

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA RECURSOS GENETICOS NICARAGÜENSES**



TRABAJO DE DIPLOMA

EFEECTO DE APLICACIONES DE NPK SOBRE EL CRECIMIENTO,
DESARROLLO Y RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum* sp. híbrido) VARIEDAD C87-51 EN CAÑA PLANTA
EN EL IBZ-CASUR S.A., POTOSÍ, RIVAS

AUTORES:

Br. OSCAR ARNULFO SÁNCHEZ
Br. LUIS DANIEL VELÁZQUEZ ARRIOLA

ASESORES:

Ing. MSc. ÁLVARO BENAVIDES GONZÁLEZ
Ing. Agr. NOEL QUINTANILLA LARIOS

MANAGUA, NICARAGUA
NOVIEMBRE, 2004

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA RECURSOS GENETICOS NICARAGÜENSES**



TRABAJO DE DIPLOMA

EFFECTO DE APLICACIONES DE NPK SOBRE EL CRECIMIENTO,
DESARROLLO Y RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum* sp. híbrido) VARIEDAD C87-51 EN CAÑA PLANTA
EN EL IBZ-CASUR S.A., POTOSÍ, RIVAS

Presentado a la consideración del
Honorable Tribunal Examinador como requisito
para optar al grado de *Ingeniero Agrónomo*
con orientación en Fitotecnia

MANAGUA, NICARAGUA
NOVIEMBRE, 2004

DEDICATORIA

A *Dios* padre, creador de todo el universo, a Nuestro Señor Jesucristo, por brindarme la inteligencia, la fortaleza y la paciencia necesaria para culminar mi carrera profesional, a Nuestra Madre Santísima la Virgen María por ser intercesora y protectora de todos.

A mi madre Yadira Sánchez, que me concebió la vida, y me enseñó mis primeros pasos. Gracias por brindarme siempre su apoyo y confianza en mí.

A mi tía Nola mi segunda madre, que gracias a ella he terminado este esfuerzo y sueño, agradezco todo su apoyo y confianza, ya que ella es fuente de inspiración en mi persona.

A mi abuelita, doña Paulita Troz, por brindarme su apoyo y confianza, así como sus sabios consejos que son para toda la vida, y fuente de crecimiento en mí persona.

A la Familia Troz Obando, por su confianza y apoyo siempre en todos los momentos de mi vida, agradezco su respaldo y ayuda para lograr este esfuerzo como es la coronación de mi carrera profesional. De igual manera, a la Familia Castillo Aragón por brindarme su apoyo y confianza en los momentos que más lo necesitaba, así como su respaldo y comprensión, y por estar conmigo en toda mi carrera profesional.

A todos mis amigos que siempre estuvieron conmigo apoyándome y motivándome siempre para salir adelante y ser lo que soy hoy en día.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a mi formación profesional.

Br. Oscar Arnulfo Sánchez

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis a:

A *Dios* nuestro padre por darme la vida y la sabiduría para culminar mis metas.

A mis padres: Ana Dolores Arriola Delgado y Daniel Velázquez Guerra, por el esfuerzo de darme una buena educación, confianza y apoyo moral en la formación de mi Trabajo de Diploma.

A mi hermana: Nadia Velázquez Arriola, que ha sido fuente de apoyo moral en la formación de mi carrera.

A mi tía Mercedes Arriola Delgado, por su apoyo moral y confianza que me a brindado en el transcurso de mi vida.

Br. Luis Daniel Velázquez Arriola

AGRADECIMIENTO

A *Dios* que nos dió fuerza y sabiduría para culminar nuestros estudios universitarios por dejarnos sentir que estamos vivos cada día que pasa y que tenemos un deber en este mundo. A tí *Dios* todo poderoso te ofrecemos la cosecha de nuestras vidas. A la Virgen Santísima por ser protectora e interesadora nuestra.

Al *Ing. M.Sc.* Alvaro Benavides Gonzáles y al *Ing.* Noel Quintanilla Larios por el asesoramiento, por transmitir sus conocimientos, por su apoyo y colaboración, y por el tiempo que nos dedicó para la realización del presente Trabajo de Diploma.

Al *Ing. M.Sc.* Rodolfo Munguía por sus acertadas sugerencias y recomendaciones del presente Trabajo de Diploma.

Al Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) de la Universidad Nacional Agraria (UNA) por facilitarnos el equipo y material para realizar el presente trabajo.

A todos los docentes de la Universidad Nacional Agraria que formaron parte de nuestra formación profesional.

Al personal del Departamento de experimentación del IBZ CASUR,S.A por brindarnos su apoyo y confianza en la realización del presente ensayo.

Al personal del CENIDA por brindarnos la bibliografía necesaria para la realización del presente estudio, especialmente, al *Ing.* Gabriel López.

Br. Oscar Arnulfo Sanchez
Br. Luis Daniel Velázquez Arriola

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE GENERAL	<i>i</i>
INDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
ANEXO DE CUADROS	<i>v</i>
ANEXO DE FIGURAS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y MÉTODOS	3
2.1 Localización del área experimental	3
2.2 Material genético empleado	5
2.3 Descripción del experimento y tratamientos	6
2.4 Variables de crecimiento y desarrollo	7
2.4.1 Variables evaluadas antes de la cosecha	7
2.4.2 Variables de rendimiento	9
2.5 Manejo agrícola	10
2.5.1 Preparación del terreno	10
2.5.2 Siembra	10
2.5.3 Fertilización y control de malezas	11
2.5.4 Riego y cosecha	11
2.6 Análisis estadístico	11
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
3.1 Significancia estadística en variables de crecimiento y desarrollo	13
3.1.1 Brotación	13
3.1.2 Ahijamiento o densidad poblacional	15
3.1.3 Índice de ahijamiento	17

3.1.4	Crecimiento aparente (altura)	19
3.1.5	Crecimiento diario aparente	21
3.2	Variables de rendimiento	23
3.2.1	Población de tallos cosechados	23
3.2.2	Diámetro del tallo	24
3.2.3	Altura de tallos cosechables	25
3.2.4	Peso promedio de los tallos	26
3.2.5	Rendimiento agrícola	27
3.2.6	Rendimiento industrial	29
3.2.7	Rendimiento agroindustrial	31
3.3	Análisis de respuesta en N y K	32
IV.	CONCLUSIONES	37
V.	RECOMENDACIONES	38
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VII	ANEXOS	42

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Propiedades químicas y físicas del suelo en el IBZ, Potosí, Rivas.	5
Cuadro 2	Características de la variedad C87-51 evaluada en el IBZ, Potosí, Rivas.	5
Cuadro 3	Descripción de los factores y niveles evaluados en el IBZ, Potosí, Rivas.	6
Cuadro 4	Dimensiones de las parcelas experimentales	7
Cuadro 5	Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable ahijamiento en 9 momentos de evaluación.	16
Cuadro 6	Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable índice de ahijamiento en 9 momentos de evaluación.	18
Cuadro 7	Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable crecimiento aparente en 15 momentos de evaluación.	20
Cuadro 8	Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable crecimiento diario aparente en 13 momentos de evaluación.	22
Cuadro 9	Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable diámetro del tallo, población de tallos y peso de tallos.	25
Cuadro 10	Comparación de valores medios en los efectos principales para el rendimiento agronómico, industrial y agroindustrial.	30
Cuadro 11	Síntesis del ANDEVA y modelos de respuesta en los factores K y N en el rendimiento agrícola (Ton ha^{-1}), industrial (kg ha^{-1}) y agroindustrial (Ton ha^{-1}).	33
Cuadro 12	Modelos de regresión múltiple y parámetros estadísticos en los rendimientos evaluados en caña de azúcar var C87-51.	34

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación geográfica en donde se desarrolló el experimento. Finca San Fernando, IBZ-CASUR, Potosí, Rivas.	3
Figura 2. Condiciones climáticas prevalecientes durante el ensayo (INETER, 2004).	4
Figura 3 Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en porcentaje de brotación.	14
Figura 4. Modelo de regresión cuadrática del rendimiento industrial a partir del rendimiento agrícola en los tratamientos evaluados.	35

ANEXOS DE CUADROS

		Página
Cuadro 1A	Significancia ($Pr>F$) y parámetros estadísticos del ANDEVA realizado a las variables en los factores estudiados.	43
Cuadro 2A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el diámetro del tallo (cm) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	45
Cuadro 3A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en la población de tallos (cm) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	45
Cuadro 4A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el peso del tallo (kg) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	45
Cuadro 5A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el rendimiento agrícola (Ton ha^{-1}) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	46
Cuadro 6A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el rendimiento industrial (kg Ton^{-1}) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	46
Cuadro 7A	Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el rendimiento agroindustrial (Ton ha^{-1}) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.	46

ANEXOS DE FIGURAS

		Página
Figura 1A	Esquema sobre la aplicación de los niveles efectuada en las parcelas experimentales en el IBZ, Potosí, Rivas.	47
Figura 2A	Esquema y dimensiones del ensayo en donde se muestran de los niveles de cada factor evaluado.	48
Figura 3A	Comportamiento del ahijamiento (densidad poblaciona) en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.	49
Figura 4A	Comportamiento del índice de ahijamiento en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.	49
Figura 5A	Comportamiento del crecimiento aparente en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.	50
Figura 6A	Comportamiento del crecimiento diario aparente en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.	50
Figura 7A	Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento agrícola (Ton ha ⁻¹).	51
Figura 8A	Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento industrial (kg Ton ⁻¹).	52
Figura 9A	Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento agroindustrial (Ton ha ⁻¹).	53

RESUMEN

El presente estudio se realizó en áreas de la finca "San Fernando" perteneciente al Ingenio Benjamin Zeledón (IBZ) de la Compañía Azucarera del Sur (CASUR, S.A.) ubicado en Potosí, departamento de Rivas ($11^{\circ} 05' LN$ y $86^{\circ} 01' LO$, a 70 msnm) con el objetivo de contribuir al incremento del rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar se evaluaron el efecto de niveles de NPK: Nitrógeno (0, 80, 120 y 160 $kg\ ha^{-1}$), Fósforo (0 y 60 $kg\ ha^{-1}$) y Potasio (0, 60, 90 y 120 $kg\ ha^{-1}$) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la variedad C87-51. Los 32 tratamientos fueron distribuidos en un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con arreglo en Parcelas Subdivididas con tres réplicas. Se inició y estableció en la segunda semana de abril del 2003 y se cosechó en marzo del 2004. A los resultados de campo se les aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias (Tukey $\alpha=0.05$) sobre 13 variables cuantitativas. Asimismo, se utilizó un modelo estadístico de tendencia (lineal, cuadrática y cúbica) en el rendimiento agroindustrial para evaluar los niveles de N y K, y modelos de regresión múltiple en rendimiento. Se otuvieron efecto significativo en las variables de desarrollo y rendimiento, en el caso del P su efecto no fue significativo en el rendimiento. El mayor rendimiento agroindustrial se alcanzó en la combinación de 160–0–120 ($9.34\ Ton\ ha^{-1}$) y 160–60–120 ($9.42\ Ton\ ha^{-1}$), y presentó significancia estadística para una respuesta lineal y cúbica en N; para el caso del K la respuesta a los tres modelos establecidos fue significativa, pero con mayor significancia estadística la función lineal. La relación del rendimiento industrial a partir de rendimiento agrícola fue significativa con un ajuste cuadrático determinada por un R^2 de 0.8671.

I. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es una planta originaria de la India (Marengo, 2002). Tiene importancia económica y social, debido a que produce divisas y genera fuentes de empleo (Salgado, 1995); asimismo es catalogado como el cultivo del futuro para emplearse como fuente de energía renovable, de el se obtienen una diversidad de productos como azúcar y alcohol; de los subproductos como el bagazo y la melaza se adquieren la celulosa y el ron, también es utilizada como planta forrajera (Blanco, 1986),

Como cualquier otro cultivo, requiere cantidades adecuadas de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Aguilar, 1981), estos elementos son absorbidos por las raíces como compuesto simple, convirtiéndose dentro de la planta en sustancias más complejas (King, 1968). Los fertilizantes se deben aplicar para suplementar los nutrientes del suelo que han sido removidos por las cosechas anteriores y obtener una buena rentabilidad. El tipo y la cantidad de fertilizantes que se necesitan varían con la fertilidad del suelo y el tonelaje de caña que se desea obtener. El nitrógeno es el nutriente principal de la planta por tanto el más costoso de todos los fertilizantes y debe ser aplicado en dosis adecuadas, puesto que si es muy poco da bajos rendimientos de caña y si es mucho puede ocasionar una baja calidad del jugo (Humbert, 1974).

Según Herrera y Jerez (1997), en la mayoría de los suelos con sistemas de cultivos intensivos el contenido de fósforo y nitrógeno es bajo debido al monocultivo implementado, pero al satisfacer solamente la demanda de estos gradualmente disminuyen las reservas de potasio. La caña de azúcar es un cultivo que si no se le aplican los nutrientes necesarios a lo largo de todo su ciclo conlleva al agotamiento del suelo y conviene tener presente que es mucho más barato mantener una buena fertilidad, que intentar restablecerla después (Fauconnier y Bassereau, 1980).

De igual manera, Barbosa (1990) señala que la caña de azúcar extrae mayores cantidades de potasio del suelo que cualquier otro elemento, seguido en orden el nitrógeno y el fósforo.

Tomando en consideración la problemática anterior, el presente estudio se propone generar información mediante la evaluación de 32 arreglos de tratamientos de caña de azúcar variedad C87-51, teniendo como objetivos los siguientes:

Objetivo general:

- Contribuir al incremento del rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar en el Ingenio Benjamín Zeledón (IBZ) de la Compañía Azucarera del Sur (CASUR S. A.) a través de la evaluación de diferentes niveles de N, P y K sobre la variedad C87-51 caña planta en Potosí, departamento de Rivas.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto principal en los niveles de N, P y K sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar.
- Determinar el efecto de interacción N, P y K sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar.
- Establecer la curva de respuesta en los niveles de N y K sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar.

Según INETER (2004), la precipitación media anual está entre 1400 y 1600 milímetros y, temperatura media anual de 26-27 °C. Las condiciones climáticas ocurridas durante el estudio de campo se reflejan en la Figura 2.

