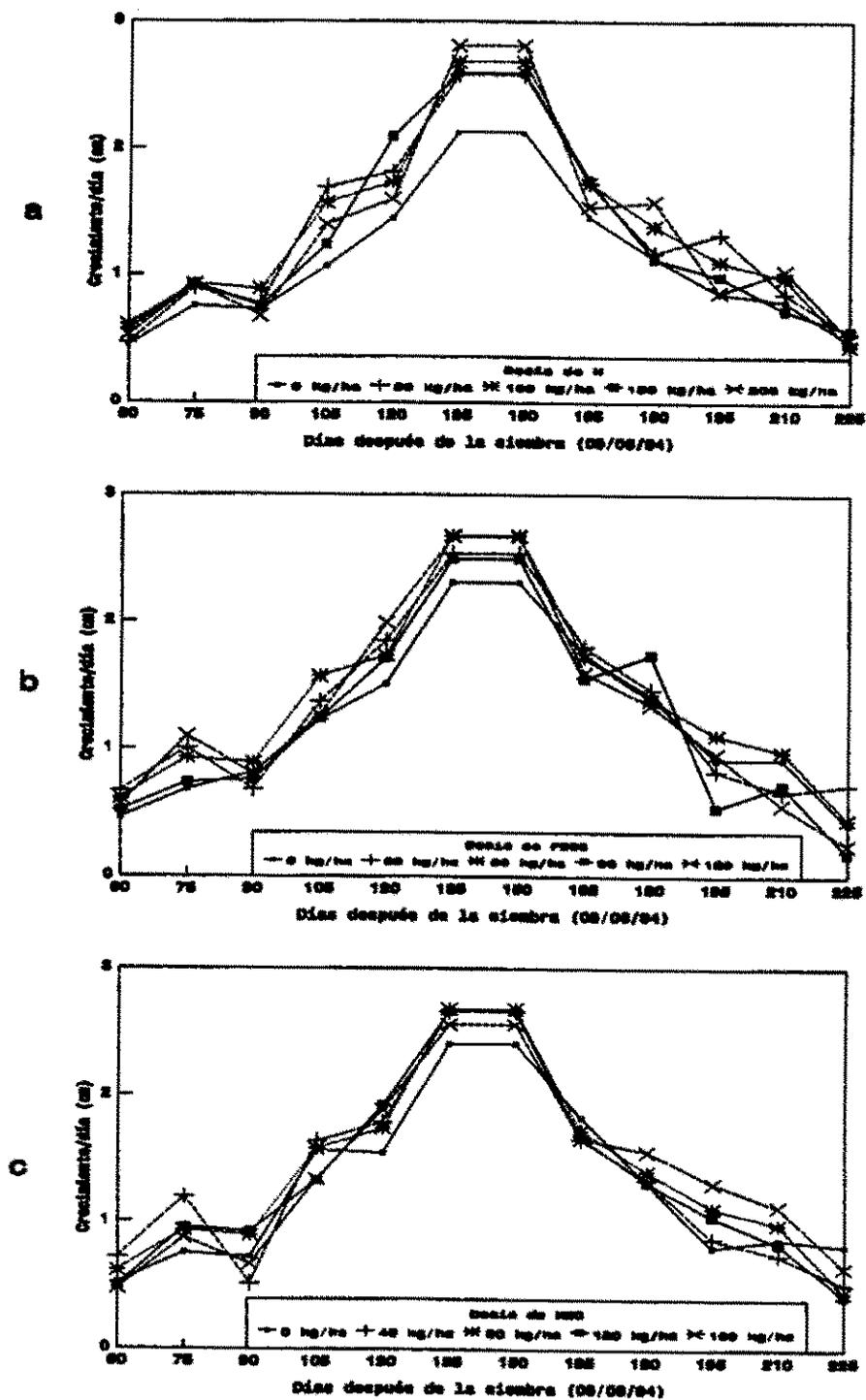


Figura 6. Crecimiento diario aparente de la variedad L 68-40 en función de días después de la siembra y de dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.6. Diámetro

Este parámetro al igual que la altura está asociado con el período de crecimiento, según el análisis estadístico demuestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos estudiados (Anexo 1).

Con respecto al nitrógeno (Figura 7a), aunque no reflejó influencia positiva se observa cierta tendencia de aumentar el diámetro, hasta la dosis de 100 kg/ha de nitrógeno.

En el caso del fósforo (Figura 7b), no se presentó influencia significativa, aunque numéricamente el mayor diámetro se observa con la dosis de 120 kg/ha de P_2O_5 .

Considerando el potasio (Figura 7c), se observa que el mayor diámetro se obtuvo con dosis de 80 kg/ha de K_2O , dosis diferentes a la anterior no aumenta el diámetro.

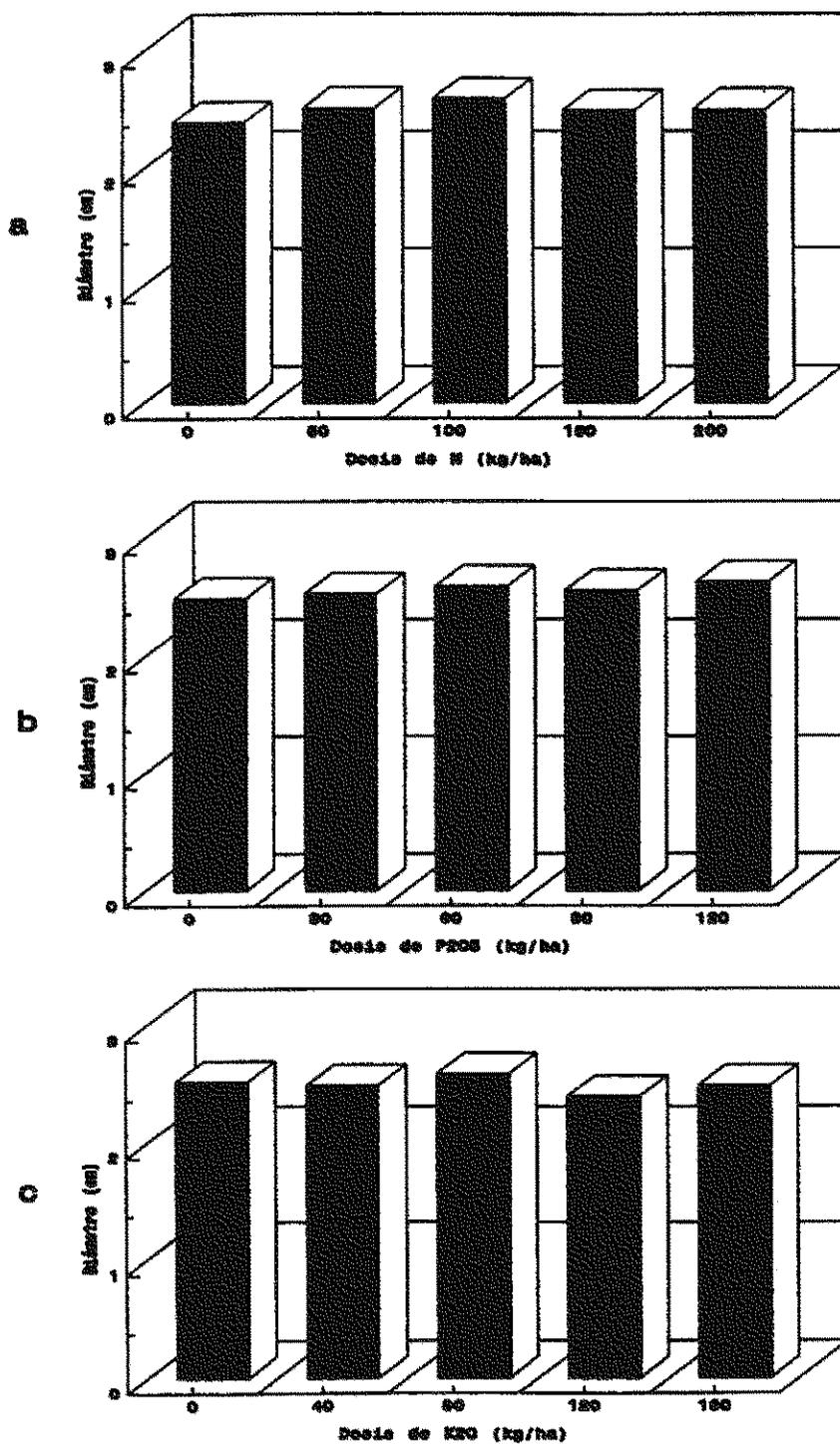


Figura 7. Diámetro de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.7. Población de tallos cosechables

