



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

TRABAJO DE DIPLOMA

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

AUTORES:

Br. Hugo Antonio Mendoza Acevedo

Br Mercedes Lorena Cardoza

ASESORES:

Ing. Agr. MSc. Leonardo García

Ing. Agr. MSc. Pascual Rivera

Managua, Nicaragua. Diciembre, 1,998.

ÍNDICE GENERAL

ITEM	Página
Índice de Tablas	i
Índice de Gráficos	ii
Índice de Anexos	iii
Dedicatoria	iv - v
Resumen	vi - vii
1 Introducción	1 - 3
2 Objetivos	4
3 Revisión de Literatura	5 - 8
4 Materiales y Métodos	9
4.1 Datos Generales	9
4.1.1 Ubicación del Area Experimental	9
4.1.2 Descripción del Suelo	10
4.2.2.1 Uso Anterior de la Tierra	10
4.2.2.2 Uso Actual de la Tierra	11
4.2.2.3 Formación de Suelos Negros	11
4.2.2.4 Características Generales del Suelo	12
4.1.3 Diseño Experimental	12
4.2 Variables Evaluadas	14
4.2.1 Mediciones Antes de la Cosecha	14
4.2.1.1 Germinación	14
4.2.1.2 Población o Ahijamiento	15
4.2.1.3 Índice de Ahijamiento	15
4.2.1.4 Crecimiento Aparente (Altura)	15
4.2.1.5 Crecimiento Diario Aparente	16
4.2.2 Mediciones a la Cosecha	16
4.2.2.1 Población de Tallos Molibles	16
4.2.2.2 Altura de Tallos Molibles	16
4.2.2.3 Diámetro de Tallos Molibles	16
4.2.2.4 Peso por Tallo	17
4.2.2.5 Rendimiento Agrícola	17
4.2.2.6 Rendimiento Industrial	17
4.2.2.7 Rendimiento Agroindustrial	17
4.3 Manejo Fitotécnico	17
4.4 Análisis de los Resultados	19
5 Resultados y Discusiones	20
5.1 Mediciones antes de la Cosecha	20
5.1.1 Germinación	20 - 22
5.1.2 Ahijamiento	23 - 25
5.1.3 Índice de Ahijamiento	26 - 28
5.1.4 Crecimiento Aparente (Altura)	29 - 31
5.1.5 Crecimiento Diario Aparente	32 - 34
5.2 Mediciones después de la Cosecha	35
5.2.1 Población de Tallos Molibles	35
5.2.2 Altura de Tallos Molibles	36 - 37
5.2.3 Diámetro de Tallos Molibles	38
5.2.4 Peso Promedio de los Tallos	39
5.2.5 Rendimiento Agrícola	40 - 43
5.2.6 Rendimiento Industrial	44 - 46
5.2.7 Rendimiento Agroindustrial	47 - 49
6 Conclusiones	50
7 Recomendaciones	51
8 Referencias Bibliográficas	52 - 57
9 Anexos[DL1]	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Página
1	Análisis de disponibilidad de nutrientes en el área del experimento	13
2	Análisis Físico del Suelo	13
3	Descripción de la Caña de Azúcar Variedad L 68 - 40	14
4	Descripción de los Tratamientos	18
5	Porcentaje de Germinación de la Variedad L 68-40. Caña Planta	20
6	Correlación del rendimiento agrícolas con las variables de población, altura, diámetro y peso en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	42
7	Valor Máximo y del 90 % de los Rendimiento Agrícola en Función de la Dosis de Nitrógeno Calculado con el Modelo Lineal Discontinuo	44
8	Rendimiento Industrial en lb/ton de caña de la variedad L 68-40 caña planta	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página
1. Condiciones climáticas prevalecientes en el tiempo de duración del ensayo según datos de la estación meteorológica del Ingenio AGROINSA	9
2. Porcentajes de Germinación de caña de azúcar en función de dosis de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O	22
3. Plantas por metro de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno	24
4. Plantas por metro de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo	25
5. Plantas por metro de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio	26
6. Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno	28
7. Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo	28
8. Índice de ahijamiento de la variedad L. 68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio	29
9. Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno	31
10. Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo	31
11. Crecimiento aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio	32
12. Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de nitrógeno	33
13. Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo	34
14. Crecimiento diario aparente de la variedad L. 68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio	34
15. Población de tallos cosechables de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	36
16. Altura de tallos cosechables de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	37
17. Diámetro de tallos molibles de caña de azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	39
18. Peso promedio de los tallos de la variedad L. 68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	40
19. Rendimiento agrícola de la caña de azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	43
20. Rendimiento Agrícola en función de las dosis de Nitrógeno ajustados a modelos Lineales y LRP	43
21. Rendimiento Industrial de la Caña de Azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	47
22. Rendimiento Agroindustrial de la Caña de Azúcar en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	49

INDICE DE ANEXO

Anexo N°	Página
1. Análisis de Varianza de las Variables Estudiadas en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	59
2. Valores Medios de las Variables Estudiadas de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	60
3. Cuadrados Medios del Análisis de Varianza de la población durante las etapas de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	61
4. Cuadrados Medios del Análisis de Varianza de la Altura durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	62
5. Cuadrados Medios del Análisis de Varianza del índice de ahijamiento durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	63
6. Cuadrados Medios del Análisis de Varianza del índice del crecimiento diario aparente durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio	64
7. Datos de Población Antes de la Cosecha Representada en Plantas por Metro	65
8. Datos de Índice de Ahijamiento Antes de la cosecha	66
9. Datos de Altura Antes de la cosecha expresados en cm	67
10. Datos de Crecimiento Diario Aparente	68
11. Plano de Campo	69

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios todo poderoso Jehová por haberme dado la fe, esperanza y empeño en terminar una de mis metas más importantes.

A mi madre Angela Auxiliadora Cardoza por su amor y apoyo incondicional, que de no ser así no fuera nadie en mi vida. A mi hija Jordana Mendoza que mi preparación le sirva de galardón y crianza en su vida. A mi esposo Hugo Mendoza por darnos ambos el apoyo en terminar esta tarea, a mi hermana Verónica por su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de todo corazón a mis suegros José Mendoza y Leonarda Acevedo que han sido para mi familia como un brazo derecho, a mis cuñados: Aaron, Dominga, Madelina, Violeta, Denis, Maribel, que de alguna y otra manera nos han apoyado. A los Ingenieros Leonardo García, Pascual Rivera por la asesoría - técnica y realización de este ensayo, al personal del Cenida por su apoyo bibliográfico, a todos los docentes que de alguna u otra manera tuvieron algo que ver en la resolución de este documento, a la UNA por albergarme en su ceno cinco años de mi vida y coronar mi carrera de Ingeniero Agrónomo.

Mercedes Lorena Cardoza.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios sobre todas las cosas por haberme dado fuerzas y perseverancia en el cumplimiento y deber de esta meta de mi vida. A mis padres José Mendoza y Leonarda Acevedo, por su apoyo incondicional, moral y económico. A mis hermanos: Denis, Ana Dominga, Maribel, Violeta, Madelina y Eduardo Aaron por su apoyo moral y logístico que me brindo para poder realizar este trabajo. A mi esposa e hija por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los ingenieros Leonardo García y Pascual Rivera por la asesoría- técnica en la elaboración del documento. A los docentes que de alguna forma me brindaron su apoyo, al jurado calificador por la dedicación a este trabajo, al personal del área de experimentación del ingenio AGROINSA, por darme la oportunidad de hacer mi trabajo de tesis y coronar mi carrera de Ingeniero Agrónomo.

Hugo Antonio Mendoza Acevedo.

SUMMARY

This present study took place between January 1995 through January 1996, at the Sugar Refinery Victoria de Julio (AGROINSA). Five dose were evaluated of N, P and K with treatments, related to the cultivation of sugar cane (*Saccharum sp L.*), with the variety L 68 - 40. The design the experiment was based on a RBD (Randomized Block Resing). The variable evaluated were: germination, population, amount of sprouting, apparent growth (height), apparent daily growth, population of groundable stems, agricultural yield, industrial yield, agro-industrial yield. The data used was submitted ta analysis of variance, fractionating of the grades of liberty for determining effects of each nutrient, analysis of regression to determine the model (lineal or square), that best adjusts to that observed and the amount estimated of doses recommended. In none of the variables studied was it observed a significant statistical difference, except in as far as germination and industrial yield, is concerned, nitrogen being that which presented a most significant influence, not so in phosphor or potassium. The doses of nitrogene to produce the optimum agricultural and agroindustrial yield was obtained through the Model of Discotinuuo Rectiline was 80 kg/ha of nitrogene, respectively, with a yield of 136 tones per hectare of sugar cane. With quantities of 60 and 80 kg/ha of fosfor and potasio.

RESUMEN

El presente estudio se realizó de enero de 1995 a enero de 1996, en el Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA). Se evaluó el efecto de cinco dosis de N, P y K con 13 tratamientos, sobre el cultivo de la caña de Azúcar (*Saccharum sp L.*), con la variedad L. 68-40. El diseño experimental utilizado fue BCA (Bloque Completo al Azar). Las variables evaluadas fueron: germinación, población, índice de ahijamiento, crecimiento aparente (altura), crecimiento diario aparente, población de tallos molibles, altura de tallos molibles, diámetro de tallos molibles, rendimiento agrícola, rendimiento industrial, rendimiento agroindustrial. Los datos utilizados se sometieron a análisis de varianza, fraccionamiento de los grados de libertad para determinar el efecto de cada nutriente, análisis de regresión para determinar el modelo (Lineal o cuadrático), que mejor se ajuste a los datos observados y estimación de la dosis recomendable. En todas las variables estudiadas no se observó diferencia estadística significativa, excepto en la Germinación y el Rendimiento Industrial, siendo el nitrógeno el que presentó influencia significativa, no así con el fósforo y el potasio. Las dosis de nitrógeno para producir el óptimo rendimiento agrícola y agroindustrial obtenido a través del Modelo Discontinuo Rectilíneo fue de 80 kg/ha de nitrógeno respectivamente, con un rendimiento de 136 toneladas por hectárea de caña, con fondos fijos de 60 y 80 kg/ha de P_2O_5 y K_2O .

1 INTRODUCCIÓN

El Azúcar es uno de los renglones del comercio internacional, aproximadamente un tercio de la producción mundial se exporta a diferentes países de donde se produce (Sherman & Riveros 1992).

Según Anon (1,959), la producción de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*), comenzó a incrementar a partir de 1,912, cuando la producción de azúcar de caña y de remolacha se igualaron. La importancia de la caña de azúcar como cultivo industrial es que de ella se obtuvieron el 70% de azúcar a nivel mundial, siendo superior al obtenido por la remolacha azucarada (*Beta vulgaris* L), que va del 15 - 20%. Además de extraer azúcar de la caña, hay otros subproductos tales como bagazo, cachaza, mieles, ceras. También tiene mucho uso en la elaboración del papel, cartón, alcohol, en la alimentación del ganado, en abono orgánico. Bien manejada la caña de azúcar controla la erosión y protege la tierra, si está sembrada en zonas de laderas amarra la tierra con la raíz y evita que el suelo se lave con las lluvias (FAO, 1,994).

Humbert (1,974), señala que la caña de azúcar, fue una de las primeras plantas tropicales adaptadas a cultivos de gran escala. Desde 1,900, la agricultura de la caña a dado una contribución única a la producción de cultivos tropicales. La economía nicaragüense está basada fundamentalmente en la producción agropecuaria, donde los cultivos de agro - exportación constituyen una de las bases principales, generadores de divisas para el país.

El MAG en conjunto con el BCN (1997), determinaron que en términos globales las exportaciones pasaron de 340 millones de dólares en 1,990 a 553 millones en 1,995. En los últimos años se espera que ascienda a más de 700 millones de dólares; el azúcar alcanzó un importante crecimiento cuya zafra en 1,996 llegó a los 38 millones de dólares contra 29 millones del año anterior, con una producción del año 95/96 de 6,300 y el año 96/97 de 6,700 (miles de quintales de azúcar). Por ello es indispensable garantizar la búsqueda de métodos que permitan lograr una mayor producción y calidad, así se tiene que el empleo eficaz de los fertilizantes a bajo costo y que proporcionan una producción adecuada constituye una de las principales líneas de trabajo de la investigación.

Sobre este aspecto de la nutrición Jacob y Uexkull (1,967), afirman que la fertilización inorgánica balanceada es la vía más usada para asegurar buenos resultados y jugos de calidad lo que da lugar a elevados rendimientos en azúcar comercial.