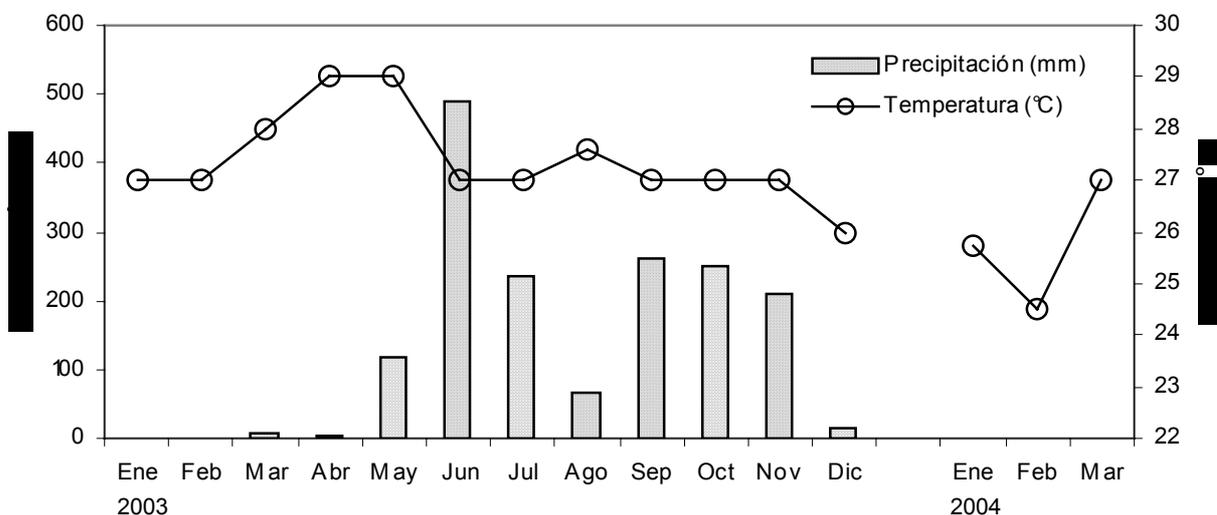


Figura 2. Condiciones climáticas prevalecientes durante el ensayo (INETER, 2004).

Los suelos de la finca presentan una topografía entre 0 y 2 % y pertenecen a la serie "Buenos Aires", son profundos, bien drenados, de origen volcánicos, se encuentra en una franja ancha paralela a la costa del lago de Nicaragua, el perfil representativo de esta serie es el siguiente:

0–15 cm: color pardo muy oscuro, estructura granular fina y acidez neutra.

15–27 cm: color pardo muy oscuro, estructura bloques subangulares finas y muy finas.

27–38 cm: color pardo grisáceo-oscuro, estructura bloques subangulares finas y muy finas.

Los suelos de la serie Buenos Aires tienen permeabilidad moderadamente alta, la zona radicular profunda, el contenido de materia orgánica es moderado, el contenido de potasio es de medio a alto. Estos suelos son usados principalmente para la producción de caña de azúcar de riego, maíz, sorgo y frutales.

En el Cuadro 1, se pueden apreciar las características físicas y químicas del suelo del área experimental de la finca.

Cuadro 1. Propiedades químicas y físicas del suelo en el IBZ, Potosí, Rivas.

Propiedades	Concentración
pH	6.50
Materia orgánica	3.00%
Nitrógeno	0.15 %
Fósforo	13.00 ppm
Potasio	0.70 meq/ 100 g de suelo
Calcio	14.60 meq/ 100 g de suelo
Magnesio	5.10 meq/ 100 g de suelo
Hierro	44.70 ppm
Cobre	9.30 ppm
Zinc	2.00 ppm
Manganeso	4.70 ppm

Según los rangos propuestos por el Laboratorio de Suelos y Aguas de la UNA (2004), los resultados del Cuadro 1 se pueden interpretar de la siguiente manera: pH ligeramente ácido, materia orgánica (MO) media, nitrógeno (N) medio - alto, fósforo (P) alto, potasio (K) alto, calcio (Ca) alto, magnesio (Mg) alto, hierro (Fe) bajo, cobre (Cu) muy alto, zinc (Zn) bajo, manganeso (Mn) muy bajo y suelo franco-arcilloso.

2.2 Material genético empleado

En el Cuadro 2 se presenta las características de la variedad de caña de azúcar C87-51, dicho clon es de origen cubano y ostenta algunas peculiaridades de producción de interés al IBZ.

Cuadro 2. Características de la variedad C87-51 evaluada en el IBZ, Potosí, Rivas.

Características	Descripción
Origen	Estación Experimental de la Caña de Jovellanos
Tipo de Madurez	De todo tiempo
Hábito de crecimiento	Erecto
Germinación	Mayor o igual al 50%
Ahijamiento	Mayor a los 60 dds, 10-12 tallos
Color del tallo	Violeta claro
Forma del canuto	Conoidal casi cilíndrico
Altura promedio	3 metros
Floración	Escasa
Rendimiento Industrial	210-215 Lbs Ton ⁻¹ .

2.3 Descripción del experimento y tratamientos

Se empleó un diseño en Bloques Completamente al Azar (BCA) en arreglo de Parcelas Subdivididas establecidos en tres réplicas, donde la separación de éstas fue de dos metros. El arreglo de los tratamientos, así como su distribución se presentan en Anexos (Figuras 1A y 2A). Se estudiaron cuatro niveles de fertilización nitrogenada (Urea 46%), dos de Fósforo (P_2O_5) y cuatro de Potasio (KCl) en la variedad C87-51. Las dosis de cada factor evaluado se estudiaron con la siguiente precisión: el factor A (Fósforo) con la menor precisión (parcela grande), el factor B (Potasio) con precisión intermedia (parcela secundaria), y el factor C (nitrógeno) con la mayor precisión (sub-parcela). El ensayo quedó conformado como un experimento trifactorial en el cual se evaluaron un total de 32 tratamientos obtenidos de los niveles de cada factor en estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de los factores y niveles evaluados en el IBZ, Potosí, Rivas.

	Factor A P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Factor B KCl (kg ha ⁻¹)	Factor C Urea 46% (kg ha ⁻¹)
Nivel	a ₁ . 0	b ₁ . 0	c ₁ . 0
	a ₂ . 60	b ₂ . 60	c ₂ . 80
		b ₃ . 90	c ₃ . 120
		b ₄ . 120	c ₄ . 160

Los 32 tratamientos fueron distribuidos y anidados en sub-subparcelas en cada bloque de acuerdo al Diseño de Parcelas Sub-divididas utilizada por Martínez (1988) y Pimentel (1990) en experimentos de caña de azúcar. En experimentos establecidos por el Departamento de Experimentación del Ingenio Benjamín Zeledón (IBZ), se ha llegado a concluir que el suelo es casi homogéneo en base a análisis de suelo y experimentos desarrollados.

En cada parcela experimental se establecieron seis surcos a una distancia de 1.4 m y 20 m de longitud, de los cuales los cuatro centrales sirvieron como parcela útil y dejando dos metros en cada extremo de los surcos como área de borde con dos surcos. En el Cuadro 4 se describe las dimensiones del área experimental.

Para el establecimiento del ensayo se trazaron 48 surcos de Oeste a Este con el empleo de maquinaria. Las dimensiones del área experimental se muestran en el Cuadro 4 y Anexos (Figura 1A y 2A).

Cuadro 4. Dimensiones de las parcelas experimentales

Área de Componente	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Ensayo total (3 bloques)	262.0	67.2	17,606.4
Bloque	86.0	67.2	5,779.2
Parcela experimental	20.0	8.4	168.0
Parcela Útil	16.0	5.6	89.6

2.4 Variables de crecimiento y desarrollo

Las variables utilizadas fueron recopiladas de Palacios y Peña (1994), y se midieron en la parcela útil. Dichos descriptores fueron evaluados en período de crecimiento, desarrollo y cosecha. Para la medición de las variables se utilizaron los siguientes materiales: cinta métrica, bernier, spry para marcación de plantas,

mecate, machete, básculas, y equipo de transporte, entre otros. A continuación se presentan las variables evaluadas.

2.4.1 Variables evaluadas antes de la cosecha

Brotación

Se evaluó a los 30 días después de la siembra (dds), y fue contabilizado el total de plantas por parcela experimental, con ello se calculó el porcentaje de brotación a través de la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Brotación} = \frac{\text{Yemas Brotadas}}{\text{Yemas Plantadas}} \times 100$$

Ahijamiento o densidad poblacional

Se realizó un conteo cada 15 días a partir de los 45 dds, contando el total de plantas en los cuatro surcos centrales de parcela útil de cada tratamiento. Esta variable midió el ahijamiento y se expresó en plantas por metro lineal y se calculó como la relación entre el total de plantas y el total de metros lineales.

Índice de ahijamiento

Se calculó dividiendo las plantas por metro lineal obtenidas en cada muestreo entre el número de plantas por metro lineal muestreadas a los 30 dds, esto reflejó la cantidad de hijos producidos.

Altura de tallo

Fue medida en cm desde la base de la planta hasta el primer “dewlap” o cuello visible. Para ello se seleccionaron, de los dos surcos centrales de cada parcela útil 10 plantas seleccionadas al azar. Esta medición se realizó cada 15 días a partir de los 90 dds y siempre a las mismas plantas marcadas. La altura promedio se obtuvo del total de plantas en la parcela útil de cada tratamiento.

Crecimiento diario aparente

Por diferencia se calculó a partir del recuento de la altura posterior y una medición anterior, dividiendo el resultado entre el número de días transcurrido entre las dos mediciones.

2.4.2 Variables de rendimiento

Población de tallos molibles

Se contaron todos los tallos molibles en cada uno de los surcos de cada parcela útil en todos los tratamientos y se expresó en tallos molibles por unidad de área.

Diámetro de tallo

Medido al momento de la cosecha seleccionado al azar, tomándose 10 tallos de los cuatro surcos de cada parcela útil y se expresó en cm.

Altura de tallos molibles

Se midió en cm al momento de la cosecha, seleccionando al azar 10 tallos de los cuatro surcos de la parcela útil, considerando únicamente la altura de cosecha desde la base hasta el primer “dewlap” o cuello visible.

Peso promedio de tallos molibles

Esta variable como componente del rendimiento agrícola fue calculada al momento de la cosecha pesando todos los tallos de cada parcela útil expresado en kg por tallo.

Rendimiento agrícola

Se pesaron todos los tallos molibles de cada parcela útil en todos los bloques del ensayo. El rendimiento agrícola se expresó en toneladas de caña por hectárea.

Rendimiento industrial

Una semana antes de la cosecha se procedió a tomar una muestra al azar compuesta de 10 tallos molibles de cada parcela útil. Posteriormente fueron enviadas al laboratorio del IBZ para análisis de grados brix, sacarosa y pureza. El rendimiento industrial fue expresado en kilogramos de azúcar por tonelada de caña, y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Kg. de Azúcar/Ton. de caña} = \frac{(\% \text{Sacarosa} * \text{FE}) - (\text{PT})}{0.96} \times 9.09$$

Donde:

FE = Factor de extracción del molino
PT = Pérdidas totales de la fábrica

Rendimiento agroindustrial

Es el producto del rendimiento industrial por el rendimiento agrícola, dividido entre 1000 kg expresado en toneladas de azúcar por unidad de área la cual se expresa en la siguiente fórmula:

$$\text{Ton. de Azúcar/ha} = \frac{\text{Rendimiento Agrícola} * \text{Rendimiento Industrial}}{1000}$$

2.5 Manejo agrícola

En el experimento se realizaron las siguientes labores agrícolas:

2.5.1 Preparación del terreno

Consistió en dos pases de gradas pesadas a intervalos de 15 días, un pase de grada media 15 días después, un pase de grada fina a los 15 días, y un día

después el surcado. Momentos antes de la siembra se aplicó al fondo del surco el insecticida-nematicida Terbufos 10G a razón de 20 kg ha⁻¹.

2.5.2 Siembra

La siembra se realizó de forma manual colocando 67 trozos (de tres yemas cada uno) de la variedad C87-51 por surco, obtenida de plantaciones sanas de 8 meses de edad.

2.5.3 Fertilización y control de malezas

La fertilización nitrogenada en las diferentes dosis fue aplicada a los 0, 45 y 75 dds. El Fósforo se aplicó en la siembra con el objetivo de suministrar a la planta al momento de la brotación de yemas. El Potasio se aplicó el 50% al momento de la siembra y el restante junto con el Nitrógeno a los 75 dds.

El control de malezas se realizó de forma mecánica (machete) entre los 15 y 120 dds.

2.5.4 Riego y cosecha

Las aplicaciones de riego por gravedad se iniciaron una semana antes de la siembra, posteriormente se regó a intervalos de 10 días y en los meses de invierno (mayo-octubre) de manera ocasional, este se suspendió un mes antes de la cosecha.

La recolecta de tallos molibles durante cosecha se realizó de forma manual, y no se efectuó quema, el día 22 de marzo del 2004.

2.6.-Análisis estadístico

La base de datos fue manejada en hojas electrónicas (Excel) y fueron procesadas y analizada con SPSS (v. 13.1) y SAS (v. 8.0). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) sobre las variables de crecimiento, desarrollo y de rendimiento,, estableciéndose el siguiente Modelo Aditivo lineal (Martínez, 1988 y Pimentel, 1990).

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \tau_j + (\beta\tau)_{ij} + \alpha_k + (\tau\alpha)_{jk} + (\beta\tau\alpha)_{ijk} + \delta_l + (\tau\delta)_{jl} + (\alpha\delta)_{kl} + (\tau\alpha\delta)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

De donde:

Y_{ijkl}	Es cada una de las observaciones medidas en los distintos tratamientos
μ	Es el efecto de la media poblacional
β_i	Es el efecto del i-ésimo bloque
τ_j	Es el efecto de la j-ésima nivel de Fósforo
$(\beta\tau)_{ij}$	Es la varianza del error para evaluar la parcela principal
α_k	Es el efecto del k-ésimo nivel de Potasio
$(\tau\alpha)_{jk}$	Es el efecto de j-ésima nivel de Fósforo y el k-ésimo nivel de Potasio
$(\beta\tau\alpha)_{ijk}$	Es la varianza del error para evaluar la parcela secundaria
δ_l	Es el efecto del l-ésimo nivel de Nitrógeno
$(\tau\delta)_{jl}$	Es el efecto de la j-ésima nivel de Fósforo y el l-ésimo nivel de Nitrógeno
$(\alpha\delta)_{kl}$	Es el efecto del k-ésimo nivel de Potasio y el l-ésimo nivel de Nitrógeno
$(\tau\alpha\delta)_{jkl}$	Es el efecto de la j-ésima nivel de Fósforo, del k-ésimo nivel de Potasio y el l-ésimo nivel de Nitrógeno
ε_{ijkl}	Es la varianza del error para evaluar la sub-parcela

Con el objetivo de determinar las categorías estadísticas entre los tratamientos fue realizado el procedimiento de separación de medias a través de la prueba de rangos múltiples de Tukey con un 95% de confianza ($\alpha = 0.05$) y se determinó el criterio de comparación o mínima diferencia estadística (DSH), tanto en los efectos principales como en las interacciones. Así mismo, se utilizó un modelo estadístico para determinar la significancia estadística de respuesta en los rendimientos agrícola, industrial y agroindustrial para los niveles de N y K. Por medio del método de los mínimos cuadrados se determinó el efecto de regresión en el modelo lineal, cuadrático y cúbico.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + e$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + e$$

De igual manera, se determinaron modelos de regresión múltiple con la metodología de Steel & Torrie (1989), teniendo como variables dependientes a los rendimientos, y como variables independientes los efectos lineales, cuadráticos y cúbicos, y las interacciones N*P, N*K, P*K.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Significancia estadística en variables de crecimiento y desarrollo

3.1.1 Brotación

Aunque el efecto de la nutrición del nitrógeno es primordial en la germinación y crecimiento, no es el único nutriente que está estrechamente vinculada a la germinación. Hay que tener presente que la nutrición general de la planta debe estar a un alto nivel para asegurar la germinación uniforme y el subsiguiente crecimiento satisfactorio (King, 1968). La germinación constituye un periodo crítico en la vida de la caña; la buena germinación significa un buen comienzo y aporta las bases para una cosecha segura (Dillewijn, 1952).