Esta variable junto con el peso promedio de los tallos resultan los factores principales al momento de expresar los rendimientos de toneladas de caña por hectárea (Rendimiento agrícola).

La parte que se toma en cuenta de la caña de azúcar para esta variable son los tallos molibles, los cuales constituyen el fruto agrícola y son los encargados de almacenar sustancias de reserva en forma de carbohidratos (González, 1977).

En este estudio la influencia de cada uno de los nutrientes sobre la población se presenta en la Figura 8(a, b y c). Según los análisis estadísticos (Anexo 1), se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para este parámetro coincidiendo con trabajos realizados por Rivera & Barbosa (1989) y Vanegas *et al* (1992).

Respecto al nitrógeno fue el único nutriente que presentó influencia significativa sobre estas variables ajustándose los datos a los modelos lineales y cuadráticos, observándose que la dosis de 50 kg/ha de N es la que presentó una mayor población, la falta de nitrógeno provocó una disminución en la población de tallos (Figura 8a). Rivera & Barbosa (1989b), demostraron que la población final de tallos por hectárea se incrementa principalmente con la aplicación de nitrógeno.

Las aplicaciones crecientes de nitrógeno dan por resultado un mayor número de tallos cosechables, hasta alcanzar un máximo, más allá del cual las aplicaciones adicionales de este nutriente no producen incremento alguno en el número de estos tallos (Arzola *et al*, 1981).

Con relación al fósforo, no influyó significativamente, aunque numéricamente con dosis de 60 kg/ha de P_2O_5 , presentó su mayor población (Figura 8b). King (1968), Dillewijn (1975) y González (1977), coinciden en afirmar que el fósforo mejora el ahijamiento.

Con respecto al potasio, éste no presentó efecto significativo (Figura 8c). La correlación existente entre la población final y las poblaciones obtenidas antes de la cosecha reflejadas en la Tabla 5, nos indican que es el nitrógeno el elemento que mayor influencia ejerce sobre la población final, pues entre los 45 y 90 días después de la siembra se presentan coeficientes altos y significativos, mientras que en los otros elementos los coeficientes son bajos.

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre la población final y las poblaciones antes de la cosecha en función de las dosis de N, P y K.

Días después de la siembra	Nitrógeno (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potasio (K_2O)
30	0.54	-	0.90
45	0.90	0.24	0.84
60	0.96	0.22	0.81
75	0.99	0.46	0.77
90	0.98	0.38	0.69
105	0.91	0.37	0.80
120	0.79	0.33	-

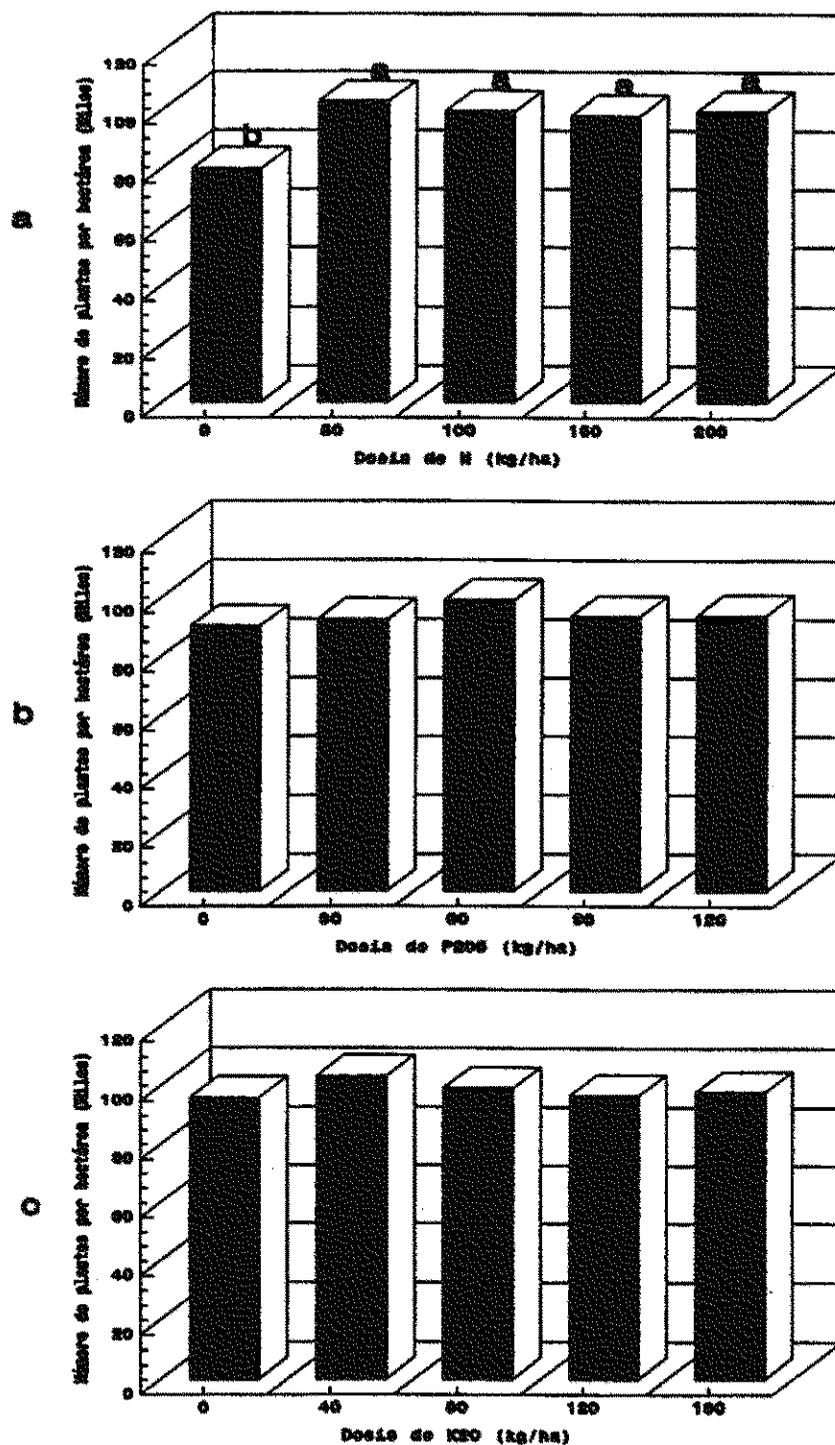


Figura 8. Población de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.8. Altura de los tallos cosechables

Con esta variable se determinó la longitud de tallos cosechables que se utilizaron para semilla. Es un componente del rendimiento agrícola y es una de las más importantes ya que al obtenerse una mayor altura hay un mayor número de yemas.