Al ser utilizada la caña de azúcar como un cultivo a gran escala, esta extrae del suelo gran cantidad de nutriente por lo que es relevante la reposición de estos. Barbosa(1,990) señala que muchos han sido los trabajos de extracción de nutrientes realizados en diferentes países cañeros y muchos concuerdan de que la caña retira mayores cantidades de potasio del suelo que cualquier otro elemento nutritivo, siguiendo en orden el nitrógeno y el fósforo.

Fauconnier & Bassereau (1,980), afirman que a un cultivo 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.

Debido a la importancia económica que tiene la caña de azúcar para nuestro país, se hace necesario incrementar su producción, teniendo en cuenta una serie de medidas agrotécnicas en relación al cultivo de la planta y mediante una adecuada selección de las diferentes dosis de nutrientes a aplicar, de acuerdo a las condiciones ecológicas de cada región cañera y a las propiedades físicas y químicas del suelo.

Investigaciones pertinentes se realizan en el Ingenio AGROINSA, en conjunto con la Universidad Nacional Agraria (UNA) , con el fin de determinar de manera científica las dosis adecuadas de NPK para nutrir los suelos que aportan cada año cantidades considerables de estos nutrimentos.

2 OBJETIVOS

Objetivo General

1. Determinar la dosis optima de NPK en la etapa de crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar que satisfaga las necesidades agroindustriales.

Objetivos Específicos

1. Evaluar el efecto de distintas dosis de NPK sobre los parámetros relacionados a la capacidad de almacenamiento en la caña de azúcar (germinación, población, altura y diámetro).
2. Estimar los niveles de nutrientes que ejerzan efectos positivos sobre el rendimiento industrial y agroindustrial.
3. Estimar mediante un modelo Discontinuo Rectilíneo la dosis óptima económica para obtener adecuados rendimientos Agrícolas.

Objetivo Académico

1. Realizar un trabajo con rigor técnico - Científico que contribuya a elevar nuestra formación profesional.

3 REVISION DE LITERATURA

La caña de azúcar es uno de nuestros principales cultivos y mediante investigadores se ha comprobado que para obtener buenas cosechas es necesario que la planta disponga de cantidades adecuadas de las sustancias nutritivas que requiere, con una fertilización racional, para lo cual se estudia la nutrición de la caña y los principios edafológicos que influyen en esta, para ampliar las leyes de aumento de la productividad de cada circunstancia individual (Villegas et al., 1983).

Fernandez et al., (1983) menciona que es necesario realizar la fertilización al inicio del ciclo de desarrollo de la caña sobre todo para la cosecha de ciclo corto (12 - 14 meses). Barbosa (1990) apoya este hecho mencionando que al ser utilizada la caña como un cultivo a gran escala, esta extrae del suelo gran cantidad de nutriente por lo que es relevante la reposición de estos .

Durante el proceso de asimilación el nitrógeno es transformado en sustancias proteicas para constituir parte importante del protoplasma celular por lo que debe dotarse a la caña fertilizante nitrogenado en la germinación (Fernández et al., 1983). En cuba se reportan aplicaciones de hasta 100 kg/ha de nitrógeno (C.I.D.A. 1978).

El fósforo es importante inmediatamente 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 (King, 1968).

Sánchez (1981) señala que la caña de azúcar como manejo intensivo puede extraer de 20 a 70 kg/ha de fósforo, por lo que se debe aplicar este nutriente en el suelo en cantidades considerables para que no afecte los rendimientos.

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 diluidas como 0.03 a 0.05 mg/ml de la solución del suelo (Montero & Angarica, 1992).

Las aplicaciones cada vez mayores de nitrógeno aumentan permanentemente el número de vástagos hasta llegar a un óptimo después del cual las aplicaciones adicionales de nitrógeno no surten efecto alguno (Dillewijn, 1952).

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 variables estudiadas (Ja 60-5 y My 54129), pero opinan que este debe ser aplicado para que no baje el número de plantas y los rendimientos.

Barbosa (1990) señala que muchos han sido los trabajos de extracción de nutrientes realizados en diferentes países cañeros y todos concuerdan que la caña retira mayor cantidad de potasio del suelo que cualquier otro elemento nutritivo siguiendo en orden el nitrógeno y el fósforo.

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

Thomas y 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 la aplicación del nitrógeno aumenta la tasa de crecimiento, puede asumirse que las raíces y la parte aérea fueron estimuladas incrementando por tanto el área de absorción.

El rendimiento industrial está determinado por el grado de pureza del jugo, por lo que un alto rendimiento agrícola no necesariamente está asociado con un buen rendimiento industrial. Humbert (1974) señala que el nitrógeno es el más costoso de los fertilizantes y que debe ser aplicado en cantidades óptimas puesto que si es muy poco, provoca bajos rendimiento de caña y si es mucho puede ocasionar baja calidad de los jugos.

Según González (1977), el efecto del nitrógeno en el crecimiento total de la caña es directamente proporcional e inversamente proporcional a la producción y almacenamiento de sacarosa. Hay que prestar atención y conocer cuál debe ser el momento oportuno para aplicarse, por que en parte favorece el desarrollo y en parte perjudica la cosecha y la caña.

La relación N/P, parece ser más importante en el cultivo de la caña, sobre todo cuando esta se establece sobre suelos con altos contenidos de potasio según Dillewijn (1975).

Los bajos contenidos de fósforo en el jugo se puede deber a la poca asimilación de este por la planta, la cual está en relación directa con el alto poder de fijación del fósforo. (Gómez, 1989).

Amarral (1976) no encontró diferencia significativa en el porcentaje de pol en la caña y hay un efecto depresivo a partir de los 50 kg/ha de nitrógeno. Esto se debe a que con aplicaciones de nitrógeno altas existe una mayor disolución del jugo o un desbalance nutricional con relación al potasio.

Jacob y Vexkul (1967) afirma que la caña de azúcar es una gran consumidora de potasio, el efecto de este nutriente no se manifiesta solamente por un incremento de los rendimientos de la caña sino a través del aumento en el contenido de sacarosa y de la simplificación de los procesos en el ingenio.

Resultados presentados por CENICAÑA (1996) de un experimento con la variedad CC 85 - 92, llevan a la conclusión que se necesitan dosis mayores o iguales de 100 kg/ha de nitrógeno para mantener un nivel mayor de producción.

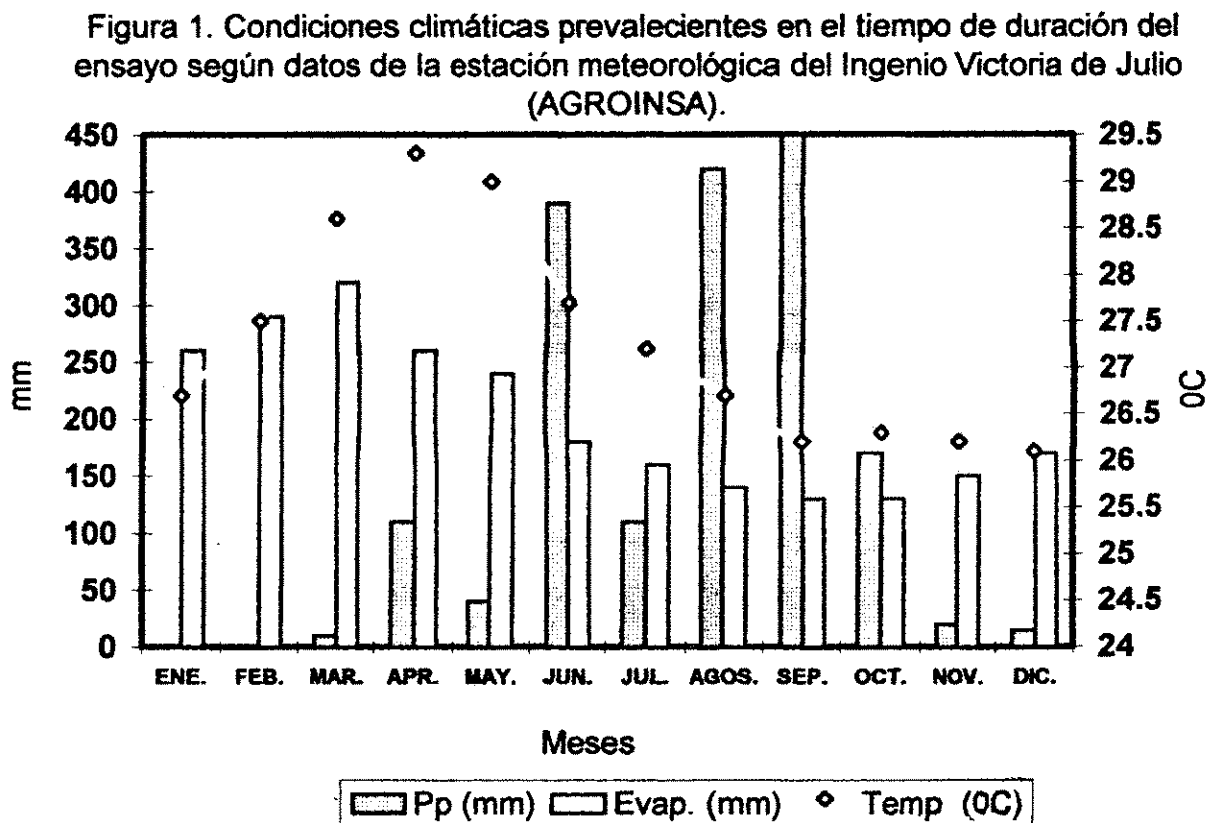
Arzola et al., (1981) encontró que las diferentes dosis de potasio no presentaron diferencia significativa pero si numéricamente, ya que este es importante en la formación de sacarosa la cual no es razón para utilizarlo en altas dosis.

4 MATERIALES Y METODOS

4.1 DATOS GENERALES

4.1.1 UBICACION DEL AREA EXPERIMENTAL

El ensayo se montó en un lote comercial caña de azúcar del Ingenio Victoria de Julio, ubicado en la carretera a Tipitapa -Malacatoya, localizado a los 12° 14' Latitud Norte y 85° 46' Latitud Oeste y a los 61 msnm. Según la estación meteorológica René Fenly Morales, las condiciones climatológicas del año 1995 - 1996 se reflejan en la Figura 1.



La Figura 1 refleja las condiciones climatológicas dadas durante el ensayo. El clima incide en la germinación de la caña de azúcar. Se observa en la Figura que en los tres primeros meses no hubo precipitación; las temperaturas y la evaporación fueron altas debido a esto. En este caso se compensó con riegos con intervalos de 8 días para evitar que la planta llegara a estrés. Cuando comenzaron las lluvias, se bajó la temperatura y la evaporación, favoreciendo aún más a la caña, ya que generalmente entre los 80 y 90 dds, se da inicio al gran período de crecimiento y la absorción de agua y sustancias nutritivas es máxima y todas las funciones fisiológicas de la planta se realizan con la máxima capacidad para responder a los factores externos; es un hecho bien comprobado que cuando se aplica abundante agua durante las etapas de desarrollo, los cañaverales son mejor poblados, ya que el ahijamiento se ve estimulado (Fernández et al., 1,983).

4.1.2 DESCRIPCION DEL SUELO

El ensayo fue montado en suelo vertisol de la serie "MALACATOYA"(My) Tipic pellusters. Este suelo se distribuye en la planicie de sedimentacion y se localiza en tres áreas del proyecto, fundamentalmente al este del mismo, ocupando un área de 2399.5 hectáreas la que representa un 11.6% del área total.

4.1.2.1 USO ANTERIOR DE LA TIERRA

Se cultivaba algodón, ajonjolí, arroz, y existían árboles y arbustos. También habían zonas donde se ocuparon para pastos como jaragua.

4.1.2.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA

La zona del proyecto ha sido intervenida para la explotación agropecuaria en un 63% aproximadamente y solamente un 37% se encuentra cubierto por bosques frondosos de baja densidad y de tipo arbustivo.