El análisis de varianza demostró que hubo diferencia significativa para el factor P. y diferencia altamente significativa para K y N, mientras tanto en la interacción de cada uno de ellos no se encontró significancia estadística (Cuadro 1A).

Vara y Alcolea (1983), afirman que el Fósforo es un elemento indispensable para la planta, al igual que el Nitrógeno está relacionado estrechamente a todos los procesos vitales del crecimiento de las plantas. La germinación de las semillas no es posible sin la intervención del Fósforo, al igual que el desarrollo del sistema radicular. Según King (1968), el Fósforo es importante después de la germinación, una disponibilidad adecuada en el suelo, estimula el desarrollo rápido de la raíz, asegura el desarrollo más efectivo de los retoños primarios, mejora el ahijamiento de la caña planta y es imprescindible para la formación de un sistema radicular fuerte y vigoroso.

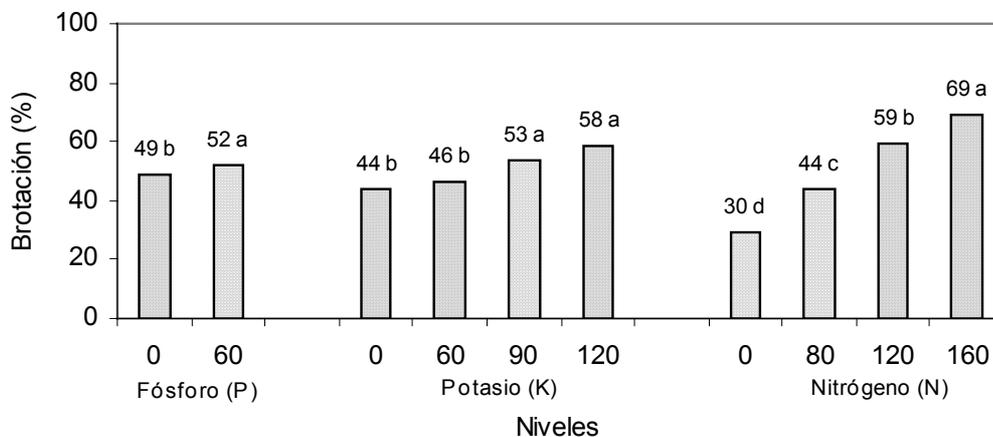


Figura 3. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable brotación.

Los valores medios encontrados reflejan que existe respuesta significativa en todos sus niveles para el factor P y N, siendo superior la dosis 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 160 kg ha⁻¹ de N; por el contrario para el factor K no se encontró efecto significativo en los niveles 90 y 120 kg ha⁻¹, 0 y 60 kg ha⁻¹ (Figura 3).

Estudios realizados por Argüello y Berrios (1998), afirman que al aumentar las dosis de nitrógeno aumenta el porcentaje de germinación, ellos recomiendan aplicar 150, 60 y 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Por otro lado, Aguilar (1982) recomienda aplicar 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ al momento de la siembra.

El valor óptimo de la brotación de yema tiende a ser de un 60%, debido a la gran cantidad de factores concurrentes normalmente sólo se obtiene este porcentaje en cualquier tallo (González, 1983). En el presente estudio, los valores antes mencionados fueron superados por los promedios de los efectos principales en N de 160 kg ha⁻¹ (Figura 3).

3.1.2 Ahijamiento o densidad poblacional

En la caña de azúcar, 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).

En estudios realizados por Humbert (1974), las características de la población de tallos fueron afectados por el abastecimiento del nitrógeno. Las más altas dosis produjeron una población más densa, pero fueron también la causa de más alta mortalidad de los tallos primarios y más grande incidencia de los hijuelos.

De acuerdo al ANDEVA (Anexo, Cuadro 1A), se encontraron diferencias altamente significativas ($Pr=0.001$) para los niveles de N y K en todas las evaluaciones. Las evaluaciones realizadas a los 60, 75, 90, 135, 150 y 165 dds tuvieron efecto significativo en los niveles de P. De igual manera, existieron algunas interacciones significativas, tales es el caso de P*K (75 dds), N*P (75 y 150 dds), K*N (90, 105, 135 y 150 dds), y N*P*K (75 y 150 dds).

Según Aguilar (1981), Núñez et al. (1985) y, Herrera y Jerez (1997), las aplicaciones cada vez mayores de Nitrógeno aumentan permanentemente el número de vástagos, hasta llegar a un número óptimo, después del cual las aplicaciones adicionales de Nitrógeno no sufren efecto alguno. El Fósforo favorece el ahijamiento y aumenta en parte la producción de tallos. Por otro lado, los abonos fosforados estimulan el crecimiento radicular y el macollamiento en el establecimiento de la plantación. En cuanto al potasio, la caña extrae grandes cantidades si se aplican adecuadamente, contrarrestando así, los efectos adversos de un exceso de Nitrógeno en el rendimiento azucarero sobre el rendimiento agroindustrial.

Cuadro 5. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable ahijamiento en 9 momentos de evaluación.

		Momentos de evaluación (dds)								
		45	60	75	90	105	120	135	150	165
P	0	4.89 a	8.39 b	11.92 b	12.46 b	15.00 a	16.13 a	15.79 b	16.27 b	14.92 b
	60	5.10 a	8.89 a	12.50 a	13.25 a	15.42 a	16.33 a	16.15 a	16.67 a	15.25 a
	DSH	0.474	0.153	0.323	0.237	0.883	0.448	0.179	0.179	0.237
K	0	4.75 b	7.83 c	11.87 b	12.46 b	14.42 b	15.83 a	15.67 b	16.17 b	14.67 b
	60	5.00 ab	8.37 b	12.12 ab	12.79 ab	15.42 a	16.25 a	15.71 b	16.25 b	14.96 b
	90	5.08 ab	8.71 b	12.29 ab	12.88 ab	15.42 a	16.41 a	15.87 b	16.37 ab	15.00 b
	120	5.17 a	9.67 a	15.54 a	13.29 a	15.58 a	16.42 a	16.62 a	17.08 a	15.71 a
DSH	0.410	0.537	0.625	0.576	0.773	0.599	0.670	0.735	0.585	
N	0	4.46 c	7.46 c	10.21 d	11.21 c	13.54 c	15.37 b	15.17 b	16.04 b	14.67 b
	80	4.87 bc	8.75 b	11.92 c	12.83 b	15.21 b	16.42 a	16.13 a	16.63 a	15.17 a
	120	5.21 ab	8.75 b	13.17 b	13.50 a	15.87 a	16.54 a	16.17 a	16.62 a	15.21 a
	160	5.46 a	9.63 a	13.54 a	13.87 a	16.21 a	16.58 a	16.42 a	16.58 a	15.29 a
DSH	0.483	0.494	0.373	0.412	0.384	0.345	0.415	0.351	0.409	

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\infty = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

Al analizar este parámetro el factor P (Cuadro 5) para los 45, 105 y 120 dds no se encontró diferencia estadística, en cambio en los 60 a 90 dds y de 135 a 165 dds, reflejando diferencia significativa, siendo superior la dosis 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ con 16.67. En cambio para el factor K no se encontró efecto significativo a los 120 dds, y el resto de mediciones hubo significancia estadística superando la dosis 120 kg ha⁻¹ K₂O. En los niveles del factor N se encontró efecto significativo a los 45, 60 y 75 dds El mayor índice de ahijamiento se presentó a los 150 dds en los factores K y N.

Estudios realizados por Dillewijn (1952), indican 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

proporcionan efecto alguno. Por otro lado, INCA (1989), citado por Mendoza y Cardoza (1998), afirma que el nitrógeno juega un papel importante en el aumento de la producción de caña que 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.

Fernández et al. (1983), citado por Argüello y Berrios (1998), afirman que la población de tallos en un cañaveral se acentúa durante las primeras etapas de desarrollo y disminuye considerablemente, cuando la plantación produce una suficiente cantidad de hijos y en consecuencia se cubre el cañaveral. Tan pronto ocurre esto, se produce la inhibición del ahijamiento.

En la Figura 3A se puede observar el comportamiento presentado por el ahijamiento (densidad poblacional) en los 32 tratamientos en los nueve momentos evaluados.

Para el factor N el análisis demostró que en todas las mediciones se obtuvo diferencia altamente significativa ($Pr=0.001$), mientras en los niveles del factor K solamente a los 45 dds no se encontró efecto. En la interacción P*K se encontró efecto significativo a los 75 dds y en el resto de las tomas de datos no hubo diferencia estadística. En la interacción de N*P*K donde hubo diferencias altamente significativa a los 75 y 150 dds, y en el resto de las tomas de datos no se encontró efecto significativo (Anexo, Cuadro 1A).

3.1.3 Índice de ahijamiento

El índice de ahijamiento es una característica beneficiosa para cualquier variedad, ya que 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 de azúcar por unidad de superficie (Herrera y Jerez, 1997). El macollamiento es

muy importante porque dota a las plantas del número apropiado de tallos que se requieren para un buen rendimiento (Dillewijn, 1952; Argüello y Berrios, 1998).

El factor P presentó efecto significativo ($Pr=0.001$) solamente a los 105, 120 y 165 dds. De igual manera, el factor K no obtuvo significancia estadística a los 45 dds, mientras tanto a los 60 dds hubo diferencia significativa. En general, las mediciones del factor N fueron altamente significativa ($Pr=0.001$), por el contrario para la interacción P*K todas las tomas de datos no tuvieron efecto ($Pr>0.05$). Por el contrario la combinación N*P solamente fue significativa a los 75 y 90 dds (Anexo, Cuadro 1A).

El factor P en sus evaluaciones no resultaron significativas, exceptuando a los 165 dds donde se encontró efecto significativo, siendo superior la dosis 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 con 3.49, en cambio el factor K a los 45 dds no se encontró efecto significativo, en el resto de las tomas de datos si hubo diferencia estadística siendo superior la dosis 60 kg ha^{-1} de K_2O con 4.04, por el contrario el factor N en todas sus tomas de datos se encontró significancia estadística siendo superior la dosis 0 kg ha^{-1} de N con 5.41, para los factores antes mencionados se presentó el mayor índice de ahijamiento a los 150 dds (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable índice de ahijamiento en 9 momentos de evaluación.

		Momentos de evaluación (dds)								
		45	60	75	90	105	120	135	150	165
P	0	1.14 a	1.88 a	2.72 a	2.85 a	3.44 a	3.77 a	3.69 a	3.82 a	3.49 a
	60	1.06 a	1.81 a	2.54 a	2.72 a	3.16 a	3.40 a	3.36 a	3.49 a	3.19 b
DSH		0.089	0.117	0.223	0.284	0.134	0.28	0.395	0.351	0.291
K	0	1.11 a	1.84 ab	2.81 ab	2.96 ab	3.39 ab	3.85 ab	3.82 ab	3.97 ab	3.60 ab
	60	1.24 a	1.72 b	2.92 a	3.11 a	3.78 a	4.03 a	3.88 a	4.04 a	3.72 a
	90	1.02 a	1.72 b	2.43 bc	2.57 bc	3.08 b	3.33 bc	3.20 b	3.33 bc	3.05 b
	120	1.02 a	1.83 ab	2.37 c	2.50 c	2.95 b	3.13 c	3.18 b	3.28 c	3.00 b
DSH		0.281	0.234	0.416	0.399	0.566	0.587	0.652	0.661	0.604
N	0	1.51 a	2.46 a	3.42 a	3.77 a	4.57 a	5.21 a	5.11 a	5.41 a	4.96 a
	80	1.14 b	2.04 b	2.84 b	3.00 b	3.51 b	3.87 b	3.79 b	3.89 b	3.56 b
	120	0.90 c	1.49 c	2.28 c	2.33 c	2.74 c	2.87 c	2.81 c	2.89 c	2.63 c
	160	0.84 c	1.40 c	1.98 c	2.04 c	2.38 c	2.41 c	2.38 c	2.41 c	2.21 c
DSH		0.243	0.261	0.372	0.408	0.563	0.622	0.581	0.605	0.58

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\infty = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

Se puede observar en el Cuadro 7, que la tendencia a disminuir el ahijamiento con aplicaciones mayores de N, P y K a partir de los 120 dds, obedece a que el cultivo ya ha producido los vástagos suficientes, y el espacio entre hilera se redujo. Esto concuerda con lo planteado por Argüello y Berrios (1998).

En Anexo (Figura 4A) se presenta la tendencia presentada por el índice de ahijamiento en los 32 tratamientos en los nueve momentos evaluados.

3.1.4 Crecimiento aparente (altura)

La longitud alcanzada por los tallos es fundamental en todo cañaveral durante el período de crecimiento, ya que influye directamente en el rendimiento agrícola (Mendoza y Cardoza, 1998).

En Anexo (Figura 5A) se muestra la respuesta presentada por el crecimiento aparente (altura) en los 32 tratamientos en los quince momentos evaluados.

El análisis estadístico refleja que para el factor K y P no existió diferencia significativa en las mediciones (con excepción del P a los 180 dds), El factor N presentó significativo desde los 90 dds hasta los 150 dds (Anexo, Cuadro 1A).

Para las combinaciones P*K y K*N no existió diferencia significativa, por el contrario N*P presentó efecto significativo a partir de los 210 dds. La interacción N*P*K sólo fue significativa durante los 90 dds y 150 dds (Cuadro 1A). Según Dillewijn (1952), el ritmo de elongación de la caña aumenta conforme se acrecienta la frecuencia o proporción de aplicación de nitrógeno hasta alcanzar el suministro óptimo. En los valores medios obtenidos para el factor P y K no determinaron efecto en ninguno de sus niveles; por el contrario, el factor N obtuvo diferencias significativas desde los 90 hasta los 150 dds y 285 dds (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales sobre la variable crecimiento aparente (cm) en 15 momentos de evaluación.