Los análisis estadísticos reflejan influencias significativas de los diferentes tratamientos sobre la altura, siendo el nitrógeno el único de los nutrientes que reflejó influencia significativa, siendo los efectos en forma lineal y cuadrática (Anexo 1).

Al incrementar el nitrógeno hasta 50 kg/ha se produce un aumento en la altura, dosis mayores a esta no producen aumento significativo (Figura 9a).

El ritmo de elongación de la caña aumenta conforme se acrecienta la frecuencia o proporción de la aplicación de nitrógeno, hasta alcanzar el suministro óptimo de nitrógeno (Dillewijn, 1975).

Definitivamente el nitrógeno es el nutriente que más influyó sobre la altura tanto desde el inicio del experimento hasta el momento de la cosecha, reflejado por la alta correlación existente entre la altura final y la alturas obtenidas antes de la cosecha (Tabla 6).

En relación al fósforo (Figura 9b), no hubo influencia significativa, pero se observa cierta tendencia de aumento de la altura hasta la dosis de 60 kg/ha de P_2O_5 . Angarica et al (1985), no encontraron efecto en las aplicaciones de fósforo en la altura de los tallos de la caña de azúcar, en ninguna de las variedades estudiadas (Ja 60-5 y My 54129); sin embargo Paneque et al (1983), encontraron respuesta del fósforo sobre la altura de

los tallos en caña de siete meses de edad en un suelo ferralítico, determinando que la dosis de 120 kg/ha de P_2O_5 presentó la mayor altura.

En el caso del potasio (figura 9c), al igual que el fósforo, se observa cierta tendencia de aumento en la altura hasta la dosis de 80 kg/ha de K_2O , dosis mayores a la anterior no provocan aumento en la altura.

Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) entre la altura final y las alturas antes de la cosecha en función de las dosis de N, P y K.

Días después de la siembra	Nitrógeno (N)	Fósforo (P_2O_5)	Potasio (K_2O)
45	0.92	0.66	0.70
60	0.96	0.85	-0.21
75	0.96	0.69	0.69
90	0.93	0.87	0.84
105	0.95	0.97	0.68
120	0.92	0.93	0.88
135	0.98	0.90	0.90
150	0.99	0.88	0.88
165	0.99	0.93	0.86
180	0.99	0.92	0.85
195	0.99	0.96	0.91
210	0.98	0.96	0.89
225	-	-	-

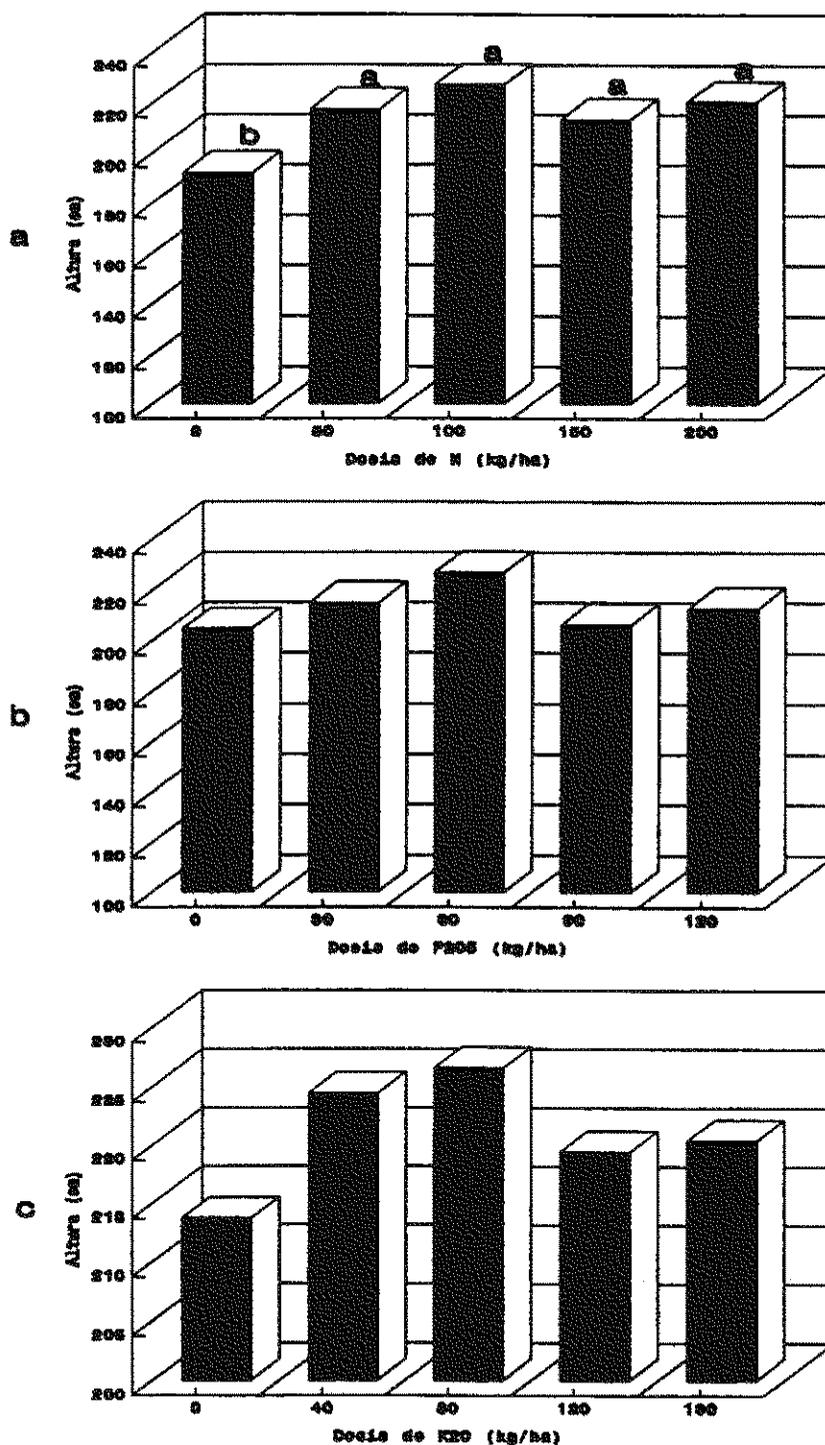


Figura 9. Altura de los tallos cosechables de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.9. Peso promedio de los tallos

Esta es una característica muy bien definida en el cultivo de la caña de azúcar, que puede ser influenciada por las prácticas de manejo agrotécnico, su expresión o valor final obtenido esta altamente determinada por las características genéticas que conforman cualquier cultivar pudiendo variar desde 300 gramos hasta 6 kg en dependencia de las características del cultivar o de la edad de la caña (Fauconnier & Bassereu, 1980).

Los análisis de varianza realizados para este parámetro indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando la mayor influencia las dosis de nitrógeno, ajustándose los datos a ecuaciones lineales y cuadráticas. (Anexo 1).

Considerando los niveles de nitrógeno (Figura 10a), se observa que a partir de la dosis de 50 kg de N se provoca aumento en el peso, presentando el menor peso cuando no se aplicó nitrógeno, lo que indica el efecto positivo que ejerce el nitrógeno sobre el peso de los tallos.

El peso total verde o el peso total seco por lo general aumenta con el aumento en la aplicación de nitrógeno (Dillewijn, 1975).

En el caso del fósforo y potasio no presentaron diferencia significativa (Figura 10b y c), pero se observa cierta tendencia de aumentar el peso de los tallos hasta la dosis de 60 y 80 kg/ha de P_2O_5 y K_2O respectivamente.