4.1.2.3 FORMACION DE SUELOS NEGROS

Se encuentra en casi todo el territorio del proyecto, ocupando superficies depresionales, dentro de la planicie volcánica y su mayor distribución se encuentra en las planicies de sedimentación e indiferenciados. Factor determinante en la formación de estos suelos es el relieve, ya que la topografía plana y preferentemente depresionales, combinada con el continuo escurrimiento superficial y baja permeabilidad, favorece la saturación de estos suelos, produciendo encharcamientos durante la estación lluviosa. Esta condición favorece los procesos de hidromorfismos y consecuentemente la formación de la arcilla expandible, de tipo 2:1 (montmorillonita), que son las causante directas de superficie de presión o de deslizamiento, y cuando se desecan por los cambios bruscos de humedad entre la estación lluviosa y la estación seca, generan grietas que producen continuos volteos debido a contracciones y dilataciones.

Los suelos vertisoles presentan un perfil de tipo AC ya que su evolución es continuamente interrumpidas por las razones antes apuntadas.

Los suelos que obedecen a este tipo de desarrollo se han formado a partir de deposiciones de sedimentos de suelo vecinos o aluviales ya que luego sufrieron un proceso de degradación producido por condiciones de hidromorfismo estacional siendo el factor determinante de esta situación el relieve.

4.1.2.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL SUELO

Serie	My
Perfil	N° 45
Fase	My D ₂
Topografía	Llana o plana
Pendiente	Menor del 1 %
Drenaje Externo	Muy lento
Drenaje Interno	Muy lento
Coloración	Negra o gris, muy oscura en el horizonte A, y gris rojizo oscuro en el horizonte enterrado II B.
pH	Neutro
Mineral predominante	Montmorilonita
Textura	Arcillosa
Estructura	Bloques Sub - angulares, fuertes cuando se es húmedo y muy fuerte en el Sub - suelo en seco.
Porosidad	Fina

Fuente: Estudio de factibilidad proyecto agroindustrial azucarero Tzitzitapa - Malacatoya (Midiara, 1978).

4.1.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los trece tratamientos se montaron en un diseño de bloques completo al azar, con cinco repeticiones. La parcela experimental contó de 4 surcos de 8 m de longitud, separados cada uno entre sí a 1.40 m, para un área de la parcela experimental de 44.8 m². Se tomaron como parcela útil los dos surcos del centro de cada parcela con un área para la parcela útil de 22.40 m². La separación entre cada parcela experimental es de un surco muerto. El área total del ensayo fue de 5,352 m².

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

Prof (cm)	pH	%	%	ppm	meq/100g	suelo	ppm	ppm	ppm	ppm	
	H ₂ O	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
0-30	6.5	2.0	0.10	1.7	0.61	17.3	9.1	1.0	2.34	0.50	0.2

FUENTE: (UNA, 1995). Laboratorio de Suelo y Agua.

Tabla 2. Análisis Físico del Suelo.

Profundidad	% Arcilla	Análisis % Limo	de % Arena	Textura Clase Texto
0-30	80	15	5	ARCILLOSO

FUENTE: (UNA, 1995). Laboratorio de Suelo y Agua.

Analizando las Tablas 1 y 2 se tiene que el pH es ligeramente ácido, la materia orgánica es media, el contenido de nitrógeno es medio, el contenido de fósforo es pobre, el contenido de potasio es alto, el contenido de calcio, magnesio y cobre son altos; el hierro el zinc y el manganeso son bajos. Estos análisis fueron comparados con los rangos de clasificación aproximada de nutrientes en suelos de Nicaragua (Quintana et al., 1992) de interpretación de los resultados de laboratorio de suelo de la universidad nacional agraria (UNA).

El ensayo fue montado el 27 de enero de 1995 y la cosecha se realizó cuando la caña tenía 12 meses de edad el 27 de enero de 1996; utilizando la variedad L.68-40. (ver Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de la variedad L.68-40.

Origen:	Lousiana E.U.A. variedad híbrida del año de 1968.
Tipo de madurez:	Media/Tardía.
Hábito de crecimiento:	Erecto.
Ahijamiento:	Mayor o igual a 12 tallos por metro.
Color del Tallo:	Amarillo anaranjado con abundantes manchas y estrillas rojizas.
Entrenudo:	Cilíndrico
Altura:	Mayor o igual a 210 cm.
Yemas:	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 del tallo, poco prominente al tacto.
Hojas:	Medias a anchas y a unos 45 ° respecto al tallo.

* Esta variedad es tolerante al carbón de la caña y resistente a la diatraea*

FUENTE: Estudio de factibilidad, proyecto agroindustrial azucarero Tipitapa-Malacatoya (MIDINRA 1978).

4.2 VARIABLES EVALUADAS

4.2.1 MEDICIONES ANTES DE LA COSECHA

4.2.1.1 GERMINACION

Se realizó a los 30 días después de la siembra, contando el total de plantas germinadas en cada uno de los surcos, en todas las parcelas y en todos los bloques. La germinación se expresó en porcentaje, calculándose de la siguiente manera:

$$\%GERMINACION = \frac{\text{TOTAL DE YEMAS GERMINADAS}}{\text{TOTAL DE YEMAS SEMBRADAS}} \times 100$$

4.2.1.2 POBLACION O AHIJAMIENTO

Se realizó quincenalmente a partir de los 45 días después de la siembra (dds), contando el total de plantas en los 2 surcos centrales de cada parcela, en los tres bloques centrales. Estos conteos reflejaron el ahijamiento y se expresa en plantas/metro. Estos conteos se realizaron hasta que la curva de ahijamiento mostró su punto máximo y comenzó a descender. A partir de este punto máximo se realizaron otros cuatro conteos quincenales. A partir de estos los conteos fueron mensuales.

4.2.1.3 INDICE DE AHIJAMIENTO

Se calculó por parcela, dividiendo las plantas por metro obtenidas en cada muestreo entre el número de plantas por metro obtenida a los treinta días después de la siembra, reflejándonos la cantidad de hijos producidos.

4.2.1.4 CRECIMIENTO APARENTE (ALTURA)

La altura de planta fue la medición realizada desde la base de la planta hasta el primer "cuello" o cuello visible, expresado en centímetros. Para ello se seleccionaron a partir de los 45 días 6 plantas por parcelas, presentando el mismo porte y aspecto. Las plantas fueron seleccionadas de los surcos centrales, colocando una cinta plástica entre la segunda y tercera hoja, teniendo cuidado de recolocar la cinta a medida que la planta fue creciendo y engrosando. La altura de estas plantas se midió quincenalmente, a partir de los 45 dds. La altura de planta por parcela fue la altura media de la plantas medidas en cada parcela.

4.2.1.5 CRECIMIENTO DIARIO APARENTE

Se calculó restando la altura de una medición posterior a la altura de una medición anterior, dividiendo el resultado entre el número de días transcurridos en las dos mediciones, reflejando el efecto de los tratamientos.

4.2.2 MEDICIONES A LA COSECHA

4.2.2.1 POBLACION DE TALLOS MOLIBLES

Se contaron todos los tallos molibles en cada uno de los surcos de cada parcela en todos los bloques. Esta población se expresó en tallos molibles por unidad de área.

4.2.2.2 ALTURA DE TALLOS MOLIBLES

En cada una de las parcelas y en todos los bloques se midió la altura a 10 tallos molibles enteros tomados al azar, expresado en centímetro.

4.2.2.3 DIAMETRO DE TALLOS MOLIBLES

Esta variable se midió al momento de la cosecha. A los mismos tallos que se les midió la altura, se midió el diámetro en la parte central de cada tallo realizando esta con cada uno de los cinco bloques que comprendieron el área del experimento, midiendo en centímetro.

4.2.2.4 PESO POR TALLO

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

4.2.2.5 RENDIMIENTO AGRICOLA

Se pesaron todos los tallos molibles de cada surco y de cada parcela en todos los bloques del ensayo. El rendimiento agrícola se expresó en ton de caña/ha.

4.2.2.6 RENDIMIENTO INDUSTRIAL

Al momento de la cosecha se procedió a tomar una muestra de 10 tallos molibles al azar, distribuidos en los dos surcos centrales de cada parcela en todos los bloques. Estas muestras se enviaron al laboratorio para su análisis industrial respectivo (brix, sacarosa, pureza). El rendimiento industrial se expresó en libras de azúcar/ton de caña.

4.2.2.7 RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL

Este rendimiento es el resultado de multiplicar el rendimiento industrial por el rendimiento agrícola, y se expresó en toneladas de azúcar/ha.

4.3. MANEJO FITOTECNICO

- La preparación del suelo fue a los 15 días antes de la siembra y consistió de un pase de arado, un pase de grada media y dos pases de grada fina.

- La siembra se realizó con caña semilla de 7 meses de edad de crecimiento normal, con trozos de 3 yemas por metro y una densidad de siembra de 9 yemas por metro.

- La aplicación de los tratamientos se realizó al fondo del surco junto con la semilla y al momento de la siembra, tapando la semilla y el fertilizante, luego se aplico el primer riego. (ver Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de los tratamientos

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

Las fuentes utilizadas fueron:

NITRÓGENO: UREA 46% Nitrógeno.

FÓSFORO: Super Fosfato Triple con 46% de P₂O₅.

POTASIO: Cloruro de potasio (KCl) con 60% de K₂O.

- Se tomaron muestras de suelo antes de la siembra, para realizar análisis físicos y químicos del suelo en el lote experimental, con una profundidad de 30 cm, y cuyos resultados se presentan en la Tabla 1 y 2.

- El control de maleza primeramente fue a los trece dds, aplicándose Arsenal a 0.75 lt/mz. Posteriormente el control fue manual, cuando las circunstancias así lo requirieron, manteniendo el área experimental libre de maleza durante todo el resto del ciclo.

- Se aplicaron riegos con intervalos de 8 días y en los meses de invierno (mayo - octubre), de manera ocasional, este se suspendió un mes antes de la cosecha. El tipo de riego utilizado fue de Pivote Central.

- La cosecha se realizó de forma manual, el día 27 de enero de 1,996.

2.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Tomando en consideración que el objetivo principal de evaluar dosis de nutrientes es obtener una dosis recomendable que nos permita optimizar la productividad agrícola, el análisis de los resultados no debe terminar en la comparación de medias sino utilizar modelos matemáticos que nos permitan estimar la dosis óptima económica.

Por tanto, los pasos a seguir en el análisis estadístico fueron los siguientes:

- Análisis de Varianza.

- Fraccionamiento de los Grados de Libertad para determinar el efecto de cada nutriente en el que se evalúen más de un nutriente.

- Análisis de regresión para determinar el modelo matemático (Lineal o cuadrático), que mejor se ajuste a los datos observados.

- Estimación de la dosis recomendable, por el Modelo Discontinuo Rectilíneo descrito por Braga (1990).

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 MEDICIONES ANTES DE LA COSECHA

5.1.1 GERMINACION

En la vida de cualquier cañaveral el primer salto cualitativo de importancia es la germinación de las yemas del trozo plantado ya que es la base que garantiza la continuidad del desarrollo. La germinación es la base para obtener buenos rendimientos, ya que proporciona los tallos primarios para la formación de ahijamiento. En la Tabla 5, se presentan los porcentajes de germinación.

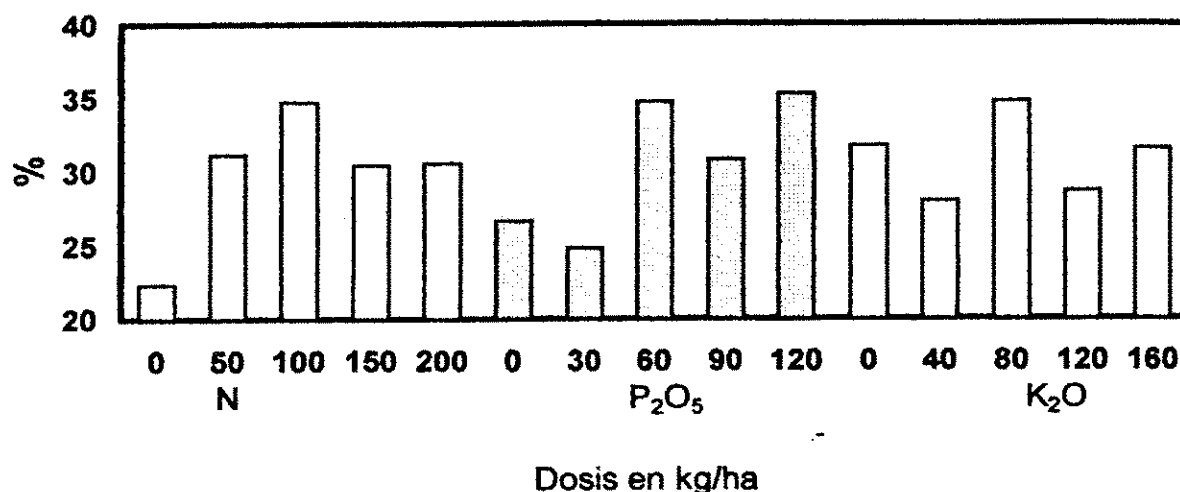
Tabla 5. Porcentaje de Germinación de la Variedad L68 - 40. Caña Planta.