		Momentos de evaluación (dds)														
		90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270	285	300
P	0	28.39	53.79	70.95	92.24	113.30	127.23	136.38	155.39	173.33	191.21	207.19	228.99	243.88	252.94	261.97
	60	30.83	58.43	77.07	100.19	123.30	136.99	149.09	164.84	181.09	197.29	210.40	231.98	244.29	255.44	266.56
DSH		3.737	7.076	9.278	12.100	14.889	19.316	12.694	17.464	21.595	26.096	22.059	22.170	19.278	20.212	23.404
K	0	29.59	56.08	73.96	96.16	118.34	131.07	142.73	158.45	175.08	191.65	205.81	227.46	240.53	251.26	261.93
	60	30.08	57.02	75.20	97.76	120.31	135.63	145.88	164.36	181.40	198.40	212.07	233.63	246.44	256.05	265.63
	90	30.28	57.35	75.64	98.34	121.03	132.55	142.91	160.49	177.89	195.23	211.37	233.61	248.64	257.62	266.56
	120	28.50	54.01	71.24	92.60	113.97	129.20	139.41	157.15	174.48	191.73	205.93	227.23	240.71	251.84	262.92
DSH		2.091	3.933	5.193	6.735	8.307	8.758	10.370	13.944	11.596	10.421	9.703	11.459	10.864	9.067	8.503
N	0	30.11 a	57.06 a	75.26 a	97.73 a	120.41 a	132.83	144.35	153.85 b	168.48 b	183.06 b	193.63 b	213.63 b	223.55 b	232.69 c	241.79 b
	80	29.62 ab	56.12 ab	74.04 ab	96.24 ab	118.44 ab	133.19	144.91	163.15 a	181.55 a	199.89 a	216.41 a	239.18 a	254.55 a	265.31 a	276.02 a
	120	29.93 ab	56.72 ab	74.81 ab	97.26 ab	119.68 ab	131.51	140.60	162.46 a	179.42 a	196.33 a	213.43 a	235.89 a	251.86 a	261.39 ab	270.88 a
	160	28.79 b	54.56 b	71.94 b	93.53 b	115.11 b	130.92	141.07	160.99 ab	179.39 a	197.73 a	211.72 a	233.23 a	246.35 a	257.38 b	268.35 a
DSH		1.236	2.344	3.105	4.029	4.961	6.165	7.174	7.975	7.29	7.294	6.998	7.392	8.369	7.878	8.432

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

3.1.5 Crecimiento diario aparente

El desarrollo comienza muy lentamente y aumenta gradualmente hasta alcanzar un máximo, y a su vez es seguido de una disminución gradual. La tendencia normal de la longitud de los entrenados, está asociada con un período de crecimiento, lo que significa que el ritmo de elongación o alargamiento aumenta hasta llegar a un máximo después del cual comienza a declinar (González, 1983). Estas aseveraciones concuerdan con las presentadas en Anexo (Figura 6A) al graficarse el comportamiento del crecimiento diario aparente acumulado.

El análisis estadístico demostró que no existe efecto significativo para el factor P, pero en el factor K hubo significancia estadística en los 150, 225 y 255 dds, por el contrario para en el factor N no se encontró efecto significativo a los 150, 165 y 270 dds. La interacción P*K no presentó efecto significativo, mientras en la combinación N*P durante los 90 hasta los 180 dds, exceptuando los 240 y 270 dds (Anexo, Cuadro 1A).

Cuadro 8. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable crecimiento diario aparente (cm) en 13 momentos de evaluación.

		Momentos de evaluación (dds)												
		90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255	270
P	0	1.69	1.14	1.42	1.42	0.91	0.61	1.27	1.19	1.19	1.06	1.45	0.99	0.60
	60	1.84	1.24	1.54	1.54	0.91	0.81	1.05	1.08	1.08	0.87	1.44	0.82	0.74
DSH		0.222	0.145	0.185	0.185	0.322	0.573	0.396	0.349	0.349	0.269	0.066	0.193	0.479
K	0	1.77	1.19	1.48	1.48	0.85 ab	0.78	1.05	1.10	1.10	0.94 ab	1.44	0.87 ab	0.71
	60	1.79	1.21	1.50	1.50	1.02 a	0.68	1.23	1.13	1.14	0.91 b	1.43	0.85 b	0.64
	90	1.80	1.22	1.51	1.51	0.77 b	0.69	1.17	1.16	1.16	1.08 a	1.48	1.00 a	0.60
	120	1.70	1.14	1.42	1.42	1.01 a	0.68	1.18	1.15	1.15	0.94 ab	1.42	0.90 ab	0.74
	DSH		0.124	0.084	0.103	0.103	0.236	0.457	0.721	0.273	0.273	0.139	0.145	0.133
N	0	1.80 a	1.21 a	1.51 a	1.51 a	0.83	0.77	0.63 b	0.97 b	0.97 b	0.70 c	1.33 b	0.66 c	0.61
	80	1.77 ab	1.19 ab	1.48 ab	1.48 ab	0.98	0.78	1.22 a	1.22 a	1.22 a	1.10 ab	1.52 a	1.02 ab	0.72
	120	1.79 ab	1.21 ab	1.49 ab	1.49 ab	0.79	0.61	1.46 a	1.13 a	1.13 a	1.14 a	1.50 a	1.06 a	0.63
	160	1.72 b	1.16 b	1.44 b	1.44 b	1.05	0.68	1.33 a	1.22 a	1.22 a	0.93 b	1.43 ab	0.88 b	0.73
	DSH		0.074	0.049	0.062	0.062	0.369	0.302	0.429	0.153	0.153	0.197	0.103	0.188

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

Los valores medios obtenidos para el factor P no se encontró efecto significativo en todas sus tomas de datos, en cambio para el factor K para los 225 y 255 dds se encontró diferencia estadística siendo superior la dosis 90 kg ha⁻¹ de K₂O a los 150 dds, por el contrario para los 150 dds no se encontró significancia estadística para las dosis 60 y 120 kg ha⁻¹ de K₂O, encontrándose diferencia estadística para el resto de sus dosis, en cambio para el resto de sus tomas de datos no difieren estadísticamente. Para el factor N de los 90 hasta los 135, 225 y 255 dds respectivamente se encontró efecto significativo, en cambio para los 150, 165 y 270 dds no se encontró significancia estadística (Cuadro 8).

3.2 Variables de rendimiento

3.2.1 Población de tallos cosechados

Tiene una relación directa con el rendimiento agrícola de la caña de azúcar tal es el caso que en la medida que se obtengan alta poblaciones de tallos por hectáreas, de esa forma mejora y aumentan las toneladas de cañas por hectáreas (Argüello y Berrios, 1998). Estudios realizados por Rivera y Barbosa (1989), demuestran que la población final de tallos por hectárea se incrementa principalmente con la aplicación de nitrógeno.

Para una producción de tallos molibles esta se encuentra influenciada positivamente por las aplicaciones de nitrógeno alcanzándose la mayor producción con la dosis de 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno, mientras que las aplicaciones de fósforo y Potasio no parecen provocar ninguna influencia significativa (Rivera y Barbosa, 1989) e INCA (1989), citado por Argüello y Berrios (1998),

Según el ANDEVA, las dosis de P, K y N tuvieron efecto significativo en el número de tallos cosechados (Anexo, Cuadro 1A).

En el Cuadro 9, se aprecian diferencias estadísticas en todos sus niveles para el factor P, siendo superior la dosis 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 con 101,773.5 tallos por hectárea, en cambio el factor K tuvo efecto significativo en la dosis 120 kg ha^{-1} de K_2O donde se obtuvo una población de 105,047 tallos por hectárea, con respecto a los niveles 0, 60 y 90 kg ha^{-1} de K_2O tuvieron similar efecto significativo. Los valores promedios y la significancia estadística de las interacciones P*K, P*N y N*K se presenta en el Anexo (Cuadro 3A).

3.2.2 Diámetro del tallo

Según Humbert (1974), el diámetro del tallo es una característica inherente a la variedad, la caña planta tiene tallos de diámetros mas gruesos que las socas. Las condiciones de desarrollo adversas tienen un mayor impacto en las longitud de los entrenudos que en el diámetro de los tallos de caña, siendo este un carácter meramente varietal es importante tomarse en cuenta esta características a la hora de seleccionarse la variedad debido a la intervención que este tiene en el rendimiento final (Herrera y Jerez, 1997).

El ANDEVA demostró que para el factor P y las combinaciones N*P; K*N y N*K*P, el efecto no fue significativo; por el contrario el factor K y N, y la combinación P*K existió efecto significativo (Cuadro 1A). En el factor P no hubo diferencia estadística en ninguno de sus niveles, en cambio para el factor K y N hay diferencias significativas, presentando los mayores promedios las dosis más altas (Cuadro 9). Los valores promedios y la significancia estadística de las interacciones P*K, P*N y N*K se presenta en el Cuadro 2A.

Cuadro 9. Comparación de valores medios en los niveles de los efectos principales en la variable diámetro del tallo, población de tallos y peso de tallos.

	Niveles (Kg ha ⁻¹)	Población (tallos ha ⁻¹)	Diámetro (cm)	Peso tallos (kg tallo)
P	0	99392.8 b	2.59 a	1.04 a
	60			
DSH	0	101773.50 a	2.56 a	1.06 a
	60	1693.8	0.197	0.048
K	0	97607.00 b	2.52 b	0.97 c
	60			
DSH	0	99690.00 b	2.57 ab	1.00 c
	90	99988.00 b	2.51 b	1.08 b
N	120	105047.00 a	2.71 a	1.15 a
	160	4175	0.162	0.062
DSH	0	97607.00 b	2.48 b	0.79 c
	80			
N	120	101178.00 a	2.53 b	1.06 b
	160	101476.00 a	2.53 b	1.15 ab
DSH	120	102071.00 a	2.76 a	1.19 a
	160	2927.8	0.162	0.109

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

3.2.3 Altura de tallos cosechables

Como componente del rendimiento agrícola, es una de las características más importantes, ya que al aumentar altura hay mayor espacio de almacenamiento de polisacáridos (Dillewijn, 1952). La altura está determinada por el período de crecimiento (Argüello y Berrios, 1998).

El Cuadro 7 presenta los efectos principales en la altura de tallos, de estos la medición realizada a los 300 dds es la indicada para su interpretación. Los valores medios obtenidos para el factor P y K no determinaron efecto significativo en sus

niveles. En cambio los obtenidos en las dosis de P y K aumentar relativamente con las dosis más altas; mientras tanto, los niveles del factor N fueron significativos, obteniendo el menor valor la cero aplicación de N, y una respuesta no lineal para las otras aplicaciones de N.

CENICAÑA (1995), citado por Argüello y Berrios (1998), concuerda que en general la longitud de los tallos y la producción de caña de azúcar están relacionadas directamente con las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo.

3.2.4 Peso promedio de los tallos

Las proporciones de peso de los tallos varían de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, fertilización, riego, etc.; sin embargo, algunos valores de referencia general pueden ser: agua (73-76%), sacarosa (8-15%) y fibra (11-16%). La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña (FONAIAP, 1981).

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 (Herrera y Jerez, 1997).

El ANDEVA del Anexo (Cuadro 1A) demostró que no hay diferencia significativa para el factor P y las interacciones N*P y N*P*K. Los factores N, K y las interacciones K*N y P*K tuvieron diferencias altamente significativa ($Pr=0.001$).

Estudios realizados por Fauconnier y Bausserieu (1980), afirman 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.

Los valores medios alcanzados para los niveles del factor P demostraron que no hubieron diferencias estadísticas en las dosis 0 y 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, presenta promedios entre 1.04 y 1.06 kg por tallo, respectivamente. En cambio los niveles del factor K mostraron efecto significativo, siendo superior la dosis 120 kg ha⁻¹ de K₂O con un peso promedio de 1.15 kg por tallo, excepto en los niveles 0 y 60 kg ha⁻¹ K₂O, respectivamente; por el contrario, los niveles de N tuvieron efecto significativo para todos sus niveles, siendo superior la dosis 160 kg ha⁻¹ de N con un peso promedio de 1.19 kg por tallo (Cuadro 10). Los valores promedios y la significancia estadística de las interacciones P*K, P*N y N*K se presenta en el Cuadro 4A.

3.2.5 Rendimiento agrícola

El rendimiento agrícola es el peso total de tallos cosechados, el cual se expresa en toneladas de caña por hectárea, y está función directa de la cantidad de tallos presentes, la altura y el diámetro de estos (Herrera y Jerez, 1997).

El ANDEVA demostró que para el factor P y las interacciones P*K, N*P y P*K*N no existe diferencia significativa, en cambio para los niveles de K y N se encontró diferencia altamente significativa, mientras para la interacción K*N su efecto fue significativo (Anexo, Cuadro 1A).

Uno de los resultados con respecto al análisis agrícola es que al aumentar la dosis de Nitrógeno de 120 a 160 kg ha⁻¹ también aumenta el rendimiento agrícola. En estudios por Barbosa (1990), se reporta que al aumentar la dosis de 0 hasta 279 kg ha⁻¹ de N, no es perjudicial para la altura, ni para el diámetro ya que dichas variables son muy importantes para evaluar el rendimiento agrícola, esto estará en dependencia del análisis de suelo.

La extracción de nutrientes según Barbosa (1990, 1991a), señala que en una cosecha de 100 toneladas se extraen como promedio 250 kg ha^{-1} de K_2O , la extracción puede alcanzar cifras de 1000 kg ha^{-1} de K_2O ; asimismo reporta extracciones de Potasio entre 243 y 290 kg ha^{-1} de K_2O .

El Cuadro 10 refleja que el rendimiento agrícola es directamente proporcional a las dosis de N, P y K. El efecto no fue significativo en los niveles de P, no así en los otros factores. Mendoza y Cardoza (1998), obtuvieron resultados similares al aumentar las dosis de Nitrógeno y Potasio, el mayor rendimiento agrícola ocurrió con el tratamiento de $100-0-80 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

Por otro lado, Humbert (1974), obtuvo efectos negativos en el rendimiento agrícola al aumentar la dosis hasta 274 kg ha^{-1} de Nitrógeno.

Se puede observar con la dosis 160 kg ha^{-1} de N del cual se obtuvieron $106.13 \text{ Ton ha}^{-1}$, mientras en P se obtuvo $81.65 \text{ Ton ha}^{-1}$ en 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 y $80.15 \text{ Ton ha}^{-1}$ en 0 kg ha^{-1} de P_2O_5 ; por el contrario con K, la mejor respuesta fué con 120 kg ha^{-1} de K_2O con un rendimiento de $90.66 \text{ ton ha}^{-1}$; con respecto al Fósforo no hay diferencia significativa.

Se requieren grandes cantidades de Potasio para el desarrollo de la caña de azúcar, pues sus efectos son bien marcados y satisfactorios para el desarrollo total de la planta, para obtener una cosecha de 100 toneladas métricas (Tm) de caña (R%C), se requieren de 112.5 a 227.5 kg ha^{-1} de K_2O para el ciclo vegetativo (González, 1983).