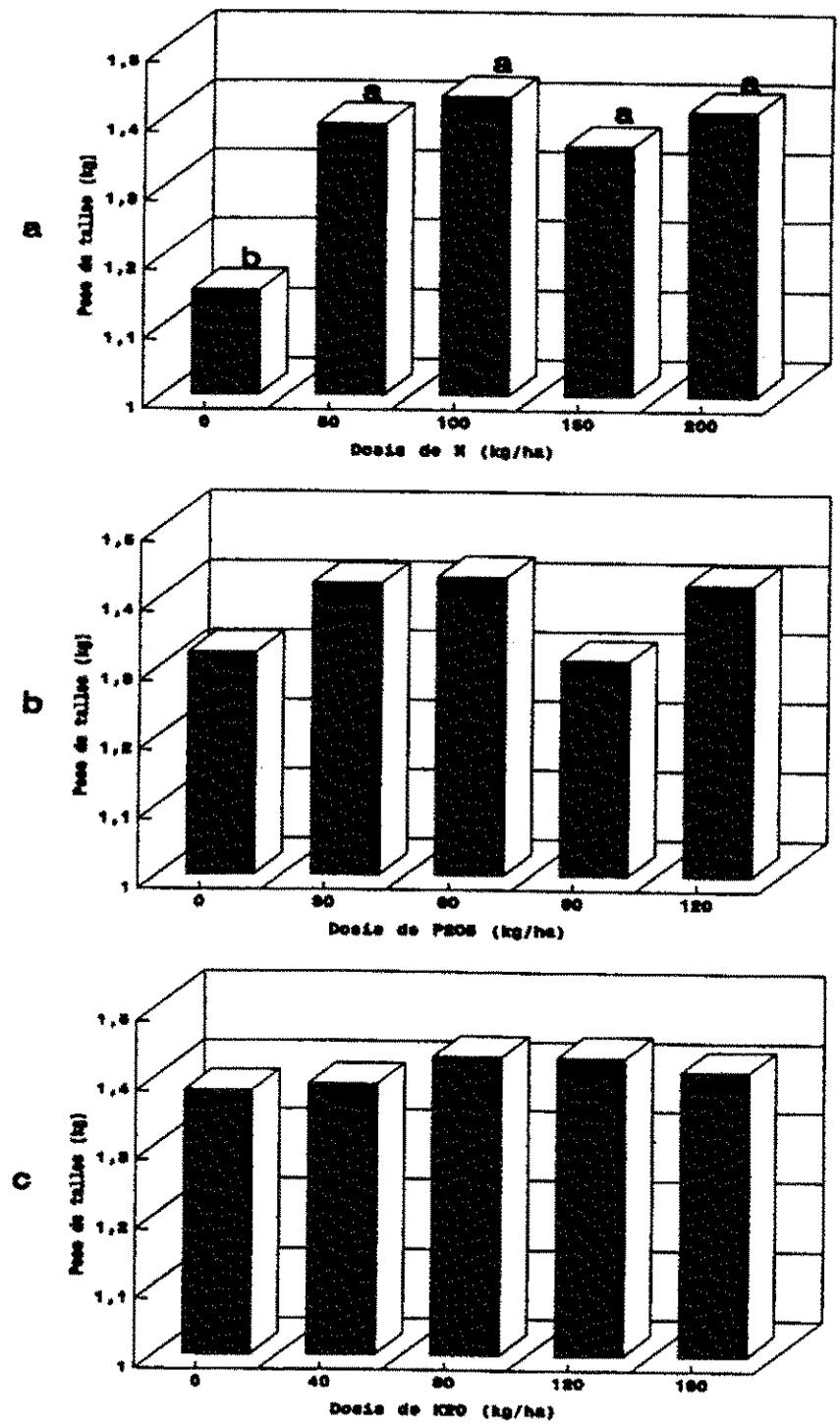


Figura 10. Peso promedio de los tallos de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.10. Rendimiento Agrícola

Este parámetro también llamado rendimiento de campo es uno de los indicadores principales para determinar la eficiencia de cada uno de los nutrientes y es influenciado por la cantidad de tallos molibles cosechados así como el peso de los mismos, siendo dependiente de estos dos parámetros y se expresa toneladas de caña/ha.

Al realizar el análisis de varianza se refleja que existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados, coincidiendo con los resultados obtenidos por Vanegas et al (1992).

Con respecto al nitrógeno fue el único que manifestó influencia significativa, presentando efecto lineal y cuadrático (Anexo 1). Se observó que con dosis de 50 kg/ha de N, produjo el más alto rendimiento (Figura 11a). Resultados similares han sido obtenidos por Paneque & Calaña (1983), que en un suelo rojo compacto con un contenido de nitrógeno 0.01 % en caña planta encontraron respuesta positiva con la aplicación de 50 kg/ha de nitrógeno, pero no coincide con Gandarilla et al (1984), que en un suelo vertisol con contenido de nitrógeno 0.01 % en caña planta no encontraron respuesta al nitrógeno.

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. (García et al., 1989).

En el caso de las dosis de fósforo (Figura 11b), no hubo influencia significativa, sin embargo se observa cierta tendencia de aumentar la producción de caña, hasta dosis de 60 kg/ha de P_2O_5 .

La falta de respuesta al fósforo, a pesar de presentar un bajo nivel en el suelo, puede ser debido a que este elemento se encuentra en formas tales que lo liberan y los ponen en disponibilidad de la raíces de las plantas a medida que aumenta el crecimiento de ésta.

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.

Con respecto al potasio (Figura 11c), no se obtuvo ningún efecto significativo, coincidiendo con Cuellar (1982), quién afirma que cuando el potasio está por encima del nivel crítico (0.35 meq/100 g) no se espera respuesta lo que puede ser aplicable a nuestro caso, ya que el análisis del suelo presenta 0.58 meq de K/100 g de suelo.