No.	Tratamiento	Germinación (%)
1	0 - 60 - 80	22.36
2	50 - 60 - 80	34.18
3	100 - 60 - 80	34.72
4	150 - 60 - 80	30.41
5	200 - 60 - 80	30.55
6	100 - 0 - 80	26.66
7	100 - 30 - 80	24.79
8	100 - 90 - 80	30.83
9	100-120 - 80	35.28
10	100 - 60 - 0	31.73
11	100 - 60 - 40	27.98
12	100 - 60 - 120	28.67
13	100 - 60 - 160	31.53

Los análisis de varianza demuestran que hay diferencia significativa solamente para el nitrógeno, con efecto cuadrático. Cuando no hay presencia de nitrógeno aplicado se observa que hay una baja germinación, lo que indica que el nitrógeno es relevante para la germinación de la caña; en la edad joven señala Humbert (1,970), la planta absorbe y almacena Nitrógeno en exceso para aprovecharlo en el futuro crecimiento; ello indica que es conveniente suministrar a la caña suficiente nitrógeno durante sus primeras semanas de vida.; durante el proceso de asimilación el nitrógeno es transformado en sustancias proteicas para constituir así parte importante del protoplasma celular , por lo que se debe dotar a la caña de fertilizante nitrogenado en el brote ya que se logra un aumento de brotes, reduciendo el tiempo requerido de este y aumentando los rendimientos de caña.

En la Tabla 5, se puede observar que al ir aumentando las dosis de nitrógeno de 0 a 100 kg/ha aumenta considerablemente el efecto cuadrático hasta un 35% en la germinación como se muestra en la figura 2, dosis mayores de 100 kg/ha tienden a disminuir los porcentajes de germinación.

Figura 2. Porcentajes de Germinación de Caña de Azúcar en función de dosis de N, P₂O₅ y K₂O



Según Informes Agronómicos del Instituto de la potasa y el fósforo (1,997), el fósforo promueve y fortalece el crecimiento de la raíz, permite una mejor utilización del agua y la hace tolerante a la sequía, ayuda en la transferencia de energía muy necesaria en la etapa inicial del desarrollo de la planta.

Humbert (1,970), señala además que el macollamiento y desarrollo de los tallos primarios y secundarios dependen en gran parte de las existencias de fósforo. El crecimiento de la parte aérea de la planta depende en gran parte del desarrollo de su sistema radicular, en eso también el fósforo es un elemento clave.

El fósforo no tiene diferencia significativa en los diferentes tratamientos, pero numéricamente se puede observar en la figura 2, que hay un incremento de brotación hasta los 60 kg/ha de P₂O₅.

Según Humbert (1,970), el potasio influye en el desarrollo normal de las raíces, favoreciendo la germinación. En este caso el potasio no hubo influencia significativa. Numéricamente se puede observar en el Figura 2, que con la dosis de 80 kg/ha de K_2O con dosis de fondo de 100 y 60 kg/ha de N y P_2O_5 , respectivamente se dio mejores porcentajes de germinación, pero comparando con las dosis de 0 y 160 kg/ha la diferencia es solo del 3 por ciento.

5.1.2 POBLACION O AHIJAMIENTO

El ahijamiento es un conjunto de tallos que forman la unidad fisiológica y aerotécnica conocida por planta o plantón de caña, es una característica beneficiosa de cualquier variedad, pues es a partir de este proceso que cada planta se provee de un adecuado número de tallos, requisito indispensables para obtener altas producciones de caña por unidad de superficie.

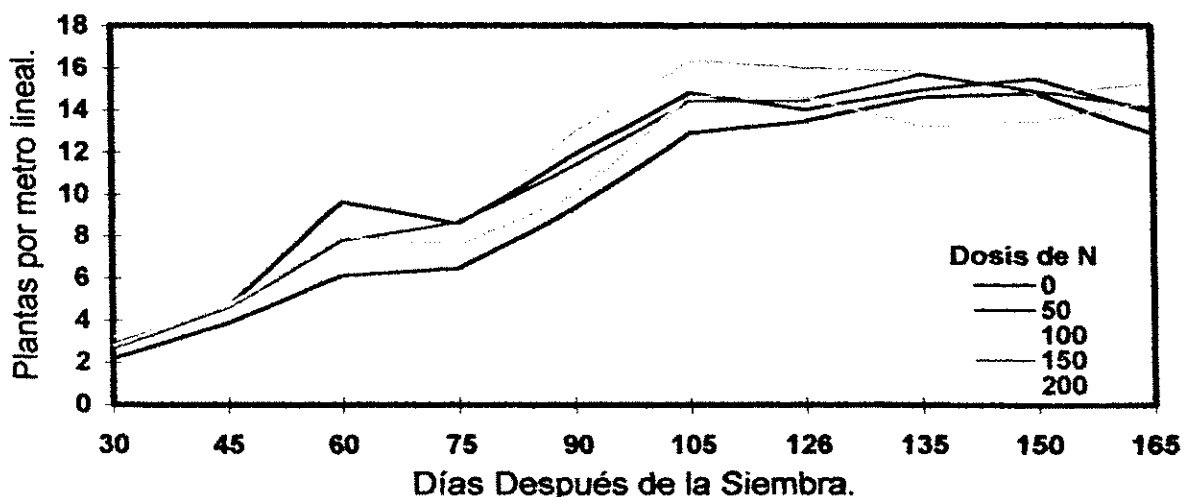
Esta variable es parte de las fases de desarrollo de la caña de azúcar en general, inmediatamente después del brote (González, 1,977).

En las Figuras 3, 4 y 5, se reflejan los comportamientos de las curvas según el tratamiento aplicado y sus dosis respectivas. Independientemente de las dosis aplicadas, provocando estas mayores o menores resultados, se puede observar que al comparar la población a los 30 días después de la siembra y a los 105 días después de la siembra, el macollamiento de la caña planta aumenta sea este pobre o alto, según las dosis aplicadas, provocando después pequeñas variaciones de los 105 dds a los 165 dds, manteniéndose más estable la curva a medida que la caña va acercándose a la maduración. Estadísticamente no hubo diferencia significativa en esta variable en los diferentes tratamientos (Anexo 3).

En el caso del nitrógeno, se puede observar que a medida que la planta va creciendo, el requerimiento de nitrógeno va aumentando y hay mejores respuestas al aplicar este nutriente en comparación con la dosis de 0 nitrógeno, según la Figura 3. Similares resultados los tuvieron Ruiz & Zelaya (1,996), Gurdíán & Fernández (1,996), Herrera & Pérez (1,997). La no aplicación de N o el exceso (200 kg/ha de N) de este provocaron bajas poblaciones en este ensayo, sin embargo, con la dosis de 100 kg/ha de N se mantuvo por encima de las demás dosis de N.

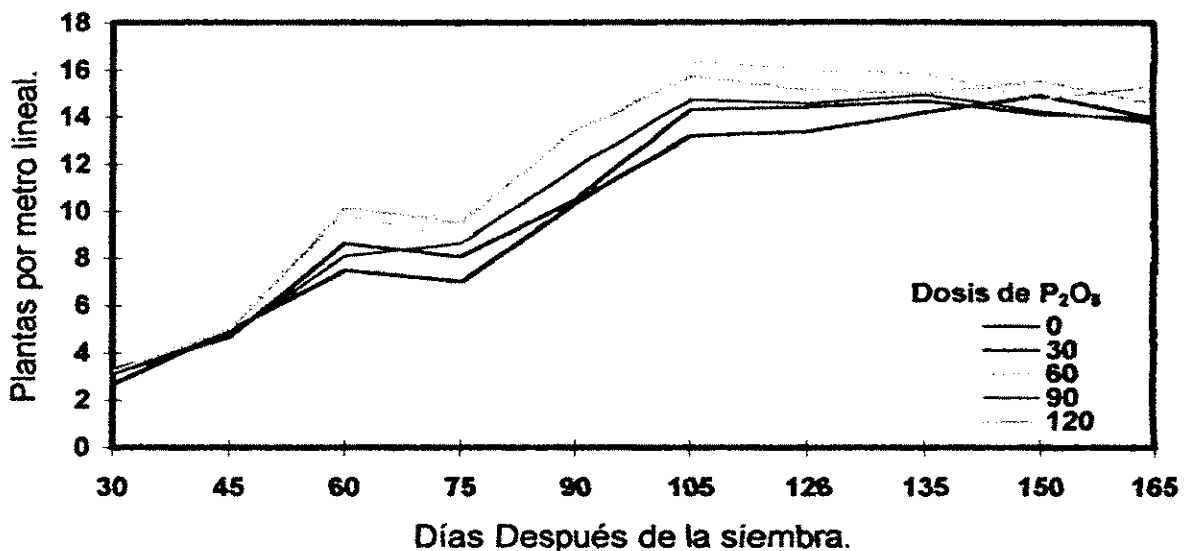
Este nitrógeno es absorbido en cantidades mayores por las pequeñas plantas de caña que utilizan durante las primeras pocas semanas de su crecimiento, es en este período cuando los tallos tienen de doce a catorce hojas verdes que el nitrógeno influye en un grado mayor (Humbert, 1,970). A los 105 días después de la siembra se da un máximo ahijamiento de la caña planta.

Figura 3. Plantas por metro de la variedad L68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno.



La adición de fósforo es importante inmediatamente 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, secundarios y terciarios; mejora el ahijamiento de las plantas de la caña y es imprescindible para la formación de un sistema radicular fuerte y vigoroso (King, 1,968).

Figura 4. Plantas por metro de la variedad L68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo.

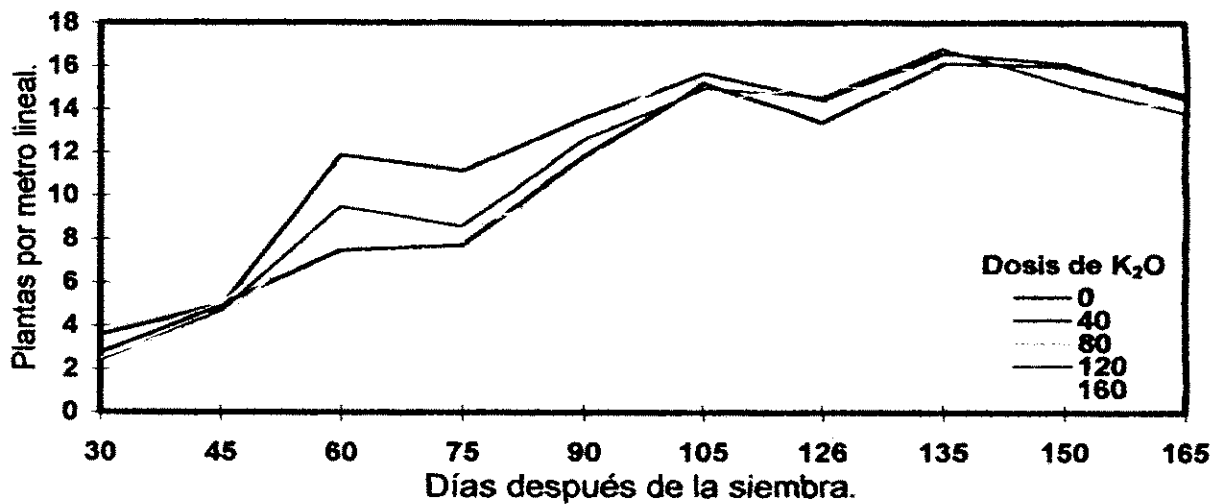


Las dosis de P_2O_5 provocaron incremento en el ahijamiento de los 75 a los 105 días después de la siembra, ver Figura 4. Aunque no hubo diferencias significativas en los análisis estadístico al haber deficiencia en este elemento se disminuye el ahijamiento.

Aunque los análisis de suelo de este ensayo demuestran que hay baja disponibilidad del fósforo en el suelo, en la gráfica se refleja que con las dosis de 60 y 120 kg/ha de P_2O_5 resultaron mayores poblaciones, por lo que al aplicar en este caso mayores dosis de 60, sería un consumo de lujo para la planta.