El Cuadro 5A, se muestran los valores medios de las interacciones P*K, P*N y N*K en el rendimiento agrícola.

3.2.6 Rendimiento industrial

El rendimiento industrial se expresa en kilogramos por tonelada de caña y esta determinado por el grado de pureza del jugo, esto quiere decir que un alto rendimiento agrícola no necesariamente está asociado con un buen rendimiento industrial (Mendoza y Cardoza, 1998).

En esta variable, el ANDEVA demostró para los niveles de los factores K, N y la interacción P*K la diferencia es altamente significativa, por el contrario se obtuvieron diferencias no significativa para los niveles del factor P y las interacciones N*P, K*N y P*K*N (Cuadro 1A).

Dillewijn (1952), señala que la concentración de sacarosa decrece como resultado de las aplicaciones adicionales del Nitrógeno, éste elemento se considera esencial para obtener altos rendimientos en azúcar. Cuando se produce exceso de aplicación en Nitrógeno, ocurre una reducción de la calidad de la caña (González, 1983). Aplicaciones de Nitrógeno en cantidades excesivas o muy altas retardan la maduración del cultivo y disminuyen la concentración de sacarosa en los tallos molederos, este elemento influye principalmente en la producción de caña, mientras que las aplicaciones de Potasio son útiles para sostener o incrementar los contenidos de sacarosa (% caña), especialmente en suelos con limitaciones en el suministro de este ultimo nutrimento (CENICAÑA, 1997).

Según Dillewijn (1952) y Aguilar (1982), afirman que aplicaciones crecientes de Nitrógeno sobre la concentración de sacarosa, es completamente lo contrario del efecto sobre la concentración de azúcares reductores. Según González (1983), expresa que la acumulación de sacarosa por parte del tallo esta influenciada por un sin número de factores entre los cuales podemos mencionar: clima, luz, temperatura, fertilización y otros.

Cuadro 10. Comparación de valores medios en los efectos principales para el rendimiento agronómico, industrial y agroindustrial.

Factor	Rendimiento agrícola (Ton ha ⁻¹)		Rendimiento industrial (kg Ton ⁻¹)		Rendimiento agroindustrial (Ton ha ⁻¹)	
	Nivel	Media	Nivel	Media	Nivel	Media
N	160	106.13 a	160	104.60 a	160	11.12 a
	120	96.09 b	120	104.17 a	120	10.05 b
	80	68.37 c	80	92.64 b	80	6.42 c
	0	53.00 d	0	76.47 c	0	4.18 d
DSH		5.452		7.395		0.954
P	60	81.65 a	60	95.38 a	60	8.06 a
	0	80.15 a	0	93.56 a	0	7.82 a
DSH		5.629		8.391		0.749
K	120	90.66 a	90	97.32 a	120	9.10 a
	90	82.80 b	120	97.00 a	90	8.33 b
	60	77.10 c	0	92.14 b	60	7.33 c
	0	73.03 d	60	91.42 b	0	7.00 c
DSH		2.917		3.699		0.549

Promedios con igual letra no difieren estadísticamente (Tukey $\infty = 0.05$)

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

DSH = Es la mínima diferencia significativa de Tukey

El comportamiento del rendimiento agrícola es similar al rendimiento industrial, al aumentar la dosis de N aumentan los rendimientos, esto se comprueba en el Cuadro 10.

Estudios realizados por Palacios y Peña (1994) indican que el rendimiento industrial responden positivamente a las combinaciones 80-60-60 y 40-30-60 kg ha⁻¹ de N P K respectivamente, observándose que el rango óptimo de estas relaciones son para N:P de 1.33 y N:K de 0.5 a 1.33 relaciones mayores o menores a esta originan rendimientos inferiores

En el Cuadro 6A se presentan las comparaciones de valores medios de las interacciones P*K, N*K y N*P en el rendimiento industrial.

3.2.7 Rendimiento agroindustrial

Se obtiene por la combinación del contenido azucarero y la producción agrícola y se expresa en toneladas de azúcar por hectárea. La cantidad de nitrógeno aplicado influye tanto sobre el contenido de azúcares reductores como en el de sacarosa de la planta de caña (Blanco, 1986). Barbosa (1991b), Señala que el rendimiento agroindustrial, fue determinado en mayor grado por el rendimiento agrícola ya que el mayor rendimiento agroindustrial corresponde al mayor rendimiento agrícola y en relación al valor-costo.

En esta variable, el ANDEVA demostró que para el factor K y la interacción P*K la diferencia es altamente significativa, por el contrario encontrándose diferencia no significativa para los factores P, N y las interacciones N*P, K*N y P*K*N (Anexo, Cuadro 1A).

Según la información analizada el factor N en los diferentes niveles estudiados (160, 120, 80 y 0 kg ha⁻¹) se obtuvo una media de 11.12, 10.05, 6.42 y 4.18 Ton azúcar ha⁻¹ respectivamente con significancia estadística entre ellos, sin embargo el factor P no se encontró efecto significativo para la dosis 0 y 60 kg ha⁻¹ P₂O₅ con un rendimiento promedio de 7.82 y 8.06 Ton azúcar ha⁻¹, respectivamente, por el contrario el factor K hubo significancia estadística siendo superior la dosis 120 kg ha⁻¹ de K₂O con un rendimiento promedio de 9.10 ton azúcar ha⁻¹, ya que al aumentar la dosis también aumenta el rendimiento agro-industrial que es en fin uno de los principales objetivos de este ensayo (Cuadro 10).

Estudios realizados anteriormente por Mendoza y Cardoza (1998), afirman que al aumentar las dosis de N y K aumenta el rendimiento agro-industrial siendo el mejor tratamiento del cual se obtuvo mayor rendimiento 100-0-160 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Los resultados obtenidos coinciden con Arguello y Berrios (1998), lo cual mostró que el Nitrógeno y el Potasio tuvieron un efecto progresivo, no observándose ningún efecto para el Fósforo, de forma que la combinación 100-60-160 kg ha⁻¹ de N, P K, respectivamente, obtuvieron el mas alto rendimiento con 12.22 Ton azúcar ha⁻¹.

Según Mendoza y Cardoza (1998), el Nitrógeno tiende a aumentar el rendimiento con 100 kg ha⁻¹ para una relación N:P de 1.6 y N:K de 1.25 dosis mayores o menores de nitrógeno tienden a disminuir el rendimiento agroindustrial

En el Cuadro 7A se presentan la comparación de valores medios de las interacciones N*K, N*P y P*K del rendimiento agroindustrial.

3.3 Análisis de respuesta del rendimiento en N y K

Martínez (1988), recomienda la aplicación de ANOVA (Analisis of Variance) para conformar el análisis de varianza en los tratamientos, y posteriormente el procedimiento GLM (General Linear Model) para ajustar los datos a diferentes modelos polinómicos.

En el Cuadro 11 se presenta la significancia estadística de los factores evaluados; de igual manera, se muestran los efectos obtenidos en K y N mediante la división de los grados de libertad en estos elementos, lo que definió el efecto el comportamiento o respuesta de los rendimientos en los factores evaluados. En los tres rendimientos se encontró respuesta significativa para los modelos de respuesta lineal y cuadrática. Se puede observar que la mayor varianza (Cuadrado Medio) se obtuvo en el factor Nitrógeno, seguido del Potasio y Fósforo en los rendimientos.

Cuadro 11. Síntesis del ANDEVA y modelos de respuesta en los factores K y N en el rendimiento agrícola, industrial y agroindustrial.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento agrícola (Ton ha ⁻¹)		Rendimiento industrial (kg Ton ⁻¹)		Rendimiento agroindustrial (Ton ha ⁻¹)	
		Cuadrado medio	Pr > F	Cuadrado medio	Pr > F	Cuadrado medio	Pr > F
Bloque	2	543.74	0.0700	982.27	0.0850	14.95	0.0460
P	1	54.19	0.3690	79.28	0.3810	1.38	0.3010
Error (a)	2	41.07		91.27		0.72	
K	3	1402.37	<.0001	233.82	0.0005	21.93	<.0001
Lineal	1	3790.34	<.0001	433.68	0.0325	57.55	<.0001
Cuadrático	1	416.62	0.0070	56.76	0.4339	7.05	0.2188
Cúbico	1	0.16	0.9560	211.04	0.1332	1.17	0.2750
P*K	3	14.68	0.3290	233.82	0.0005	0.36	0.4760
Error (b)	12	11.58		18.62		0.40	
N	3	14420.94	<.0001	4190.98	<.0001	247.73	<.0001
Lineal	1	40457.21	<.0001	11930.69	<.0001	699.85	<.0001
Cuadrático	1	913.29	<.0001	290.89	0.0787	8.08	0.0218
Cúbico	1	1892.33	<.0001	351.36	0.0537	35.26	<.0001
N*P	3	42.34	0.4780	41.27	0.7216	0.62	0.7410
N*K	9	124.04	0.0210	52.94	0.8136	1.58	0.4310
N*P*K	9	24.85	0.8720	53.34	0.8102	0.50	0.9620
Error (c)	48	50.36		92.65		1.54	
TOTAL	95						
R2		0.955		0.7910		0.9210	
CV		8.772		10.1890		15.6280	
EE		7.097		9.6260		1.2410	
Media		80.898		94.4710		7.9410	

N = Nitrógeno, P = Fósforo, K = Potasio

R² = Coeficiente de determinación, CV = Coeficiente de variación, EE = Error estándar

Si (Pr > F) = 0.05 es significativo al 95% de confianza

Si (Pr > F) = 0.01 es significativo al 99% de confianza

Tomando en cuenta los modelos polinómicos conformados en cada uno de los rendimientos, se estimó los modelos de regresión o de respuesta en cada uno de los rendimientos (Cuadro 11).

El rendimiento agrícola es la variable independiente de mayor importancia, ya que a partir de este se obtiene el rendimiento industrial. La relación de estos puede ser lineal o cuadrática y estará en dependencia del número de tratamientos, dosis aplicadas de fertilizantes, entre otros factores (Martínez, 1988). Esto hace indicar que el incremento del rendimiento industrial puede variar con las cantidades de N y K aplicados (Palacios y Peña, 1994).

El modelo de regresión del rendimiento industrial se muestra en el Cuadro 12, y se deduce que los elementos N y K son los principales factores para la mayor producción en kilogramos de caña de azúcar por cada toneladas de caña cosechada en el campo. Humbert (1974), citado por Herrera y Jerez (1997), explican que la conversión del azúcar reductora a sacarosa antes de la cosecha se debe al balance entre el Nitrógeno y el Potasio.

Cuadro 12. Modelos de regresión múltiple y parámetros estadísticos en los rendimientos evaluados en caña de azúcar var C87-51.

Parámetro	Rend. agrícola (Ton ha ⁻¹)			Rend. industrial (kg Ton ⁻¹)			Rend. agro-industrial (Ton ha ⁻¹)		
	Estimador	Std	Pr > t	Estimador	Std	Pr > t	Estimador	Std	Pr > t
Intercepto	47.9890	3.18837	<.0001	69.25542	4.14771	<.0001	3.51253	0.52668	<.0001
N	-0.77516	0.16049	<.0001	-0.06847	0.20877	0.744	-0.09866	0.02651	0.0004
P	0.08898	0.05946	0.1382	0.090165	0.07735	0.247	0.00960	0.00982	0.3309
K	-0.08770	0.21398	0.6829	-0.368816	0.27836	0.189	-0.03928	0.03535	0.2696
N ²	0.01630	0.00259	<.0001	0.005941	0.00337	0.081	0.00218	0.00043	<.0001
N ³	-0.00006	0.00001	<.0001	-0.000026	0.00001	0.054	-0.00001	0.00001	<.0001
K ²	0.00155	0.00460	0.7360	0.009515	0.00599	0.116	0.00084	0.00076	0.2696
K ³	-0.00001	0.00002	0.9563	-0.000048	0.00003	0.133	-0.00001	0.00001	0.3747
N*P	-0.00034	0.00042	0.4272	-0.000443	0.00055	0.424	-0.00003	0.00007	0.6546
N*K	0.00091	0.00029	0.0021	-0.000359	0.00037	0.338	0.00009	0.00005	0.0564
P*K	-0.00049	0.00057	0.3817	-0.000296	0.00074	0.688	-0.00004	0.00009	0.6615

Std = Error estándar

Si Pr > |t| = hay significancia estadística (α=0.05)

Según Humbert (1974), el rendimiento industrial producto del rendimiento agrícola puede incrementarse en relación directa al aumento de las dosis de N y K, pero indica que en muchas ocasiones cuando estos elementos se incrementan pueden causar un decrecimiento de la producción agrícola y por consiguiente merman los rendimientos en kilogramos de azúcar por cada tonelada cosechada. Es por esto que en algunos ensayos se pueden encontrar efectos lineales y cuadráticos (Martínez, 1988).

En la Figura 4 se contrastaron los rendimientos agrícola e industrial. Se puede observar que el rendimiento industrial (Y) está relacionado significativamente con el rendimiento agrícola (X) y la correspondencia es cuadrática ($R^2=0.8671$). El coeficiente de determinación indicó que los datos se ajustan de manera positiva y significativa a una ecuación cuadrática en un 86.71%, la cantidad restante es el error aleatorio encontrado e indica el porcentaje de datos que no están sobre la línea cuadrática. También R^2 demuestra que el 86.71% de X explica la variación de Y.

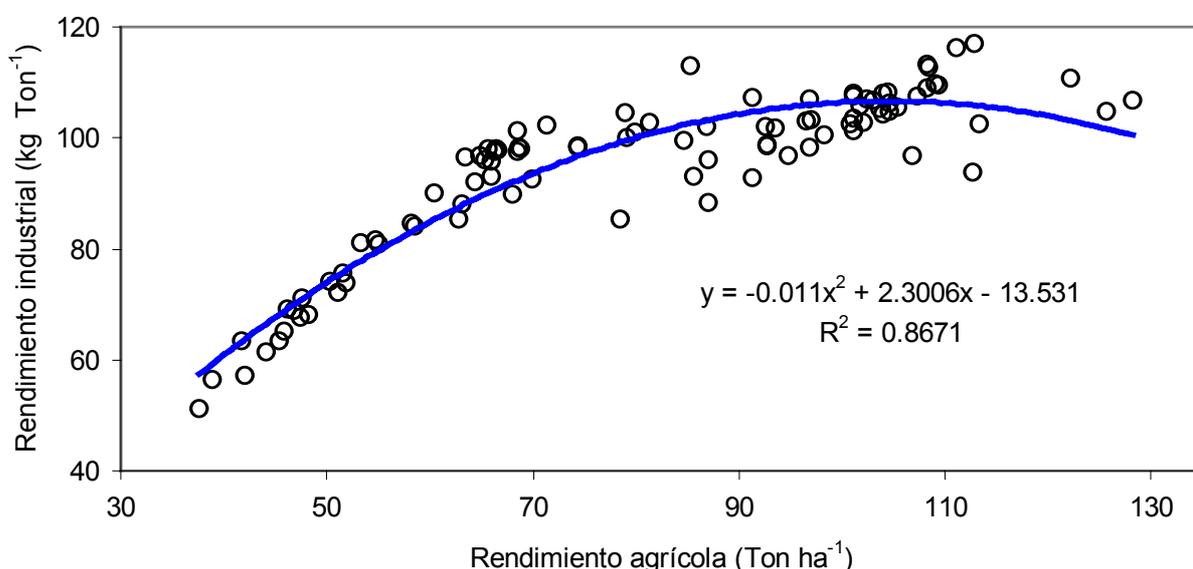


Figura 4. Modelo de regresión cuadrática del rendimiento industrial a partir del rendimiento agrícola en los tratamientos evaluados.