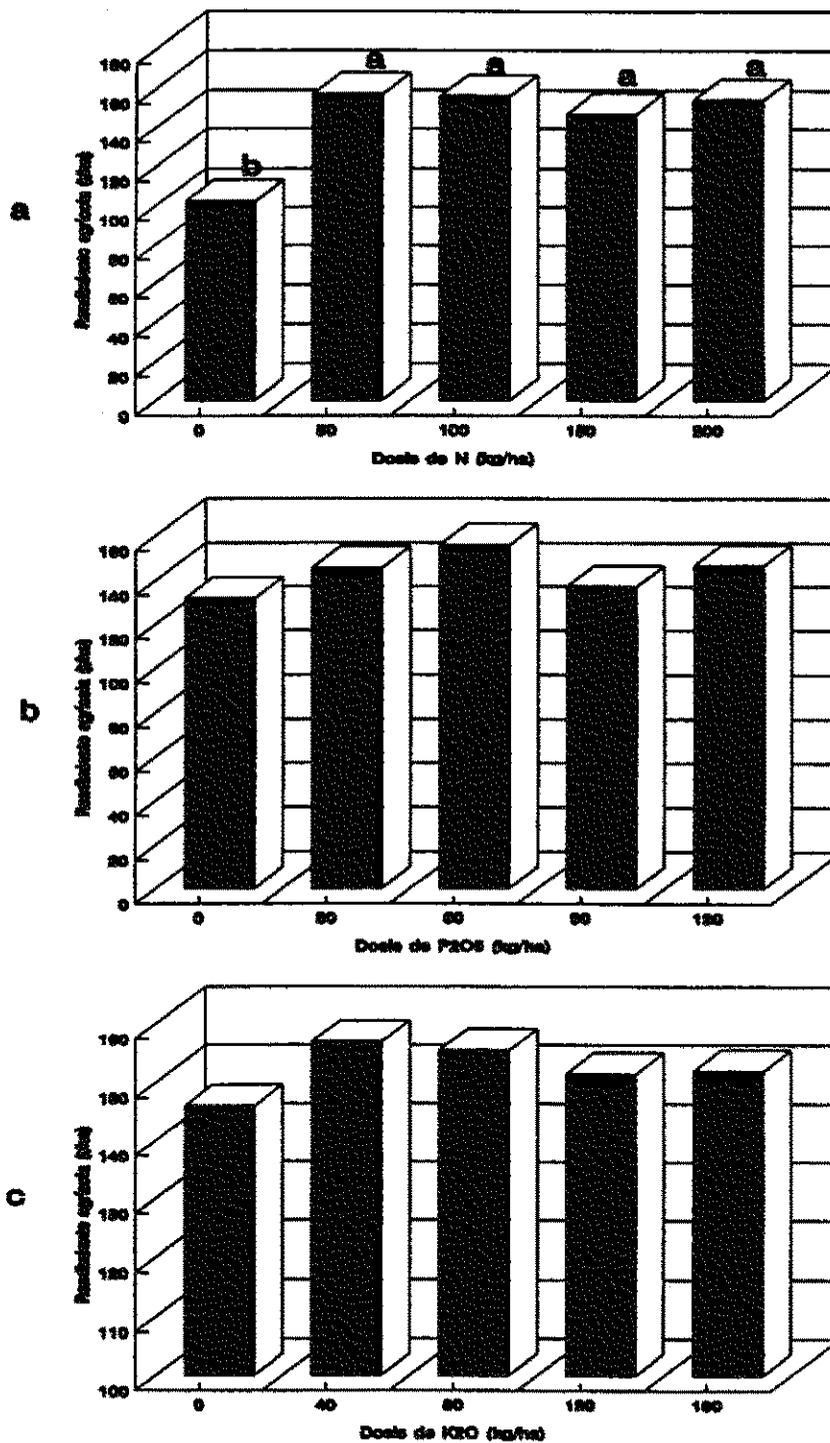


Figura 11. Rendimiento agrícola de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.11. Rendimiento industrial

Este parámetro nos refleja la cantidad de azúcar obtenida por cada tonelada de caña, además representa un componente del rendimiento agro-industrial al igual que el rendimiento agrícola.

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.

Según muestran los resultados de los análisis estadísticos, no existe diferencia significativa entre los tratamientos estudiados (Anexo 1), resultados similares han obtenido Barbosa (1990), Vanegas *et al.* (1992) y Palacios & Peña (1994).

Con respecto a las aplicaciones de nitrógeno (Figura 12a), se observó que la dosis de 50 kg/ha de N, presentó el mayor rendimiento industrial y dosis mayores de los 50 kg/ha provocó una disminución en el rendimiento industrial (contenido de sacarosa), coincidiendo estos resultados con los de Rivera *et al.* (1991), que en un suelo de origen volcánico con un contenido de nitrógeno de 0.15 % señalaron que en caña planta de la variedad C 87-51, dosis mayores a 50 kg/ha de nitrógeno sólo provocan disminución en el contenido de sacarosa.

Investigadores hawaianos han comprobado que tanto el contenido de azúcares reductores como el de sacarosa de la planta de caña, resultan acentuadamente afectados por la cantidad de nitrógeno aplicado. El efecto de las aplicaciones aumentadas de nitrógeno sobre la concentración de sacarosa es completamente lo contrario del efecto sobre la concentración de los azúcares reductores. La concentración de sacarosa decrece como resultado de las aplicaciones adicionales de nitrógeno (Dillewijn, 1975).

En el caso de niveles de fósforo se observan fluctuaciones en el contenido de sacarosa, siendo la dosis de 30 kg/ha de P_2O_5 la que provocó mayor rendimiento industrial (Figura 12b).

Los bajos contenidos de fósforo en el jugo se pueden explicar por la poca asimilación de éste por la planta, lo cual está en relación directa con el alto poder de fijación del fósforo en los suelos ferralíticos rojos desaturados (Gómez, 1989).

Al aplicar el fósforo al comienzo del ciclo anual, aumenta el desarrollo de raíces y la riqueza de azúcar, produciendo jugos de mayor pureza que decantan fácilmente durante la elaboración industrial (García, 1980).

Con relación al potasio (Figura 12c), no presentó efecto positivo en el contenido de sacarosa. Iguales resultados han obtenido Esquivel & Whyles (1982), que no encontraron respuesta significativa en el rendimiento industrial evaluado en tres variedades de caña (B-54142, JA-605 y B-4362).

El rendimiento industrial, indudablemente afectado por no tener el cultivo suficiente madurez al momento de la cosecha, no reflejó ninguna afectación significativa por los tratamientos aplicados.