Arzola, Fundora y Machado (1,981), señalaron que a diferencia del nitrógeno y fósforo, el potasio aparentemente no forma parte integral de procesos estructurales, su función más básica es metabólica, catalítica. González (1,977), plantea que los efectos del potasio son bien marcados y satisfactorios para el desarrollo total de la planta. Es por esto que aunque este suelo tenga suficiente potasio, si no le aplicamos este nutriente tiende a disminuir la población, siendo que con dosis de 40 kg/ha de K_2O responde más favorablemente siguiéndole las dosis de 80, 120 y 160 kg/ha de K_2O , reflejando que no es mucha la diferencia entre estas dosis, pero si las hay con las dosis de 0 kg/ha de K_2O .

Figura 5. Plantas por metro de la variedad L68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio.



5.1.3 ÍNDICE DE AHIJAMIENTO

La caña de azúcar es un cultivo industrial que tiene como característica primordial la producción de tallos primarios, secundarios y terciarios (macollamiento). Esto es muy importante porque de esto se obtienen altas producciones de caña por unidad de superficie.

El índice de ahijamiento está dado en la división de las plantas por metro obtenidas en cada muestreo entre las plantas por metro obtenidas a los treinta días después de la siembra, indicando el ahijamiento aumentado por días.

Dillewijn (1,952), señala que el macollamiento es muy importante porque dota a las plantas del número apropiado de tallos que se requieren para un buen rendimiento.

En la Figura 6 se puede observar que la dosis de 0 kg/ha de nitrógeno presenta mayores fluctuaciones. Esto se debe a que a los 30 días después de la siembra(germinación), esta dosis presentó baja población y al hacer la relación de la población de cada muestreo entre población a los 30 dds, la dosis de 0 kg/ha de nitrógeno presenta datos mayores de población demostrando que la caña planta respondió numéricamente a la aplicación de dosis mayores de 0 kg/ha de nitrógeno.

El fósforo tiene similar comportamiento con el nitrógeno como se puede observar en la Figura 7. A medida que se aumentan las dosis de fósforo disminuye el índice de ahijamiento indicando que este tiene resultados satisfactorios al ir incrementando las dosis de 0 - 90 kg/ha.

En el caso del potasio no existió diferencia estadística pero si numéricamente como se puede ver en el Figura 8, en el que las dosis mayores fueron de 120, 0 y 40 kg/ha, esto se debe a que en la germinación fueron las que tuvieron menor porcentaje germinativo; siendo que las dosis de 80 y 160 kg/ha tuvieron menor comportamiento, debiéndose que en la germinación tuvieron mayores porcentajes.

Figura 6. Índice de ahijamiento de la variedad L.68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de nitrógeno.

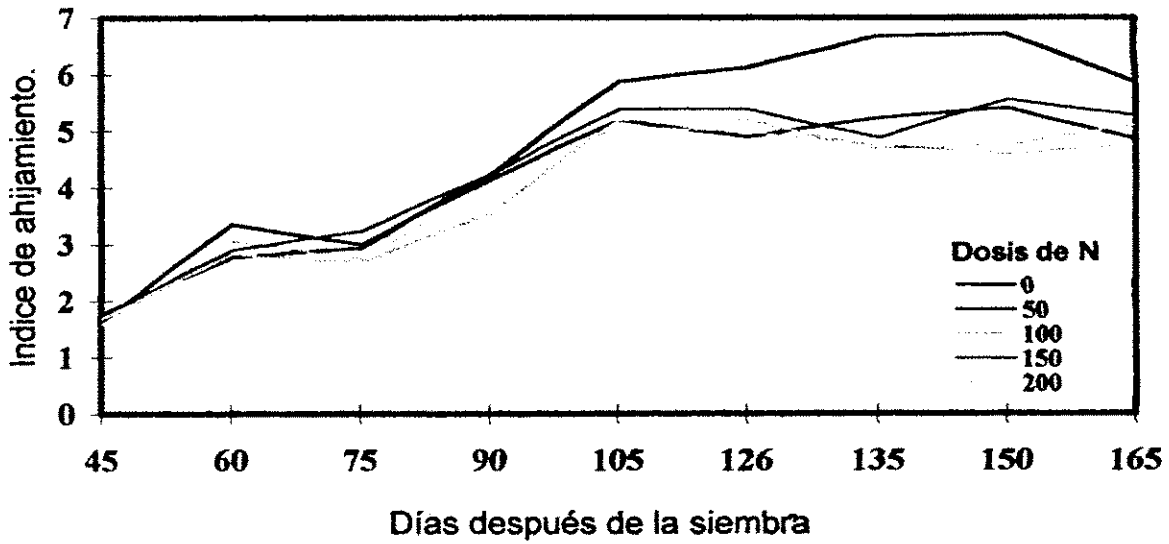


Figura 7. Índice de ahijamiento de la variedad L.68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de fósforo.

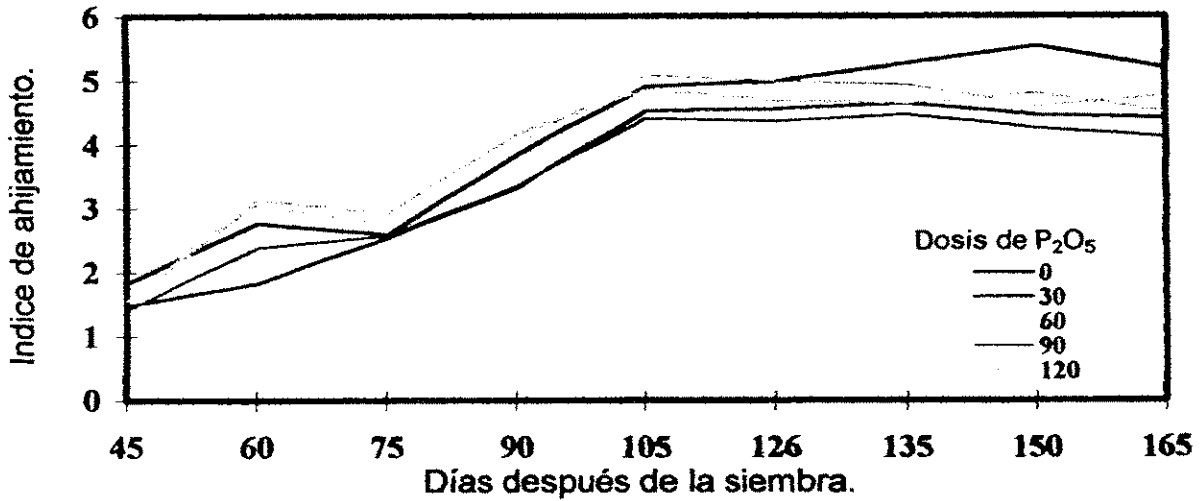
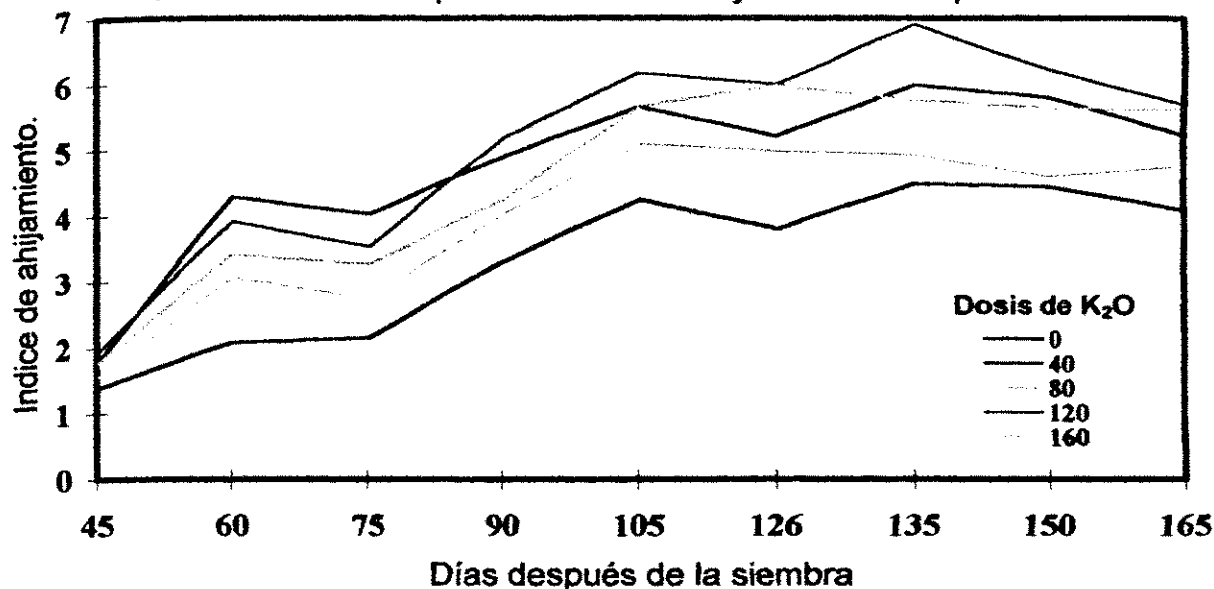


Figura 8. Índice de ahijamiento de la variedad L.68 - 40 en función de días después de la siembra y de dosis de potasio.



5.1.4 CRECIMIENTO APARENTE (ALTURA)

Refleja el crecimiento aparente de la caña planta. Es el incremento en tamaño de los tallos medido desde la base de la planta hasta el primer dewlap visible en el tallo. Cuando se mide el crecimiento aparente se observa la curva de crecimiento de gran período. La longitud alcanzada por los tallos es fundamental en todo cañaveral durante la etapa del gran período de crecimiento, ya que influye directamente en el peso total de la cosecha (Rendimiento Agrícola).

En las Figuras 9, 10 y 11 se refleja el comportamiento de la curva según el tratamiento aplicado y su dosis respectivas. No hubo diferencia significativa en los tratamientos aplicados (Anexo 4).

Numéricamente se observa en las Figuras que el nitrógeno, P_2O_5 y K_2O tuvieron el mismo comportamiento. Hay incremento en el crecimiento aparente a partir de los 75 dds.

González (1,977), plantea que la mayor cantidad de nitrógeno absorbido ocurre en los primeros 90 días. En la Figura 9 se puede observar que al no aplicar nitrógeno así como el exceso de este nutrimento disminuye el crecimiento de la caña en este ensayo.

El fósforo se concentra en los tejidos meristemáticos y en las zonas de alargamiento de la caña , y es donde ocurre altas concentraciones de P_2O_5 participa en la división y multiplicación de las células, en lo que resulta la elongación del tallo y de las raíces y el crecimiento de la planta. Numéricamente en la Figura 10 se observa claramente que cuando no se aplica este nutriente hay menor crecimiento en la caña, al aumentar las dosis provoca mejores resultados.

El potasio influye en la estructura celular, asimilación del carbón, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidones, traslocación de proteínas y azúcares, admisión de agua en la planta, desarrollo normal de las raíces y muchos otros procesos de la vida vegetal.

En el crecimiento de la planta no influye mucho como se puede notar en la Figura 11; se observa que no hubo mucha influencia ya que dosis de 40 y 120 kg/ha reflejan similares resultados. Sin embargo, si no se aplica el K_2O , se disminuye el crecimiento de la caña.

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

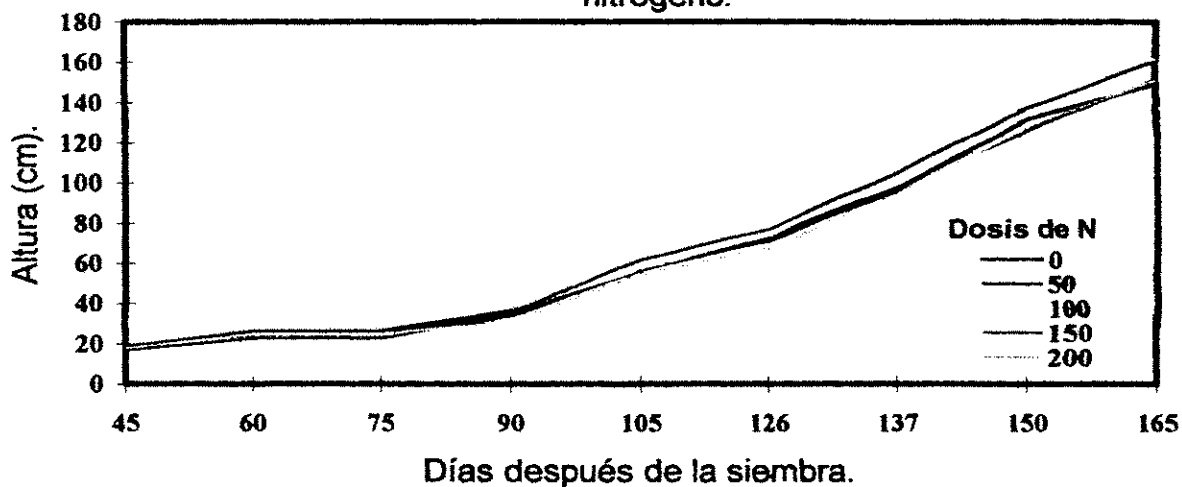


Figura 10. Crecimiento aparente de la variedad L.68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de fósforo.