Los menores rendimientos obtenidos estuvieron representados por las más bajas dosis de N y K, esto se aprecia en Anexo (Figuras 7A, 8A y 9A). En el plano de las figuras se muestran los valores medios de los rendimientos; asimismo, en el eje X los niveles de Potasio (K), y en el eje secundario de Y los niveles de Nitrógeno (N), también se puede observar dentro del plano cartesiano los niveles de Fósforo (0 y 60 kg ha⁻¹).

Con los resultados obtenidos en esta investigación se puede predecir el rendimiento industrial mediante la función de respuesta cuadrática. La ecuación cuadrática representada en la Figura 4 expresa que por cada tonelada de caña cosechada en campo hubo un incremento lineal de 2.3006 kilogramos de azúcar por cada tonelada de rendimiento agrícola, pero existe una disminución de 0.011 kilogramos de caña de azúcar por cada tonelada cosechada; este último efecto corresponde a la merma del rendimiento, producto de algunos factores mencionados por Martínez (1988).

IV- CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos con la fertilización NPK en el cultivo de caña de azúcar estudiadas en el presente estudio se considera lo siguiente:

1. De acuerdo al ANDEVA, se pudo observar que el N tuvo efecto significativo en las principales variables evaluadas de rendimientos, este comportamiento fue similar en K, y en la interacción K*N, no así en los niveles de P.
2. Para la variable brotación se determinó que las mejores dosis aplicadas es la combinación de 160-60-120 y 160-60-90 de N, P y K respectivamente.
3. El diámetro y peso de tallo fueron superiores en los tratamientos 160-0-120 y 160-60-120 kg ha⁻¹. Por otro lado, los tratamientos 160-60-120, 120-60-120, y 80-60-120 de N, P y K respectivamente, son las mejores dosis para obtener una adecuada población de tallos molibles sin perjudicar los rendimientos.
4. En el rendimiento agro-industrial y agrícola los tratamientos 160-0-120 y 160-60-120 de N, P y K respectivamente, alcanzaron los más altos rendimientos, superando al testigo 0-0-0 de N, P y K respectivamente.
5. De igual manera, en el rendimiento agroindustrial se presentó significancia estadística para una respuesta lineal y cubica en N, y para el caso de K la tendencia fue significativa en los tres modelos establecidos, pero con mayor significancia estadística la función lineal.
6. El rendimiento industrial como variable dependiente está relacionada directamente de manera significativa con el rendimiento agrícola, y los datos se ajustan a una respuesta cuadrática.

V- RECOMENDACIONES

- 1.** Seleccionar y evaluar las dosis de fertilizantes que presentaron los mejores resultados con respecto a caracteres que influyen en el rendimiento agrícola para determinar cual es el más óptimo en próximas evaluaciones.
- 2.** Realizar análisis foliar a fin de corroborar las tendencias encontradas en los principales parámetros de rendimiento.
- 3.** Realizar evaluaciones rigurosas de plagas y enfermedades que afectan el cultivo de la caña de azúcar en la zona.
- 4.** Analizar las mismas variables presentadas en la presente investigación para caña de retoño en los años subsiguientes.
- 5.** Evaluar las mismas dosis de fertilizantes aplicado en la zona utilizando otros materiales genéticos.

VI- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar F. 1981. El cultivo de la caña de azúcar. Manual de recomendaciones. CAFESA. San José, Costa Rica. p 30-32.
- Aguilar F. 1982. El cultivo de la caña de azúcar. 1ra. edición. San José, Costa Rica. p 21-24.
- Argüello P. y T Berrios. 1998. Efecto de diferentes dosis de NPK en el rendimiento agro industrial en caña planta de la variedad L68-40 (*Saccharum* sp.), sobre suelos vertisoles. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 67 p.
- Barbosa G. F. 1990. Comportamiento agroindustrial de la variedad Ja. 60-5 (*Saccharum* sp. Híbrido) a diferentes dosis de N, P y K sobre un suelo rojo en caña planta. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.
- Barbosa G. F. 1991a. Determinación de la curva de madurez de 23 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* sp. Híbrido) en comparación con la variedad L 68-90 como testigo. DGTA-MAG. 15 p.
- Barbosa G. F. 1991b. Comportamiento agroindustrial de 25 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* sp. Híbrido) en comparación con la variedad L 68-90. Caña planta. DGTA-MAG. 19 p.
- Blanco M. 1986. Cultivos Industriales. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. La Habana. Editorial Pueblo y Educación. Editado por el CNES. p .60-121.
- Blandón N. 1989. Comportamiento agroindustrial de 10 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* sp. Híbrido). Ingenio Benjamín Zeledón, caña planta. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 32 p.
- Bost S. S. & K. L Khanna. 1989. Note on the optimum Shape and size of plots for sugarcane experiments in Bihar. Indian Journal of Agricultural Science. 9(6) p 807-816.
- Calderón M. R. 1989. Comportamiento agroindustrial de 10 cultivares de caña de azúcar (*Sacharum* sp. Híbrido). Ingenio Benjamín Zeledón, en caña planta y primer retoño. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 30 p.

- CATASTRO. 1971. Levantamiento de suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Vol. II. t 2. Managua, Nicaragua. 591 p.
- CENICAÑA.1997. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Serie Técnica No. 21. Calí, Colombia.15 p.
- CIMMYT. 1998. La formulación y recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica, 3ra. edición. D.F, México. p 20-30.
- Dillewijn C. V. 1952. Botánica de la caña de azúcar, 1ra. edición revolucionaria. La Habana, Cuba. p 79-336.
- Fauconnier R. y D Bassereau. 1980. La Caña de Azúcar, 1ra. edición Científico-Técnico. La Habana, Cuba. 225 p.
- FONAIAP 1981. Recomendaciones para la Fertilización en Caña de Azúcar. Edición CENIAP-Maracay Divulga No. 20. Venezuela. sp.
- González K. J. 1977 Agrotécnia para el cultivo de la caña de azúcar. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 120-130.
- González K. J. 1983. Fitotecnia de la caña de azúcar. 2da. reimpresión Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 65-68.
- Herrera G. L. y M. J Jerez. 1997. 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. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 47 p.
- Humbert R. P. 1974. El cultivo de la caña de azúcar, 1ra edición. Compañía Editorial Continental. Buenos Aires, México. 719 p.
- INETER. 2004. Datos Climatológicos de las Estaciones Meteorológicas de Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- King N. J. 1968. Manual del cultivo de la caña de azúcar. Edición revolucionaria. La Habana, Cuba. p 82-95.
- Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA), 2004. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua, Nicaragua. sp.
- Marengo R. C. 2002. Cultivo de la caña. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 12 p.
- Martínez G. A. 1988. Diseños Experimentales, Métodos y elementos de teoría. Ed. Editorial TRILLAS. Universidad Autónoma de Chapingo. D. F, México 756 p.

- Mendoza A. H. y M. L. Cardoza. 1998. Rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar, variedad L 68-40. (*Saccharum sp.*), en respuesta a las aplicaciones de N, P y K, cultivadas en suelos negro. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 69 p.
- Núñez S. J., F. H. Rodríguez. y R. R. Díaz. 1985. Evaluación de la fertilidad de un ultisol del trópico húmedo en la cuenca del Río Tuis, Turrialba aplicado al café y caña de azúcar. Informe Técnico No. 53, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 35 p.
- Palacios B. M. y R. E. Peña. 1994. Efecto de diferentes dosis de N, P y K sobre el rendimiento agroindustrial de la variedad L 68-40 (*Saccharum sp.* Híbrido) en caña planta. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 40 p.
- Pedroza H. 1993. Fundamentos de Experimentación Agrícola. Editora de Arte. Managua, Nicaragua. 230 p.
- Pimentel G. F. 1990. Curso de Estadística. 13a. edición. ESALQ, Universidade de São Paulo,, Piracicaba, São Paulo, Brasil. 468 p.
- Reyes H. M., 2002. Análisis de Experimentos Agrícolas con Presupuestos Parciales: Re-enseñando el uso de enfoque. Revista LA CALERA Año 2, No. 2, p 40-48.
- Rivera P. y F. Barbosa. 1989. Influencia de la fertilización de N, P y K en el rendimiento de la caña de azúcar (caña planta), en el ingenio Benjamín Zeledón. DGTA. No publicado. sp.
- Salgado A. F. 1995. Estimaciones de pérdidas agrícolas, industriales y económicas producida por el taladrador de la caña *Diatrea spp.* Centro Experimental de la Caña de Azúcar. Managua, Nicaragua. sp.
- Steel & Torrie, 1989. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda Edición. Edit. McGraw-Hill. México, D. F. 622 p.
- Vara F. y R. Alcolea. 1983. Agrotecnia de la caña. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p 82-85.

ANEXOS

Cuadro 1A. Significancia ($Pr>F$) y parámetros estadísticos del ANDEVA realizado a las variables en los factores estudiados.

Variable	Bloque P	K	N	P*K	N*P	K*N	P*K*N	R ²	CV _P	CV _K	CV _N	
Brotación	0.008	0.033	0.001	0.001	0.779	0.599	0.115	0.625	0.94	5.91	12.42	12.45
Ahijamiento												
45 dds	0.368	0.199	0.054	0.001	0.368	0.576	0.542	0.974	0.59	10.80	9.57	12.58
60 dds	0.012	0.005	0.001	0.001	0.460	0.157	0.642	0.167	0.87	2.04	7.24	7.43
75 dds	0.026	0.016	0.048	0.001	0.015	0.001	0.356	0.001	0.95	3.01	5.97	3.98
90 dds	0.019	0.005	0.009	0.001	0.963	0.066	0.036	0.769	0.91	2.10	5.23	4.18
105 dds	0.136	0.179	0.003	0.001	0.891	0.722	0.001	0.326	0.94	6.61	5.93	3.29
120 dds	0.291	0.184	0.042	0.001	0.345	0.449	0.908	0.281	0.82	3.14	4.31	2.77
135 dds	0.025	0.032	0.005	0.001	0.623	0.169	0.034	0.487	0.81	1.29	4.89	3.38
150 dds	0.046	0.011	0.012	0.001	0.357	0.029	0.022	0.001	0.83	1.23	5.22	2.77
165 dds	0.043	0.026	0.001	0.001	0.139	0.150	0.230	0.154	0.76	1.79	4.55	3.54
Indice de Ahijamiento												
45 dds	0.014	0.064	0.101	0.001	0.967	0.117	0.398	0.943	0.72	9.09	30.15	28.72
60 dds	0.008	0.130	0.023	0.001	0.278	0.542	0.341	0.533	0.83	7.25	14.80	18.33
75 dds	0.017	0.075	0.004	0.001	0.205	0.036	0.603	0.396	0.82	9.62	18.63	18.38
90 dds	0.019	0.179	0.002	0.001	0.268	0.029	0.550	0.378	0.84	11.38	16.87	19.04
105 dds	0.003	0.012	0.005	0.001	0.561	0.165	0.316	0.795	0.81	4.28	20.10	22.21
120 dds	0.009	0.033	0.002	0.001	0.468	0.081	0.831	0.716	0.84	8.83	19.14	22.55
135 dds	0.019	0.071	0.010	0.001	0.515	0.074	0.789	0.615	0.85	12.70	21.60	21.47
150 dds	0.013	0.055	0.006	0.001	0.369	0.109	0.820	0.554	0.86	10.96	21.04	21.56
165 dds	0.011	0.046	0.007	0.001	0.305	0.087	0.830	0.449	0.86	9.93	21.06	22.12
Crecimiento Aparente												
90 dds	0.174	0.107	0.104	0.033	0.179	0.136	0.068	0.031	0.84	14.37	8.23	5.43
105 dds	0.174	0.106	0.103	0.033	0.179	0.143	0.072	0.031	0.84	14.36	7.18	3.44
120 dds	0.173	0.105	0.104	0.033	0.179	0.139	0.075	0.031	0.84	14.28	8.19	5.46
135 dds	0.174	0.106	0.102	0.033	0.177	0.138	0.073	0.032	0.84	14.35	8.17	5.45
150 dds	0.174	0.106	0.103	0.033	0.179	0.138	0.074	0.032	0.84	14.31	8.18	5.45
165 dds	0.895	0.163	0.221	0.733	0.314	0.066	0.317	0.425	0.71	16.64	7.74	6.07
180 dds	0.869	0.049	0.370	0.271	0.286	0.108	0.859	0.934	0.68	10.13	8.48	6.54
195 dds	0.182	0.145	0.471	0.012	0.176	0.369	0.770	0.495	0.75	12.42	10.16	6.58
210 dds	0.299	0.262	0.315	0.001	0.176	0.036	0.921	0.604	0.76	13.88	7.64	5.36
225 dds	0.441	0.422	0.221	0.001	0.194	0.001	0.941	0.559	0.78	15.29	6.25	4.89
240 dds	0.185	0.595	0.147	0.001	0.251	0.005	0.510	0.811	0.83	12.03	5.42	4.36
255 dds	0.151	0.621	0.208	0.001	0.270	0.003	0.563	0.745	0.85	10.95	5.80	4.17
270 dds	0.073	0.935	0.109	0.001	0.374	0.013	0.145	0.853	0.86	8.99	5.19	4.46
285 dds	0.074	0.648	0.154	0.001	0.157	0.004	0.410	0.708	0.88	9.06	4.17	4.03
300 dds	0.089	0.488	0.363	0.001	0.058	0.003	0.407	0.489	0.87	3.19	3.75	4.15

... Continuación del Cuadro 1A.