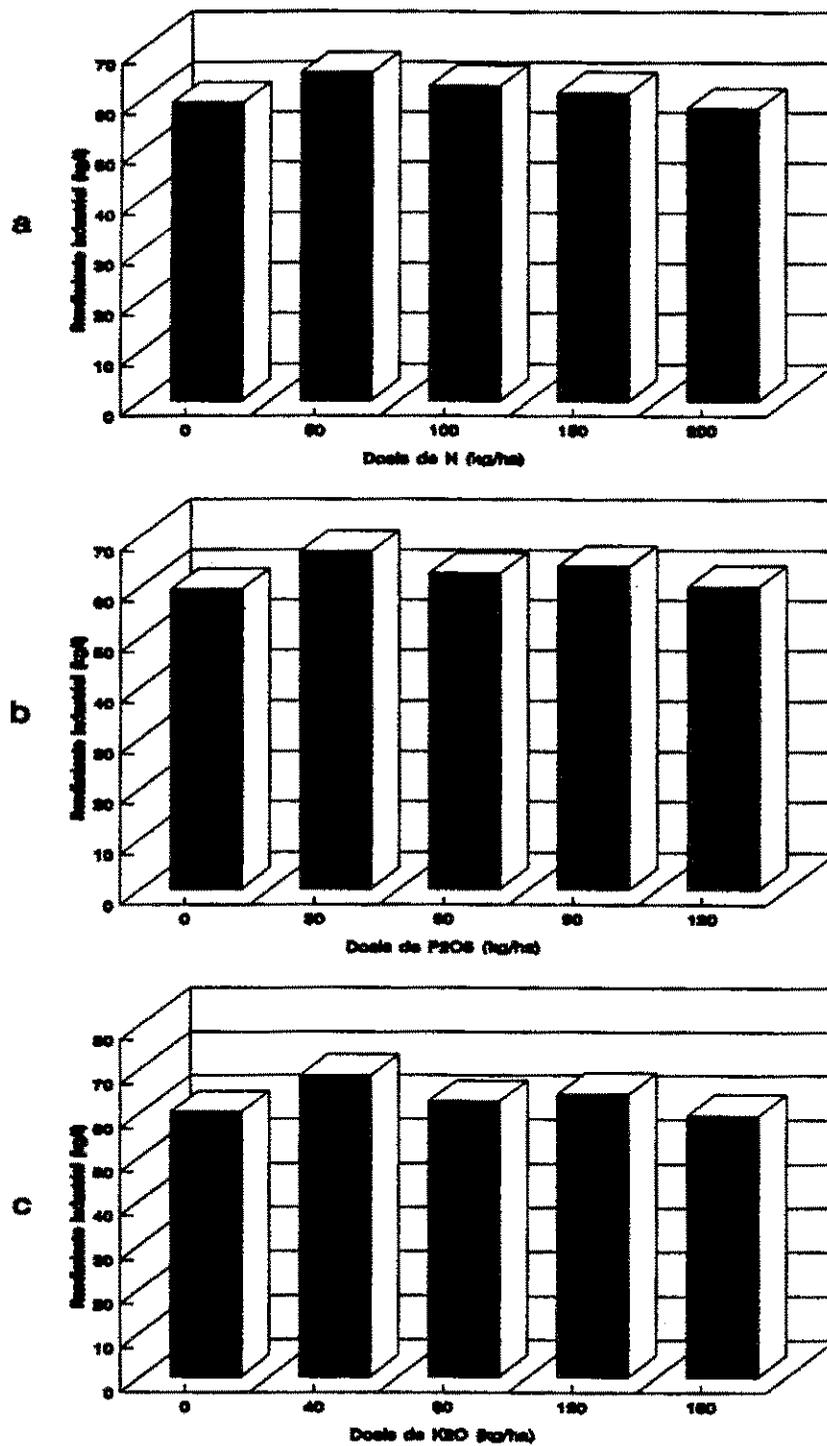


Figura 12. Rendimiento industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

3.12. Rendimiento Agro-Industrial

Este parámetro refleja al producto del rendimiento agrícola y del industrial, por lo que se considera un factor fundamental para la selección de la dosis óptima.

El rendimiento de azúcar por área responde más a los incrementos del rendimiento agrícola que al contenido de pol en caña (Espinoza, 1980).

Al realizar el análisis estadístico éste reflejó que existe diferencia significativa entre tratamientos, siendo el nitrógeno el único nutriente que presentó influencia significativa, ajustándose los datos a ecuaciones lineales y cuadráticas (Anexo 1), observándose que la dosis de 50 kg/ha de N, produjo el más alto rendimiento agro-industrial (Figura 13a), presentando un comportamiento similar al rendimiento agrícola y coincidiendo con los resultados de Rivera et al., (1991).

En algunos casos cuando se usa una ecuación de segundo grado, la dosis de un nutriente para obtener una producción máxima, puede ser calculada como la dosis de nutriente necesaria para producir el 90% del rendimiento máximo. Por ejemplo en el caso de los rendimientos agrícola y agro-industrial observamos que no hay diferencia significativa entre aplicar 50 a 200 kg/ha de N, pero los rendimientos máximos calculados con ecuaciones cuadráticas se obtienen con 131 y 119 kg/ha de N respectivamente (Tabla 7), en cuanto la dosis necesaria para producir el 90% del rendimiento máximo agrícola y agro-industrial es de 58 y 55 kg/ha de N y para producir el máximo rendimiento agrícola y agro-industrial las dosis obtenidas a través del modelo lineal discontinuo son 46 y 41 kg/ha de nitrógeno respectivamente (Figura 14 y 15).

Con relación al fósforo no se presentó diferencia significativa, aunque numéricamente hasta la dosis de 60 kg/ha de P_2O_5 , se observa un incremento en el rendimiento agro-industrial (Figura 13b).

Las dosis de potasio (Figura 13c), no presentaron diferencia significativa. El potasio es importante en la formación de sacarosa, la cual no es razón para utilizarlo en altas dosis. Este sólo tiene valor cuando hay insuficiencia en la planta. Una vez abastecidas las necesidades, un exceso no producirá aumentos en la acumulación de sacarosa (Arzola *et al.*, 1981).

Tabla 7. Valores máximos y el 90 % de rendimiento agrícola y agroindustrial en función de las dosis de nitrógeno, calculados con el modelo cuadrático.

CONCEPTO	Caña	Azúcar
	----- (t/ha) -----	
Valor máximo	160.39	11.14
Dosis máxima de N (kg/ha)	131.65	119.63
Valor 90 %	144.35	10.02
Dosis para caña 90 % N (kg/ha)	57.80	55.40
Dosis con el modelo LRP		
N (kg/ha)	45.60	41.07
R ²	0.99	0.99

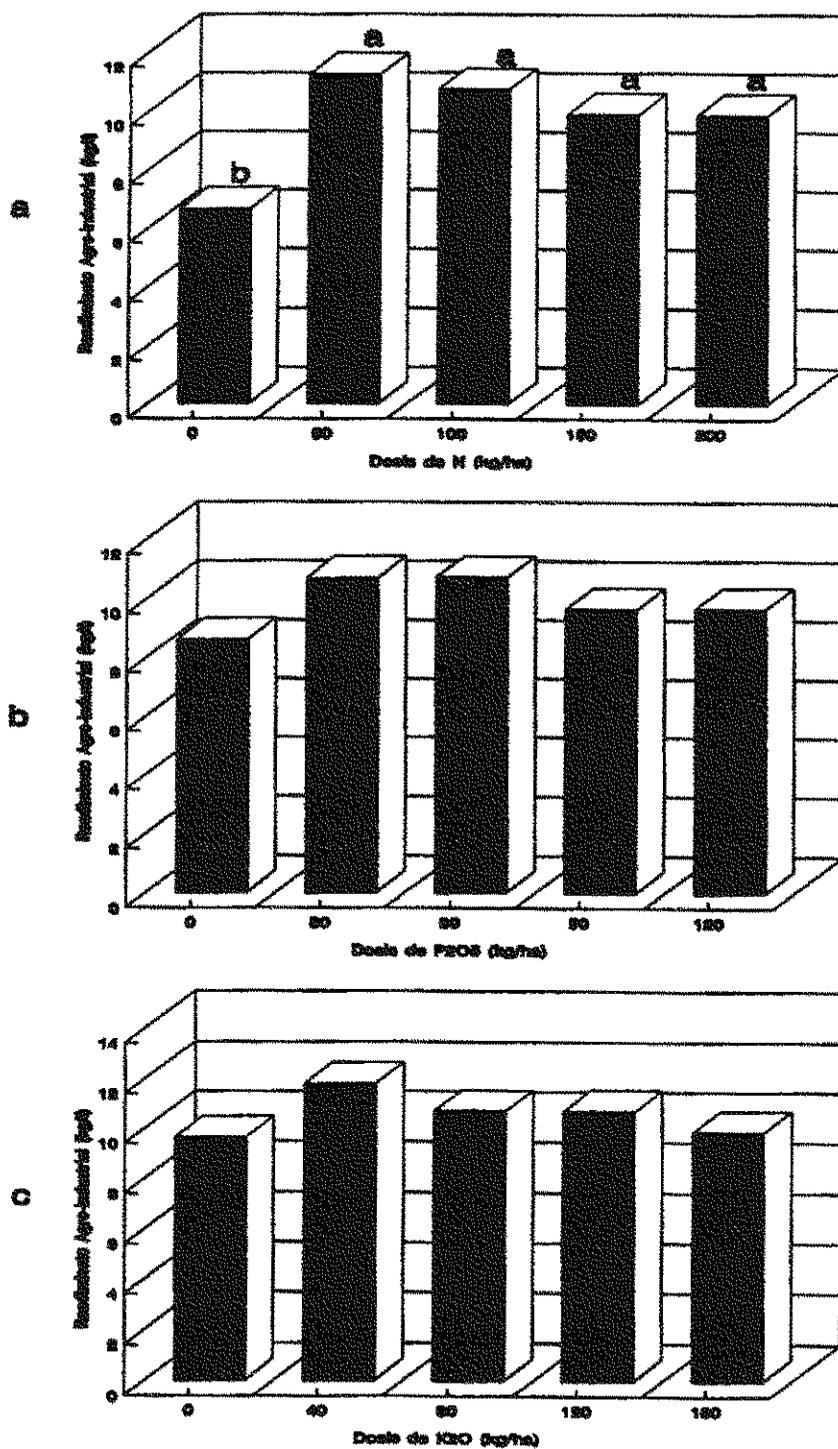


Figura 13. Rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-40 en función de las dosis de N(a), P(b) y K(c).