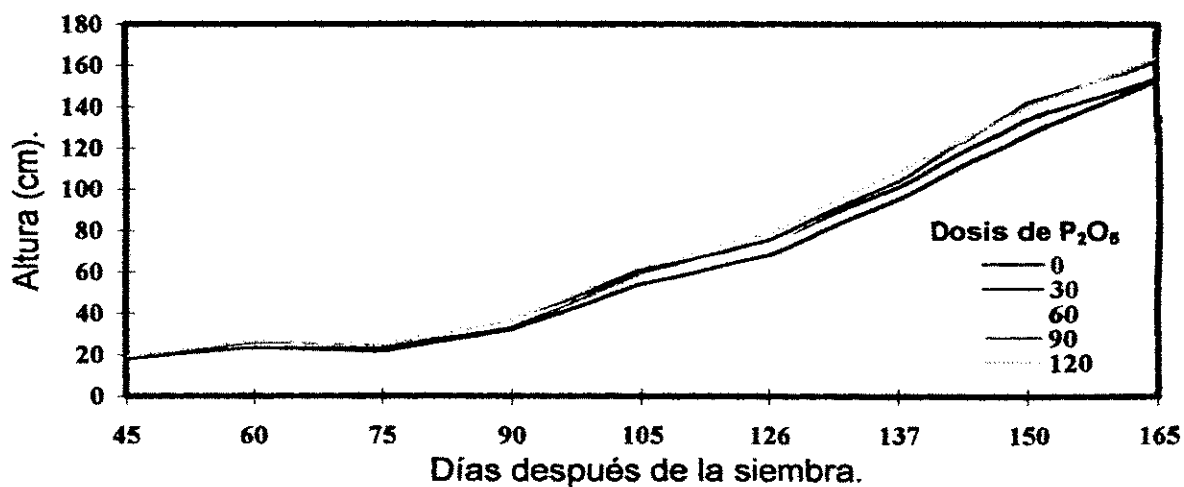
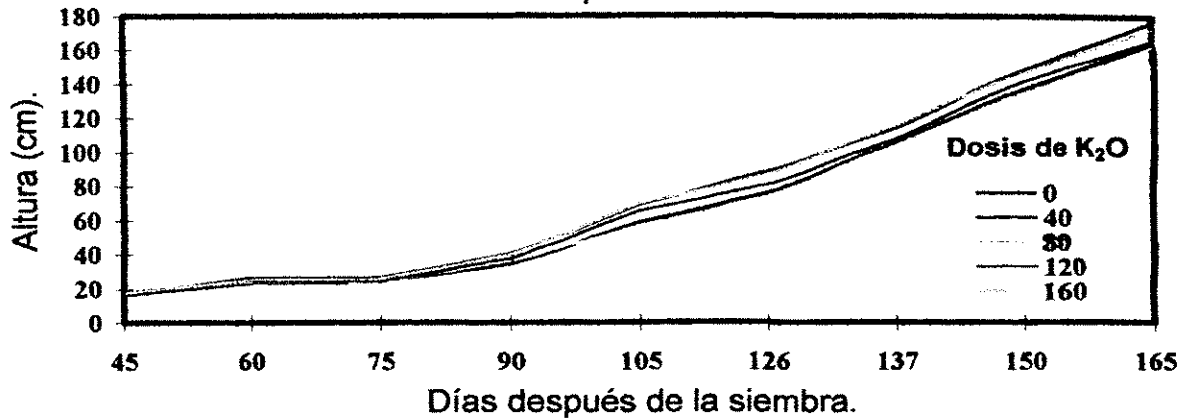


Figura 11. Crecimiento aparente de la variedad L.68-40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de las dosis de potasio.



5.1.5 Crecimiento diario Aparente

Esta variable refleja el efecto de los tratamientos y condiciones ambientales en el crecimiento diario de la caña. Fernández et al. (1,983) menciona que esta variable está ligada al crecimiento aparente, refleja diariamente el comportamiento ascendente de la curva del gran período de crecimiento.

En las Figuras 12, 13 y 14 podemos observar las respuestas de las diferentes dosis de nitrógeno, P₂O₅ y K₂O, donde el comportamiento que sigue el crecimiento diario aparente es que comienza a incrementar ascendentemente a los 105 hasta llegar a un máximo a los 137 dds, reflejando después un descenso del crecimiento diario aparente que es cuando la caña comienza la etapa de maduración. También se observa que al no aplicar dosis de nutrientes se da poco crecimiento en la caña planta de este suelo, por lo que hay que garantizarle a la planta dosis de adecuados nutrimentos.

Dillewijn (1,952) nos dice citando a Van Den Homet (1,932), que en el normal desarrollo de las plantas de caña la concentración de nitrógeno debe ser mayor que la del fósforo y potasio, por lo que concuerda con los resultados obtenidos en las Figuras 12, 13 y 14 donde la combinación con mejores resultados numéricos fue de 100, 60 y 80 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente donde se absorbió mayor cantidad de nitrógeno.

Dillewijn (1,952), también señala que la tendencia normal de la longitud de los canutos de un tallo, está asociada con el gran 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.

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

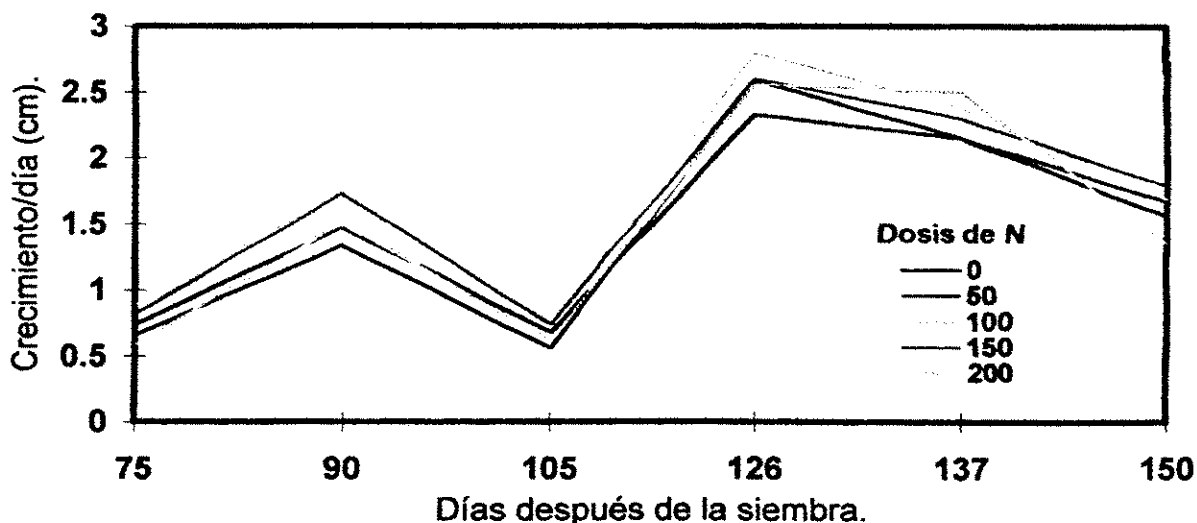


Figura 13. Crecimiento diario aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de fósforo.

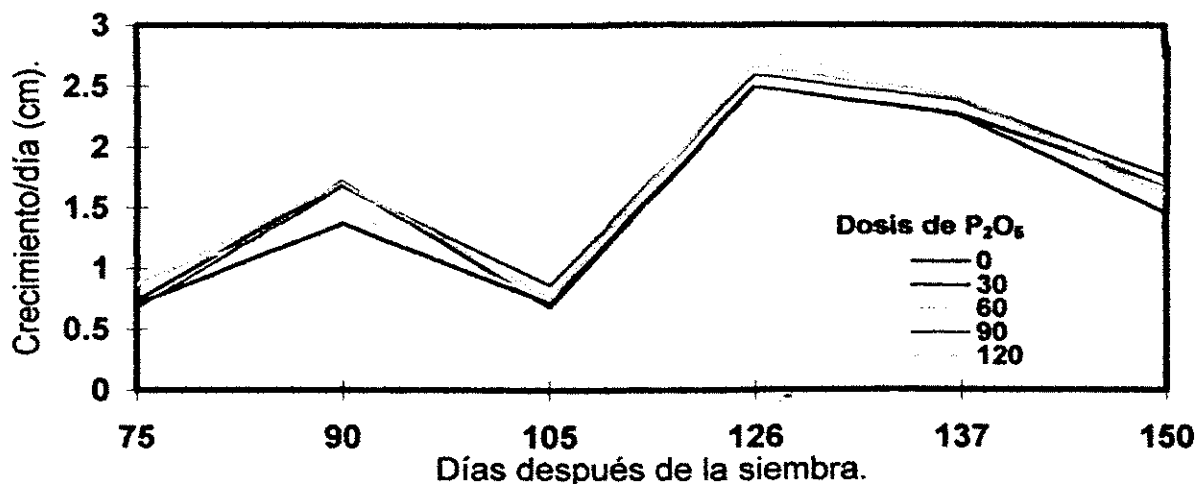
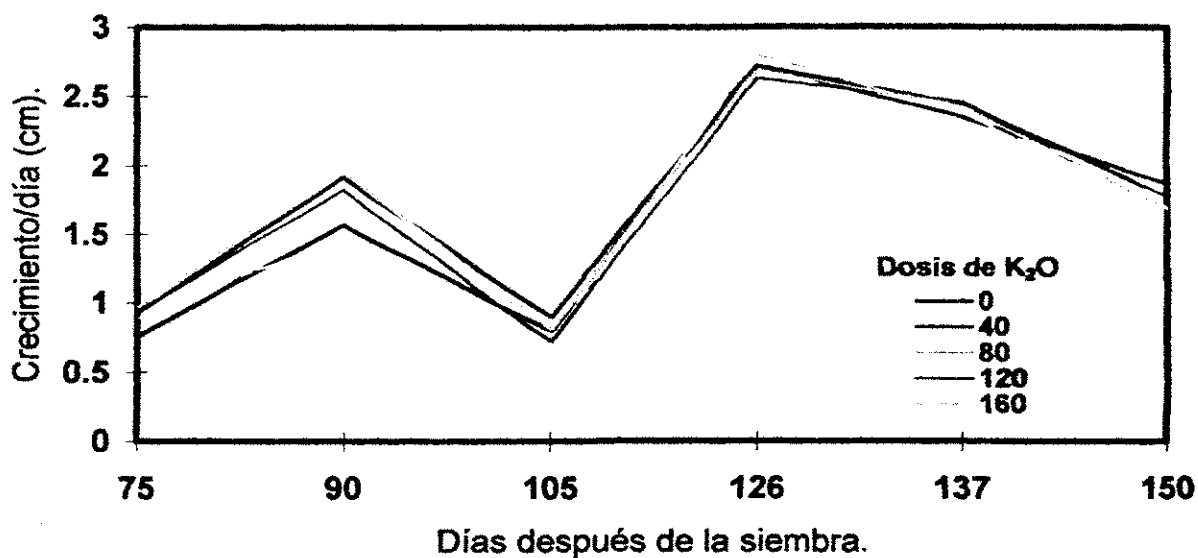


Figura 14. Crecimiento diario aparente de la variedad L68 - 40 en la etapa de crecimiento y desarrollo en función de la dosis de potasio.