Variable	Bloque P	K	N	P*K	N*P	K*N	P*K*N	R ²	CV _P	CV _K	CV _N	
Crecimiento												
Diario												
Aparente												
90 dds	0.172	0.107	0.104	0.031	0.182	0.126	0.076	0.029	0.84	13.61	8.01	5.42
105 dds	0.162	0.101	0.101	0.033	0.179	0.126	0.061	0.024	0.84	13.69	8.20	5.41
120 dds	0.174	0.103	0.098	0.029	0.168	0.143	0.074	0.033	0.84	13.69	8.20	5.44
135 dds	0.174	0.103	0.098	0.029	0.168	0.143	0.074	0.033	0.84	13.98	8.11	5.44
150 dds	0.033	0.984	0.018	0.192	0.499	0.075	0.708	0.844	0.59	3.96	3.11	12.65
165 dds	0.358	0.278	0.904	0.379	0.837	0.154	0.288	0.754	0.60	9.23	8.79	15.46
180 dds	0.033	0.142	0.889	0.001	0.614	0.744	0.954	0.143	0.72	8.72	9.12	18.23
195 dds	0.507	0.301	0.944	0.001	0.227	0.002	0.180	0.088	0.75	8.82	9.12	7.44
210 dds	0.507	0.301	0.944	0.001	0.227	0.002	0.180	0.088	0.75	3.51	2.30	4.44
225 dds	0.051	0.093	0.019	0.001	0.318	0.003	0.128	0.408	0.78	3.09	1.78	6.40
240 dds	0.023	0.434	0.630	0.001	0.379	0.086	0.494	0.278	0.68	5.34	11.83	9.28
255 dds	0.031	0.063	0.028	0.002	0.197	0.002	0.032	0.426	0.77	2.46	1.71	7.03
270 dds	0.770	0.336	0.314	0.251	0.346	0.296	0.004	0.438	0.65	8.17	4.22	7.72
Diámetro	0.644	0.521	0.012	0.001	0.045	0.604	0.071	0.198	0.66	8.70	7.38	8.18
Población	0.043	0.026	0.001	0.007	0.139	0.150	0.230	0.154	0.76	1.92	4.84	3.79
Peso tallos	0.006	0.311	0.001	0.001	0.001	0.247	0.007	0.174	0.84	5.18	6.93	13.49
Rendimiento												
Agrícola	0.070	0.369	0.001	0.001	0.329	0.48	0.021	0.872	0.96	7.92	4.21	8.77
Industrial	0.035	0.381	0.001	0.001	0.001	0.054	0.722	0.814	0.79	10.11	4.57	10.19
Agro-industrial	0.046	0.301	0.001	0.476	0.001	0.741	0.431	0.962	0.92	10.74	8.06	15.62

R² = Coeficiente de determinación, CV_P = Coeficiente de variación en la parcela grande, CV_K = Coeficiente de variación en la parcela intermedia, CV_N = Coeficiente de variación en la parcela pequeña
 Si Pr ≤ 0.05 es significativo (∞=0.05), de lo contrario es no significativo (Pr > 0.05)
 dds= días después de la siembra

N=Nitrógeno, P=Fósforo, K=Potasio

Cuadro 2A. Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el diámetro del tallo (cm) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	2.57	2.41	0	2.54	2.41	0	2.28	2.5	2.58	2.71
60	2.62	2.50	80	2.55	2.50	60	2.53	2.61	2.48	2.63
90	2.41	2.60	120	2.52	2.53	90	2.53	2.46	2.4	2.63
120	2.76	2.65	160	2.75	2.77	120	2.56	2.55	2.65	3.06
DSH 0.559			0.537			0.612				

Cuadro 3A. Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en la población de tallos (cm) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	97012	98203	0	95822	99373	0	95227	98798	98798	97607
60	97607	101774	80	99988	102369	60	96417	98798	99988	103559
90	100583	99393	120	99323	103559	90	96417	99988	103559	99988
120	102369	107725	160	102369	101774	120	102369	107130	103559	107130
DSH 25147.70			9764.06			11133.21				

Cuadro 4A. Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el peso del tallo (kg) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	0.96	0.98	0	0.73	0.85	0	0.64	1.00	1.06	1.17
60	0.91	1.08	80	1.07	1.05	60	0.85	1.02	1.04	1.07
90	1.16	0.99	120	1.15	1.14	90	0.89	1.06	1.27	1.09
120	1.13	1.17	160	1.2	1.17	120	0.79	1.16	1.22	1.42
DSH 0.20			0.35			0.40				

Cuadro 5A. Comparación de valores medios de las interacciones P*K, P*N y N*K en el rendimiento agrícola (Ton ha⁻¹) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	71.22	74.83	0	51.37	54.63	0	51.01	60.67	83.55	96.87
60	76.44	77.77	80	68.26	68.48	60	51.84	61.38	92.58	102.61
90	82.18	83.43	120	94.03	98.15	90	54.42	68.47	101.41	106.91
120	90.75	90.57	160	106.93	105.33	120	54.72	82.96	106.84	118.13
DSH	10.03			18.16			20.64			

Cuadro 6A. Comparación de valores medios de las interacciones P*K, P*N y N*K en el rendimiento industrial (kg Ton⁻¹) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	90.79	93.49	0	73.70	79.25	0	71.21	89.89	104.21	103.25
60	90.73	92.12	80	92.93	92.35	60	74.99	89.05	98.13	103.52
90	95.41	99.22	120	103.68	104.65	90	81.38	94.26	104.62	109.01
120	97.32	96.69	160	103.94	105.27	120	78.31	97.37	109.70	102.64
DSH	12.75			24.68			28.13			

Cuadro 7A. Comparación de valores medios de las interacciones PK, PN y NK en el rendimiento agroindustrial (Ton ha⁻¹) en caña de azúcar variedad C87-51 en el IBZ.

P			P			N				
K	0	60	N	0	60	K	0	80	120	160
0	6.80	7.20	0	3.94	4.42	0	3.77	5.50	8.71	10.01
60	7.27	7.39	80	6.44	6.38	60	3.99	5.59	9.10	10.62
90	8.08	8.57	120	9.76	10.32	90	4.53	6.47	10.62	11.66
120	9.12	9.08	160	11.12	11.10	120	4.42	8.08	11.73	12.15
DSH	1.84			1.86			2.48			

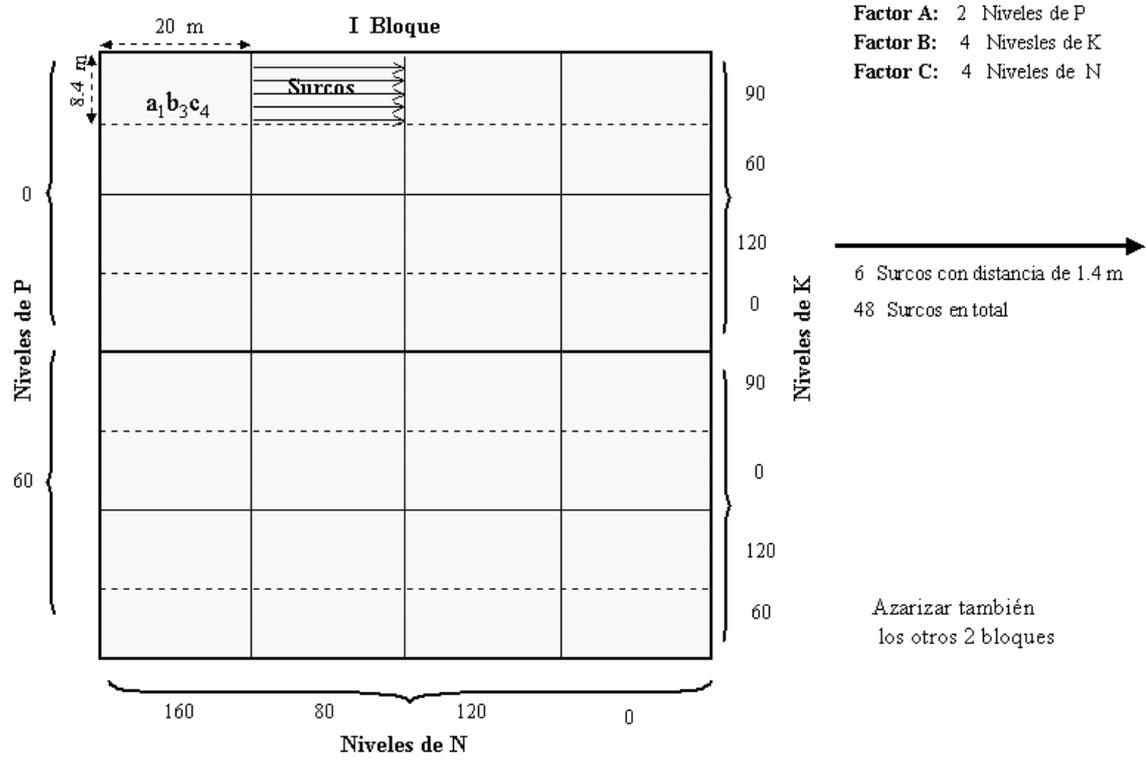


Figura 1A. Esquema sobre la aplicación de los niveles efectuada en las parcelas experimentales en el IBZ, Potosí, Rivas.

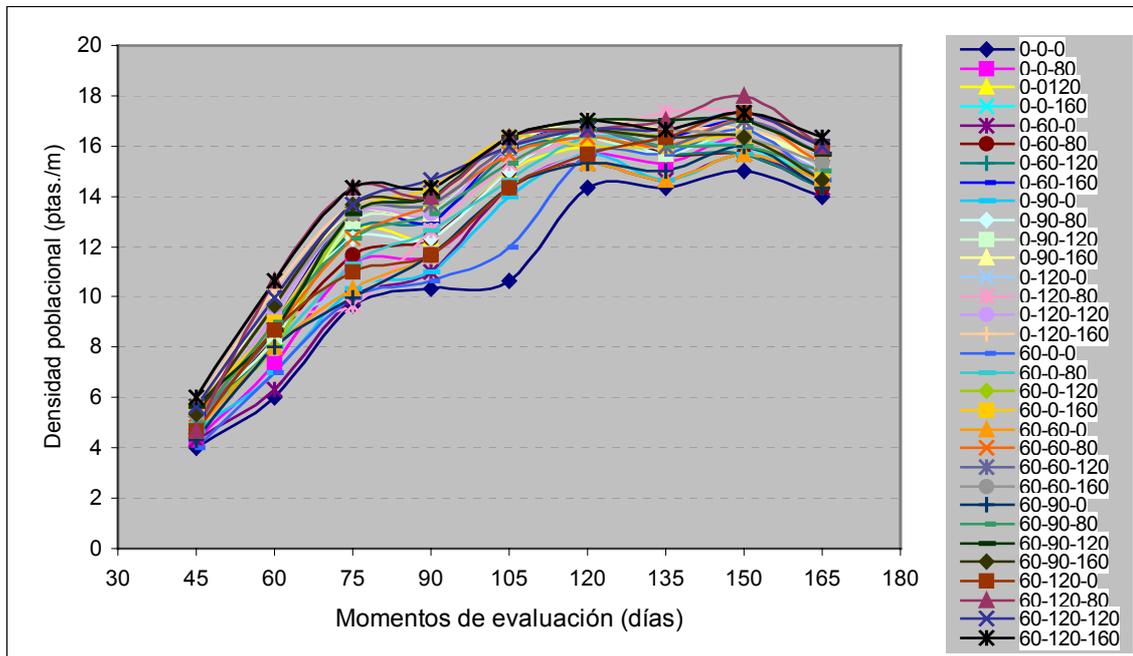


Figura 3A. Comportamiento del ahijamiento (densidad poblacional) en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.

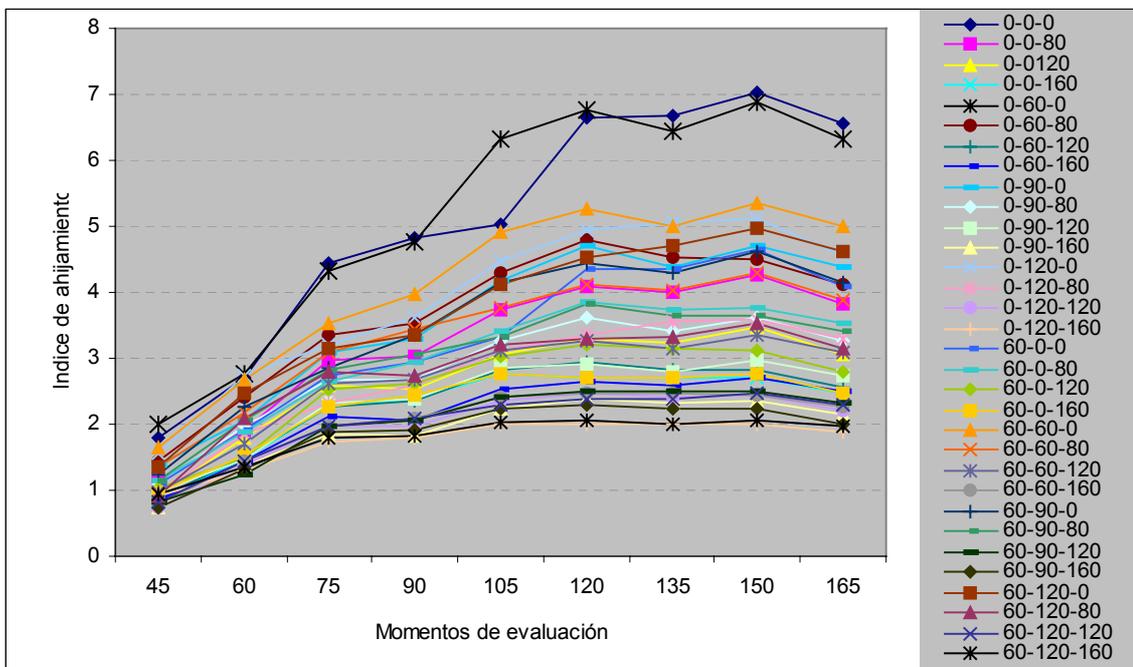


Figura 4A. Comportamiento del índice de ahijamiento en los tratamientos NPK evaluados durante nueve momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.