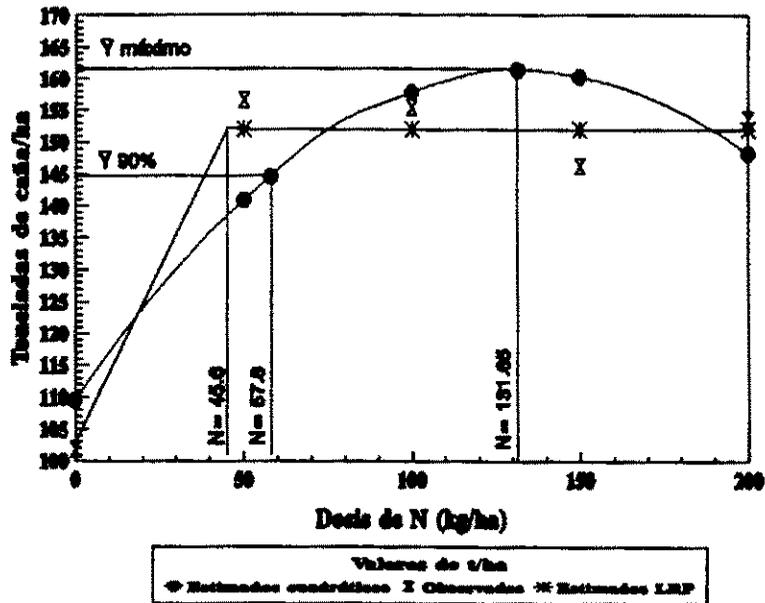


Figura 14. Rendimiento agrícola en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos cuadráticos y LRP.

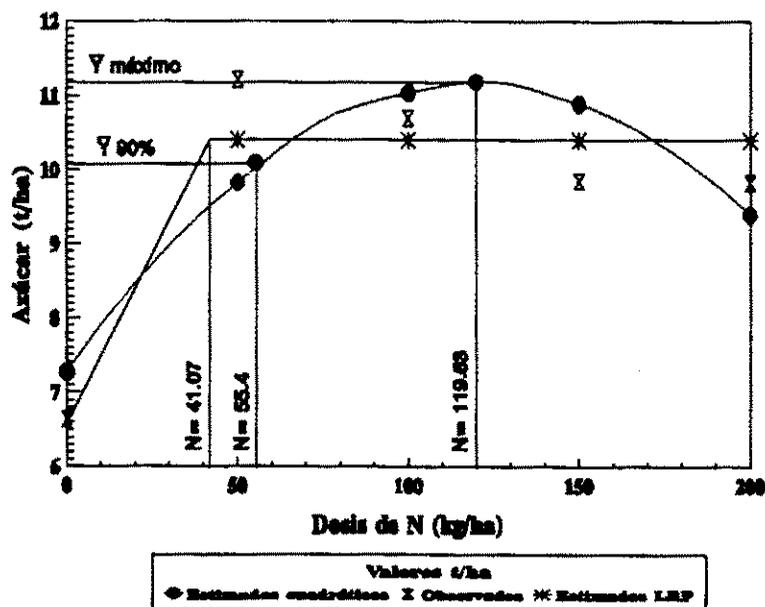


Figura 15. Rendimiento agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno ajustado a modelos cuadráticos y LRP.

IV. CONCLUSIONES

En este ciclo para caña planta a excepción del diámetro y del rendimiento industrial en todas las variables evaluadas se encontró diferencia significativa, determinándose que el nutriente de mayor influencia durante todo el ciclo del cultivo fue el nitrógeno.

1. En la brotación el nitrógeno y el potasio presentaron influencia positiva, no así el fósforo.
2. La densidad poblacional y el índice de ahijamiento, durante el período de crecimiento y desarrollo se vieron mayormente influenciadas por las aplicaciones de nitrógeno, igualmente sucedió con el crecimiento aparente y el crecimiento diario aparente.
3. El diámetro no se vio influenciado por los diferentes niveles de N, P y K estudiados.
4. La producción de tallos cosechables, su altura y su peso, fueron influenciados positivamente por el nitrógeno, lo cual no sucedió con el fósforo y el potasio.
5. Respecto al rendimiento agrícola, se determinó que el nitrógeno presentó influencia significativa no obteniéndose significancia para el fósforo y potasio.
6. Las aplicaciones de nitrógeno tienden a disminuir el contenido de sacarosa en los tallos, aunque a valores no significativos.

7. El rendimiento agro-industrial se vio mayormente influenciado por el rendimiento agrícola, no siendo así por el industrial. Al calcular el rendimiento máximo estable con el modelo cuadrático se encontró que la dosis óptima recomendable fue de 50 kg/ha de N.

V. RECOMENDACIONES

Dados los resultados obtenidos, para producir un buen rendimiento agrícola de caña para semilla de ocho meses de edad se recomienda lo siguiente:

1. Aplicar la dosis de N, P y K, siendo éstas 50, 30 y 40 kg/ha respectivamente.
2. Es necesario profundizar las investigaciones con el fósforo ya que a pesar de no haberse encontrado respuesta a este elemento, los datos obtenidos reflejan la necesidad de éste y además tomando en consideración el bajo contenido del elemento en el suelo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angarica, E., Calero, A. & López, M. 1985. Comportamiento de dos variedades de caña de azúcar en el aprovechamiento del fósforo de los fertilizantes. *Revista Cuba Azúcar*. Vol 6. Diciembre. P 7-10.
- Arzola P., N., Fundora H., O. & Machado, J. 1981. Suelo, plantas y abonados. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 313p.
- Barbosa, F. 1990. Comportamiento agro-industrial de la variedad Ja 60-5 (*Saccharum sp.* híbrido) a diferentes dosis de N, P y K sobre un suelo rojo en caña planta. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 26p.
- Borden, R. J. 1936. Cane growth studies: the dominating effect of climate hawaiian planter's. En: *Record* 40. P 143-146.
- Cuellar, I. 1982. El potasio en los suelos y la nutrición potásica. En: *Boletín Inica*. 1ª Edición especial. Cuba.
- Dillewijn, C. V. 1952. Botánica de la caña de azúcar. 1ª Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba.
- Dillewijn, C. V. 1975. Botánica de la caña de azúcar. 2ª Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba.
- Espinoza, R. 1980. The interaction of genotypes with planting dates and harvest cycles in sugarcane. XVII Congress ISSCT. Manila, Filipinas. P 7-15.
- Esquivel, E. & Whytes, K. 1982. Efectos de la fertilización potásica en tres variedades de caña de azúcar en un suelo franco de origen volcánico en la República de Panamá. Memoria 45 Conferencia ATAC. Tomo II Agronomía 2ª parte. P 567-591.
- Fauconnier, R. & Bassereau, D. 1975. La caña de azúcar. Ed. Blime. Barcelona, España.
- Fauconnier, R. & Bassereau, D. 1980. La caña de azúcar. Ed. Científica Técnica. Cuba.
- Gandarilla, J. E., Barroso, R., Guerras, A., Curbelo, R. & Caballero, R. 1984. Niveles óptimos de fertilizantes nitrogenados para la caña de azúcar en un vertisuelo. En: *Suelos y Agroquímicos*. Vol 7 #3. Octubre. Cuba. P 7-14.