5.2 MEDICIONES DESPUES DE LA COSECHA

5.2.1 POBLACION DE TALLOS MOLIBLES

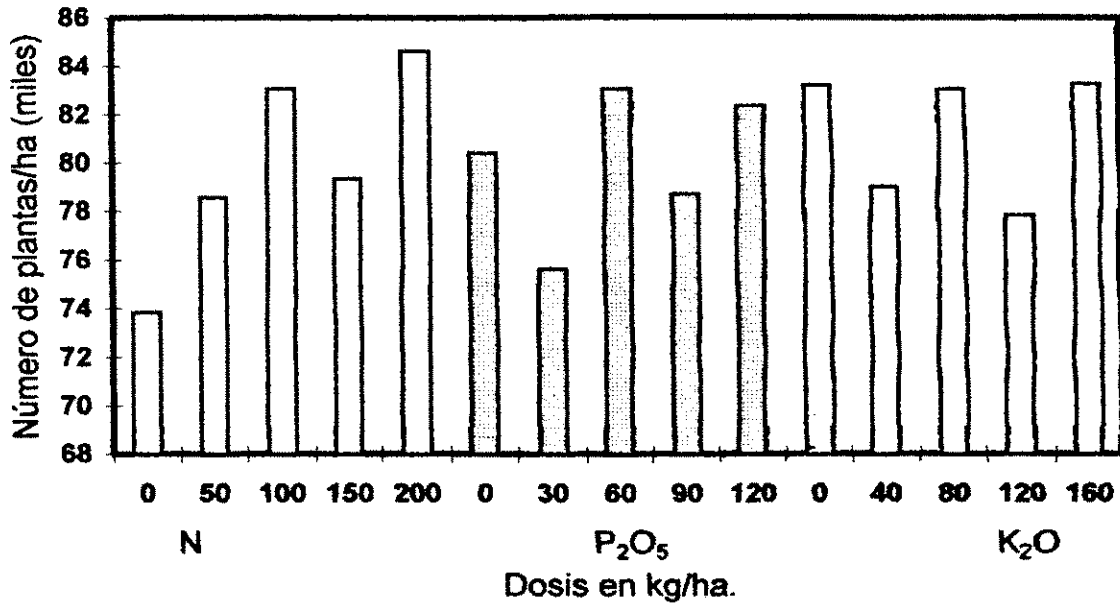
La cantidad de tallos presentes en la cosecha es una función directa con el peso total de una cosecha, (Rendimiento Agrícola), por lo que cuantificando el número de tallos cosechados nos determinó el rendimiento alcanzado en nuestro ensayo.

No hay diferencia significativa en las dosis de N, P_2O_5 y K_2O , (Anexo 1). Pero numéricamente se puede observar en la Figura 15, que al aumentar las dosis de nitrógeno de 0 a 100 kg/ha hay un incremento en el número de plantas de caña hasta un 11%, demostrando la asimilación de este nutriente. Si se aplica mayores dosis no se obtiene mejores resultados, concordando con Dillewijn (1,952), quien plantea que las aplicaciones cada vez mayores de nitrógeno aumentan el número de vástagos, llegando a un óptimo, por lo que después no surte efecto aplicar más dosis de este nutrimento.

El P_2O_5 no influyo significativamente, si numéricamente con dosis de 60 kg/ha presentó mayor población, similares resultados obtuvieron Ruiz & Zelaya (1996), coincidiendo en afirmar que el fósforo mejora el ahijamiento.

El K_2O no mostró influencia estadística ni numérica en la población de tallos molibles (Figura 15).

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



5.2.2 ALTURA DE TALLOS MOLIBLES

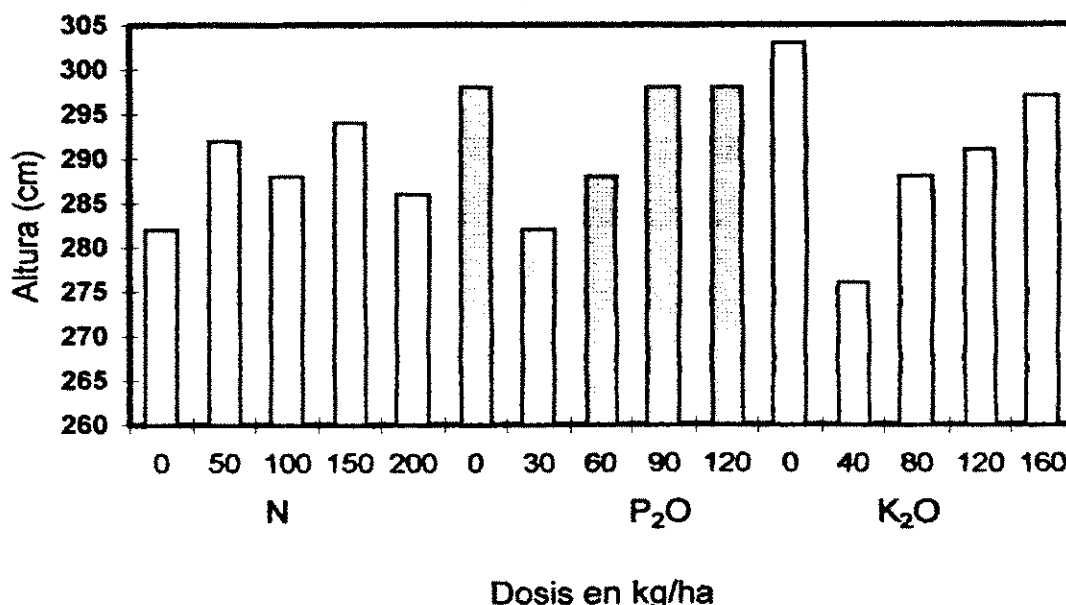
Con esta variable se determina la longitud de los tallos cosechables, es un componente del Rendimiento Agrícola y es una de las más importantes ya que al obtener una mayor altura hay mayor número de yemas y mayor concentración de sacarosa.

Según el análisis de varianza sobre el efecto de las alturas finales no hay diferencia significativa en el N, P₂O₅ y K₂O, (Anexo 1).

Con respecto a los resultados numéricos, en el caso del nitrógeno, se observa que hay un aumento en la altura cuando se aplican 50 kg/ha de N. Sin embargo, no hay diferencias substanciales entre las dosis de 50 y 200 kg/ha de nitrógeno ya que es del 1% y un 3% con respecto a la altura más baja (Figura 16) . Según Abatolu y Enzmann (1,985), las diferentes fuentes de nitrógeno, al aplicarse a los esquejes, con una dosis previamente estudiada, puede tener consecuencias significativas en las cosechas y parámetros cualitativos en el proceso del azúcar, en caso contrario sería al no aplicar fuentes nitrogenadas. Similares resultados fueron obtenidos por Herrera y Pérez (1,997).

En el caso de las dosis de P_2O_5 y K_2O , no se observa ningún efecto sobre las alturas finales de los tallos (Figura 16).

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



5.2.3 DIAMETRO DE TALLOS MOLIBLES

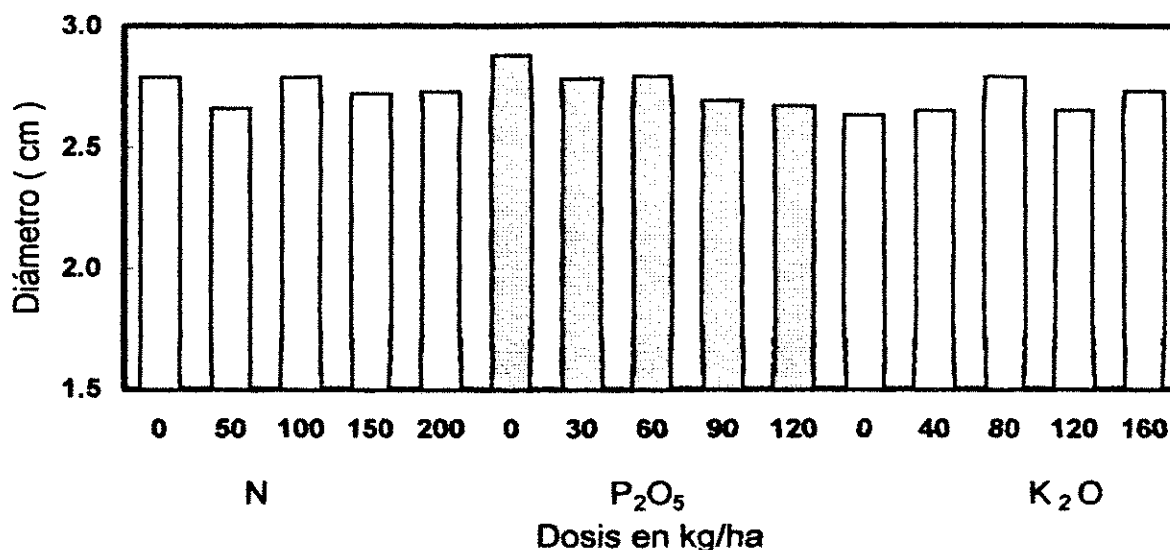
No se observó diferencia significativa en las dosis de N, P_2O_5 y K_2O sobre esta variable (Anexo 1).

Si observamos la Figura 17, se muestra que el nitrógeno no tienen influencia numérica en el diámetro final; en el caso del fósforo demuestra que a medida que se aumentan las dosis provocan menores diámetros en la caña. Similares resultados lo obtuvieron Aloma y Cuellar (1,973), quienes reportaron falta de respuesta del fósforo en la caña. Esto lo atribuyen a que el fósforo se encuentra fijado en el suelo y a medida que la caña se acerca a la cosecha, hace uso de este por tener las raíces bien profundas. Esta aparente recuperación del suelo para poner a disposición de la planta fósforo sin necesidad de aplicarlo, se debe al aumento en el ritmo de absorción de fósforo a medida que el sistema radicular crece en la caña planta.

Con respecto al K_2O , la dosis de 80 kg/ha obtuvo mejores resultados, con fondos fijos de 100 y 60 kg/ha de N y P_2O_5 con una relación nitrógeno/potasio de 1.25 y fósforo/potasio de 1.33. Resultados similares los obtuvieron Ruiz & Zelaya (1,996).

Según FAO (1,986), el potasio al no estar presente en el suelo se producen tallos débiles, ya que este proporciona carbohidratos esenciales que se acumulan en el tallo para la elaboración de azúcares y elevar los rendimientos, por lo que el potasio en nuestro caso tuvo asimilación en la planta y si este no se aplica se formarían tallos con diámetros menores.

Figura 17. Diámetro de Tallos Molibles de Caña de la variable L.68 - 40 en Función de Dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

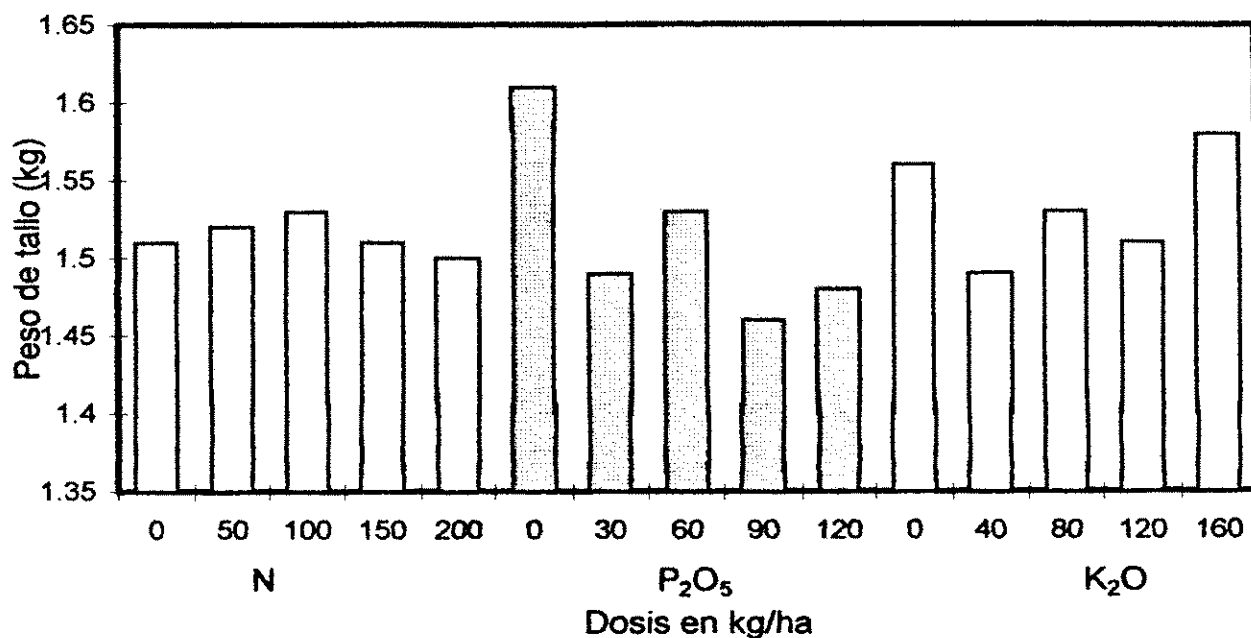


5.2.4 PESO PROMEDIO DE LOS TALLOS

Este está relacionado con las características varietales del cultivo y la edad de la caña (Borrell 1,993). Este parámetro resulta un factor fundamental al momento de expresar los rendimientos de caña por hectárea. Los análisis de varianza reflejan que no hay diferencias significativas entre los tratamientos utilizados. Se puede observar numéricamente el peso expresado en kg que el nitrógeno hace aumentar hasta cierto punto el peso de tallo, de 1.51 kg con la dosis de 0 kg/ha de nitrógeno a 1.53 kg con la dosis de 100 kg/ha de nitrógeno. Al aumentar la dosis solo provoca bajar el peso de la caña (Figura 18).