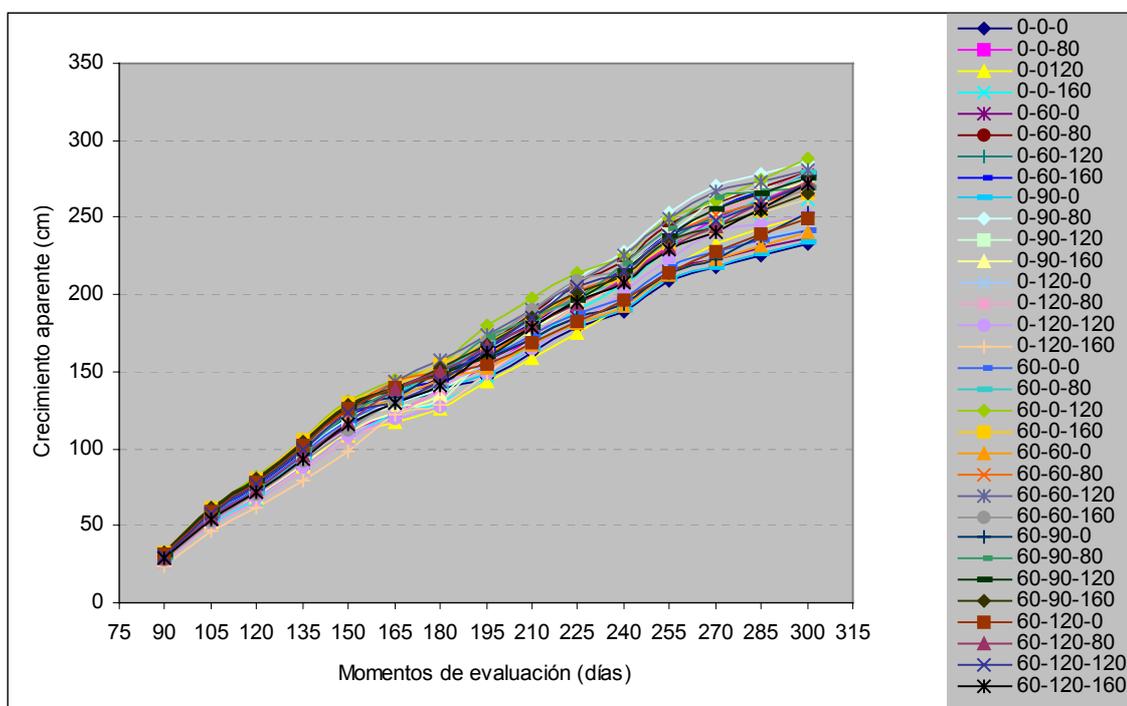


Figura 5A. Comportamiento del crecimiento aparente en los tratamientos NPK evaluados durante quince momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.

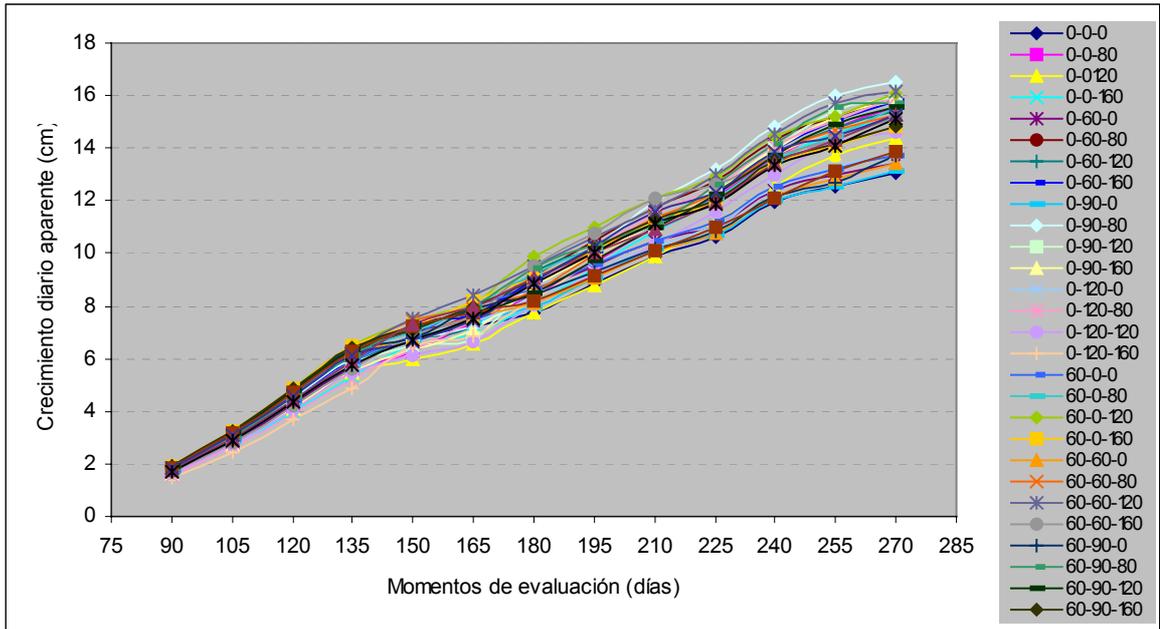


Figura 6A. Comportamiento del crecimiento diario aparente en los tratamientos NPK evaluados durante trece momentos en la variedad de caña de azúcar C87-51 en el IBZ.

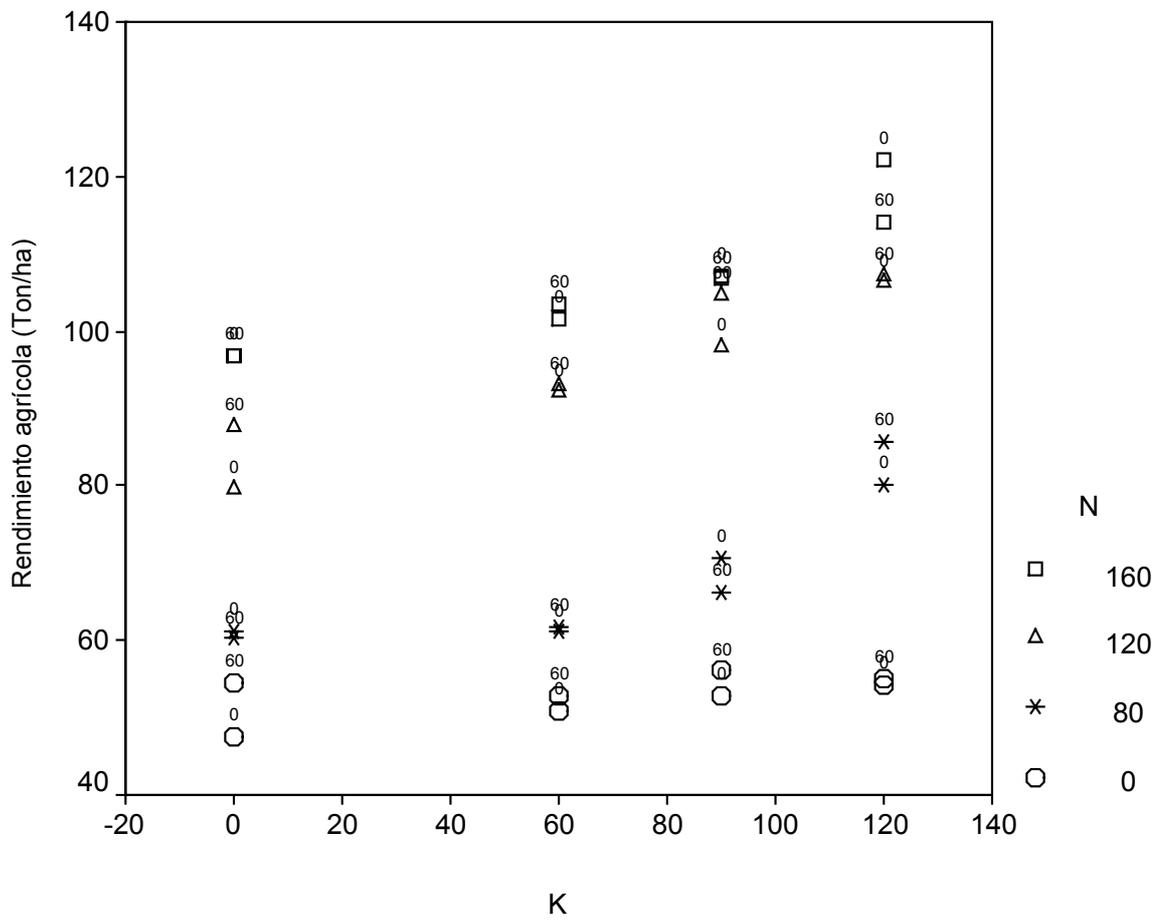


Figura 7A.Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento agrícola (Ton ha⁻¹).

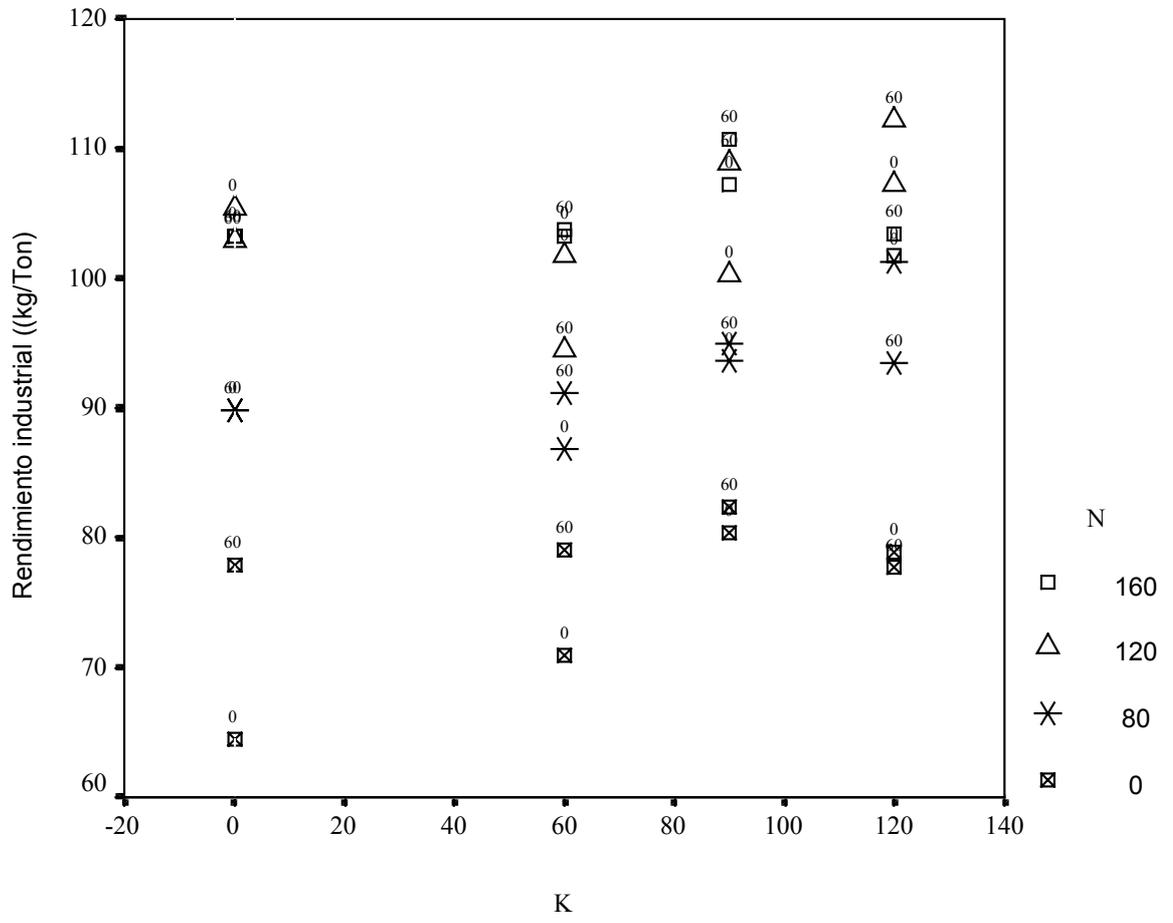


Figura 8A.Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento industrial (kg Ton⁻¹).

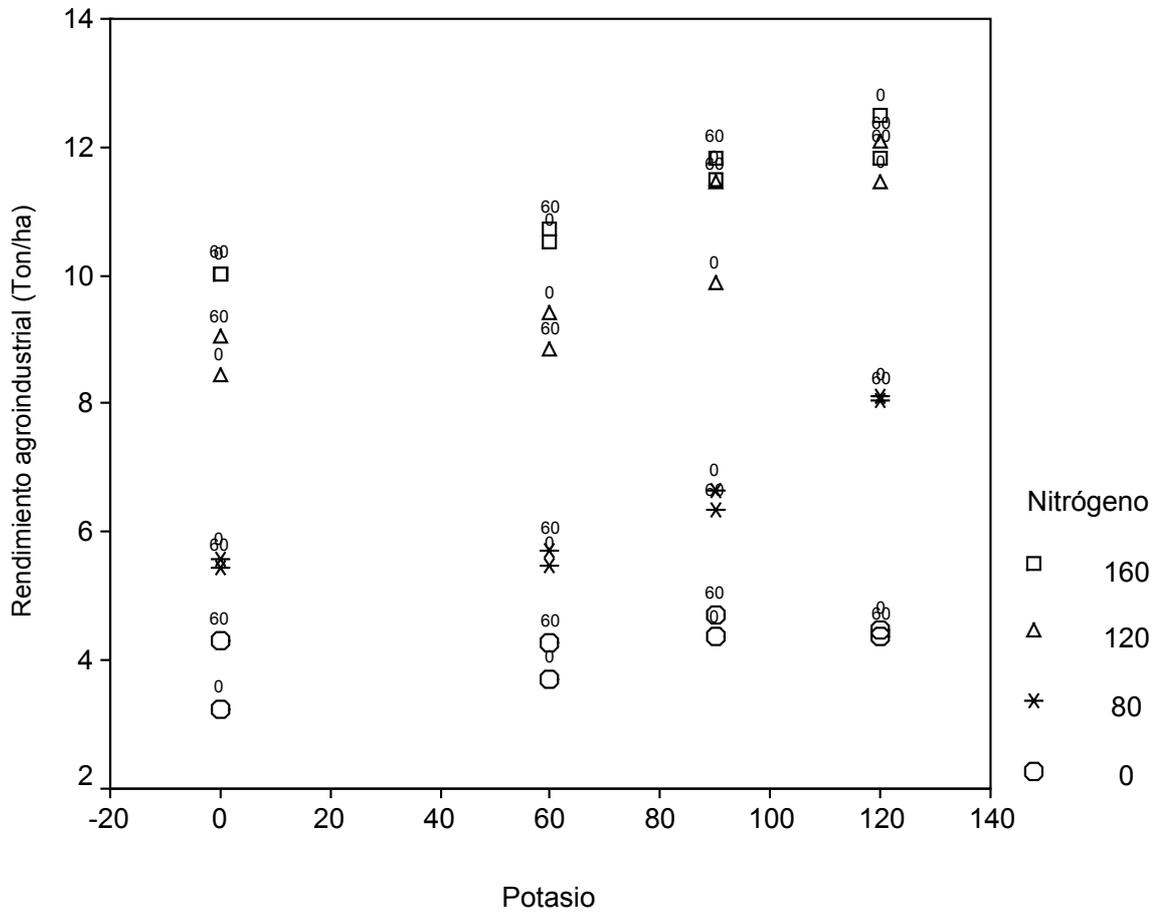


Figura 9A.Efecto de los niveles de NPK sobre el rendimiento agroindustrial (Ton ha⁻¹).