- García, F. J. 1980. Fertilizantes agrícolas. Ed. AEDDS. 146-149p.
- García, M., Treto, E. & Jiménez, M. 1989. Efectos de la fertilización nitrogenada sobre el cultivo de la caña de azúcar. En: Cultivos Tropicales. Vol 11 #1. Marzo. Cuba. 19p.
- Gómez, R. 1989. Influencia de las aplicaciones de dos portadores fosfóricos sobre las diferentes formas de fósforo en el suelo y los rendimientos de la caña de azúcar cultivada en un suelo ferralítico rojo compacto. En: Cultivos Tropicales. Vol 11 #3. Septiembre. Cuba.
- González, K. J. 1977. Fitotecnia de la caña de azúcar. Ed. Libros para la educación. La Habana, Cuba. P78-120.
- Humbert, R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Ed. Continental. México D.F., México. P 139-147.
- Humbert, R. 1977. Cómo colocar el fertilizante. En: Agricultura de las Américas. Vol 26 #12. Diciembre. E.U.A. P 28-29.
- King, N. J. 1968. Manual del cultivo de la caña de azúcar. Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. P 81-98.
- Latino, M. 1970. El cultivo de la caña de azúcar. En: Nuestra Tierra. Vol XIV. #1-2. Managua, Nicaragua. 12p.
- MIDINRA. 1981. Estudio de Factibilidad Proyecto agro-industrial azucarero Tipitapa-Malacatoya. P 195-207.
- Montero, B. & Angarica, E. 1992. Fertilización fosfórica de la caña de azúcar en la zona norte de la provincia de Holguín. En: Cultivos Tropicales. Vol 11 #1. Cuba. p 47.
- Palacios, M. & Peña, R. 1994. Efecto de diferentes dosis de N, P y K sobre el rendimiento agro-industrial de la variedad L 68-90 (*Saccharum sp.* híbrido) en caña planta. Universidad Nacional Agraria (UNA). Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua. 24p.
- Paneque, V. M. & Calaña, J. M. 1983. Estudio de niveles de nitrógeno para la caña cultivada en un suelo ferralítico rojo compactado caña planta. En: Cultivos Tropicales. Vol 5 #2. Junio. Cuba. 359p.

- Paneque, V. M., Calaña, J. M. & Díaz, H. 1983. Estudios comparativos de aplicaciones de superfosfato sencillo de importación y de producción nacional como fuente de fósforo para la caña de azúcar cultivado en un suelo ferralítico caña planta. En Cultivos Tropicales. Vol 5 #3. Septiembre. Cuba. P 455-462.
- Rivera, P. & Barbosa, F. 1989a. Evaluación de diferentes dosis de N, P y K para caña de azúcar en un suelo vertisol caña planta. EECA. no publicado. 3p.
- Rivera, P. & Barbosa, F. 1989b. Estudio preliminar de niveles de N, P y K en caña de azúcar (planta) en el Ingenio Javier Guerra. DGTA. no publicado. 2p.
- Rivera, P., Barbosa, F., Vanegas, A. & Jirón, R. 1991. Influencia de la fertilización de N, P y K en el rendimiento de la caña de azúcar (planta) en el Ingenio Benjamín Zeledón. DGTA. no publicado. P 3-4.
- Rojas, O. 1991. Predicción de rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum sp.*) en Guanacaste, Costa Rica. En: Turrialba. Vol 41 #3. Septiembre. Costa Rica. P 376-380.
- Thomas, J. R. & Scott, J. A. W. 1990. Effect of nitrogen fertilization on availability of P and K to sugar cane. In: Sugar Cane. #2 P 10-14.
- Vanegas, A., Vega, E., Vargas, M. & Rivera, P. 1992. Evaluación de diferentes niveles de NPK en caña de azúcar (planta), en un suelo vertisol del Ingenio Victoria de Julio. no publicado. P 7-9.
- Zeledón, A. 1979. La caña de azúcar. Ed. Dos mil. Colombia. 127p.

VII. A N E X O S

Anexo 1. Tabla 8. Análisis de varianza de las variables estudiadas en función de las dosis de N, P y K.

Fuente de variación	Grados de libertad	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)
Cuadrados medios									
Bloques	(2) 4	10.68**	0.0133	0.017	77.293	14.522**	28 744.10**	486.23	743.33**
Tratamientos	12	3.12*	0.0291*	0.013	413.104*	3.577**	18 295.32**	153.03	656.89**
Nitrógeno	4	3.94*	0.0652**	0.016	870.267**	8.033**	44 602.01**	110.08	1274.86**
Lineal	1		0.1190**		1367.645**	11.357**	71 823.53**		1011.78**
Cuadrática	1		0.0817*		702.398**	11.107**	62 731.49**		2609.83**
Fósforo	4	0.14	0.0168	0.008	386.276	1.051	7009.71	134.20	305.44
Potasio	4	4.61*	0.0025	0.014	122.665	0.808	1516.33	187.44	285.11
Residuo	(74) 48	1.31	0.0154	0.008	168.529	1.101	6006.90	199.68	138.05
Total	(38) 64								
CV		16.79	9.05	3.56	6.06	7.86	13.16	10.33	13.24

NOTA: Grados de libertad entre parentesis corresponde a la variable de azúcar (kg/t)

* Significativo al nivel de 10, 5 % de probabilidad.

** Significativo al nivel de 1 % de probabilidad.

Anexo 2. Tabla 9. Valores medios de la variedad L 68-40 de las diferentes variables estudiadas.

Dosis (kg/ha)	Germinación (%)	Población tallos/ha	Altura (cm)	Peso/tallo (kg)	Diámetro (cm)	Rendimiento Agrícola (t/ha)	Rendimiento Industrial (kg/t)	Rendimiento Agro-industrial (t/ha)	Grados Brix
Nitrógeno									
0	53.20	79 571	191.66	1.15	2.39	101.88	59.18	6.63	16.53
50	77.10	102 286	216.68	1.39	2.51	156.57	65.10	11.21	17.36
100	67.40	99 000	226.54	1.43	2.59	155.43	62.54	10.69	17.20
150	66.10	97 571	212.86	1.36	2.49	146.31	61.21	9.85	17.20
200	71.50	99 000	219.72	1.41	2.50	153.54	58.15	9.82	16.86
Fósforo									
0	65.60	90 140	204.44	1.32	2.49	131.57	59.40	8.60	16.70
30	66.90	92 214	214.58	1.42	2.53	145.22	66.84	10.60	17.70
60	67.40	99 000	226.54	1.43	2.59	155.43	62.54	10.69	17.20
90	63.70	93 500	205.90	1.31	2.56	136.92	64.02	9.64	17.53
120	67.90	93 857	212.46	1.42	2.63	146.32	60.00	9.66	16.86
Potasio									
0	68.40	95 786	213.72	1.38	2.52	145.91	60.07	9.64	17.03
40	87.30	103 714	224.40	1.38	2.49	156.89	68.30	11.78	17.69
80	67.40	99 000	226.54	1.43	2.59	155.43	62.54	10.69	17.20
120	68.40	96 571	219.40	1.42	2.40	151.38	64.26	10.70	17.87
160	62.20	97 786	220.38	1.41	2.49	151.84	59.30	9.88	16.86

Anexo 3. Ecuaciones de regresión de los rendimientos agrícola y agro-industrial en función de las dosis de nitrógeno.

Variablen	Ecuaciones	R ²
Caña (t/ha)	$y = 109.43 + 0.77412N - 0.0029N^2$	0.99
Azúcar (t/ha)	$y = 7.27 + 0.0646N - 0.00027N^2$	0.99