En el caso del P_2O_5 se demuestra en el Figura 18 que aparentemente el fósforo no tuvo efecto con la dosis aplicada. King (1,968) recomienda que en suelos donde los niveles de fósforo son pobres se debe aplicar anualmente de 67 a 90 kg/ha de P_2O_5 , pues aunque la extracción de las cosechas sea menor, el resto del fósforo se encuentra fijado en el suelo.

Figura 18. Peso promedio de los tallos de la variedad L68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.



5.2.5. RENDIMIENTO AGRICOLA

El peso total de una cosecha (Rendimiento Agrícola) el cual se expresa en Toneladas de Caña por Hectáreas (TCH), es función directa de la cantidad de tallos presentes, la altura y el diámetro de estos.

El análisis de varianza refleja que no hay diferencias significativas entre las dosis usadas de los nutrientes N, P_2O_5 , K_2O , (ver Anexo 1). Pero sí se apreciaron diferencias numéricas en el caso del nitrógeno, no así en P_2O_5 , K_2O .

En el nitrógeno se observa que el rendimiento tiende a aumentar conforme aumentan las dosis de este nutriente, hasta la dosis de 100 kg/ha en un 12%, siendo que al aumentar las dosis no se obtiene ningún aumento del rendimiento agrícola (ver Figura 19). La combinación 100 - 60 - 0 kg/ha de NPK aumentó hasta un 14.55% el rendimiento en relación con el más bajo.

El papel que juega el nitrógeno en el aumento de la producción de la caña consiste fundamentalmente en la influencia favorable que éste ejerce sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y por el aumento que se produce en la población de tallos. Hay estrecha relación entre el crecimiento alcanzado por la planta durante la etapa del gran período de crecimiento y el peso total logrado en la cosecha (INCAa 1,989). La estimación de la dosis óptima recomendada de este ensayo fue de 80 kg/ha de nitrógeno con el cual se podrá obtener un rendimiento agrícola de 136 ton/ha con el Modelo Discontinuo Rectilíneo (Figura 20). Resultados similares los tuvieron Ruiz & Zelaya (1,996).

Resultados similares donde no se observó ninguna significancia estadística con dosis de NPK en caña planta, fueron reportados por Granda & Rodríguez (1,983) y por Angarica (1,972), Aloma (1,973) y Arzola (1,973).

Arias et al (1,985); Cuellar (1,982), Cuellar et al. (1,984), afirman que, cuando el potasio está por encima del nivel crítico (0.35 meq/100g), no se espera respuesta, lo que puede ser aplicable a nuestro caso, ya que el análisis del suelo presenta 0.61 meq/100g de suelo. Rubio & Valiente (1982), encontró que en suelos con contenido de potasio por encima del nivel crítico, no produjo efecto la fertilización potásica, tanto en caña planta como en retoño.

Tabla 6. Correlación del rendimiento agrícola con las variables de población, altura, diámetro y peso en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

VARIABLES	NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO
Población (tallos/m ²)	0.994	0.792	0.973
Altura (cm)	0.276	0.61	0.735
Diámetro (cm)	0.498	0.755	0.953
Peso x tallo (kg)	0.034	0.394	0.349

La población de tallos molibles tiende a incrementar positivamente al rendimiento agrícola, ya que la correlación es alta, la planta se provee de un adecuado número de tallos, requisito indispensable para obtener altas producciones de caña por unidad de superficie (Fernández et al., 1,983).

La altura, el diámetro y el peso por tallo de esta variedad no tuvieron altas correlaciones con la variable del rendimiento agrícola.

Estas variables son dependientes a características morfológicas de la planta, ya que la porción central del entrenudo viene dada por su diámetro y longitud, por lo que estas medidas constituyen una característica genética que dependen de las condiciones del medio.

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

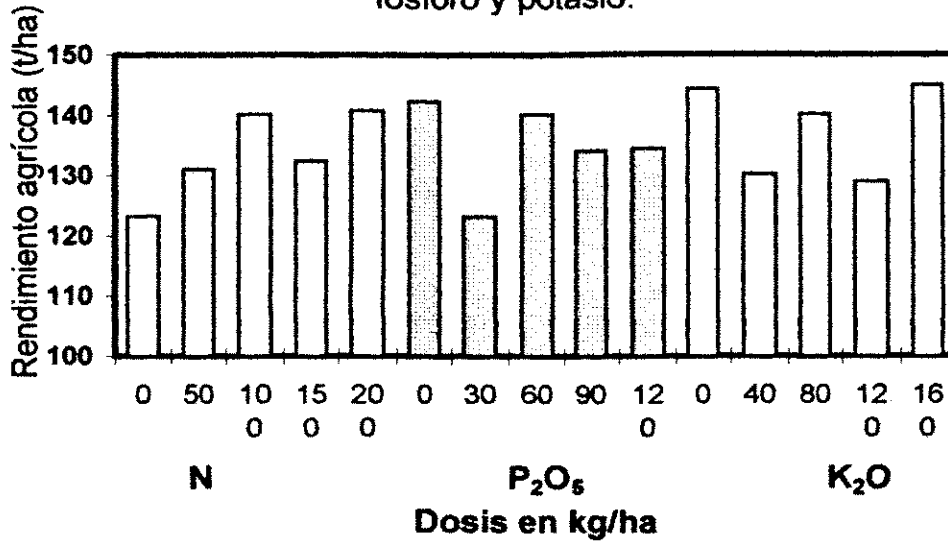
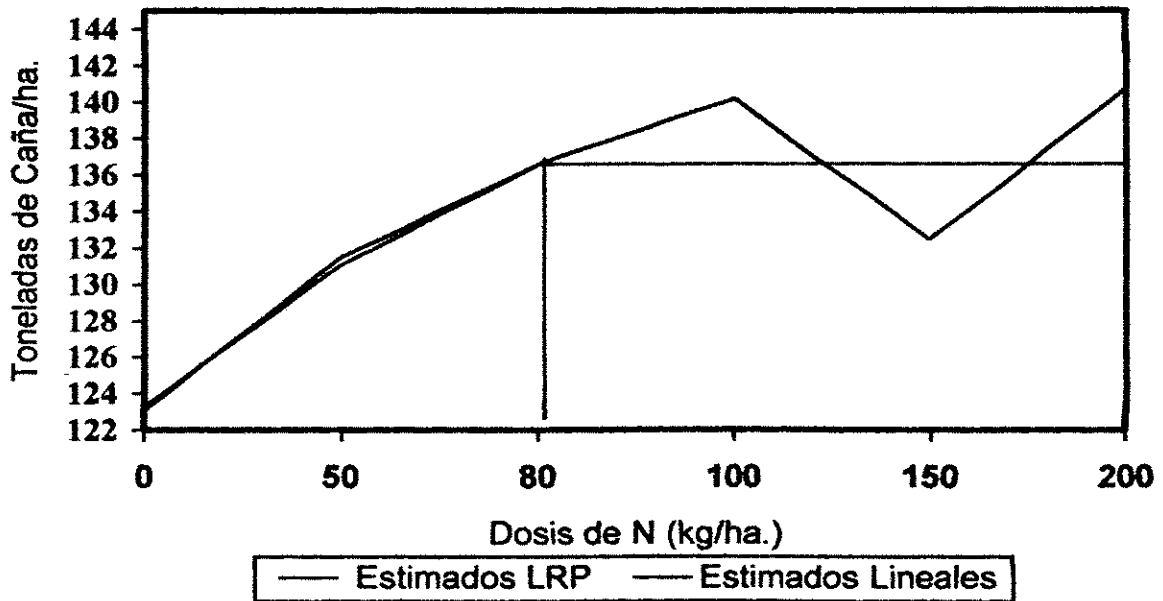


Figura 20. Rendimiento Agrícola en Función de las Dosis de Nitrógeno Ajustados a Modelos Lineales y LRP.



La relación entre el Rendimiento Agrícola obtenido y las dosis aplicadas por medio de la ecuación lineal nos da la dosis de un nutriente para obtener una producción máxima calculándose como la dosis de nutriente necesaria para producir el 90 % del rendimiento máximo. En el caso del rendimiento agrícola se observó que no hubo diferencia significativa al aplicar 50 a 200 kg/ha de nitrógeno, pero los rendimientos máximos calculados con la ecuación lineal $Y = 123.08 + 0.1688 x$, se obtiene un valor máximo de 141.15 ton/ha de caña (Tabla 7). En cuanto a la dosis necesaria para producir el 90 % de rendimiento máximo agrícola es de 107.08 kg/ha de nitrógeno y para producir el óptimo rendimiento agrícola con la dosis obtenida a través del modelo lineal discontinuo RLP, es de 80.05 kg/ha de nitrógeno respectivamente, representado en la Figura 20.

Tabla 7. Valor Máximo y del 90 % del Rendimiento Agrícola en función de las Dosis de Nitrógeno Calculado con el Modelo Lineal Discontinuo.

Dosis de Nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento Agrícola (ton/ha)
156.84	
200.00	
141.15	
107.08	
80.05	
136.60	
0.93	

5.2.6 RENDIMIENTO INDUSTRIAL

Es el porcentaje de azúcar obtenida por caña molida. Se expresa en libras de azúcar por toneladas de caña.

En la Tabla 8 se presentan los datos del rendimiento industrial en lb/ton de caña de la variedad L68 - 40.

Tabla 8. Rendimiento Industrial en lb/ton. de Caña de la Variedad L68 - 40 Caña Planta.

No.	Tratamiento	Rend. Industrial (lb/ton)
1	0 - 60 - 80	184.50
2	50 - 60 - 80	182.67
3	100 - 60 - 80	180.86
4	150 - 60 - 80	169.85
5	200 - 60 - 80	166.15
6	100 - 0 - 80	183.28
7	100 - 30 - 80	179.33
8	100 - 90 - 80	180.78
9	100 - 120 - 80	181.16
10	100 - 60 - 0	174.21
11	100 - 60 - 40	181.06
12	100 - 60 - 120	181.67
13	100 - 60 - 160	181.16

El nitrógeno presentó diferencia significativa, (ver Anexo 1) lo que claramente indica la importancia que tiene tener presente al aplicar dosis elevadas de este nutrimento, ya que las aplicaciones de nitrógeno en dosis en aumento de 0 hasta 200 kg/ha, para los suelos de este ensayo hicieron disminuir la sacarosa en el jugo, como se puede observar en la Figura 21.

Esto se puede deber a que los suelos de este ensayo tienen un contenido medio de nitrógeno (0.10%); según Borden citado por Arzola et al (1,981); demostró que la caña planta utiliza los fertilizantes nitrogenados eficientemente y que necesita menos de 0.9 kg de nitrógeno por tonelada de caña para lograr rendimientos óptimos. Esto se puede deber según ellos a que la caña planta se encuentra expuesta a residuos de cosechas anteriores y a la rápida oxidación de la materia orgánica, por lo que la caña en sus primeros meses de vida almacena nitrógeno disponible orgánico como inorgánico del suelo, teniendo más del debido al momento de la maduración, dando mayores porcentajes de azúcares reductores disminuyendo así la concentración de sacarosa.

Las aplicaciones de nitrógeno como sulfato de amonio en dosis en aumento desde 0 hasta 134 kg/ha para los suelos rojos y negros de Barbados hicieron disminuir la sacarosa en el jugo, (Saint, 1,933), citado por Humbert (1,974).

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 azúcares reductores. Dillewijn (1,952), señala que la concentración de sacarosa decrece como resultado de las aplicaciones adicionales de nitrógeno.

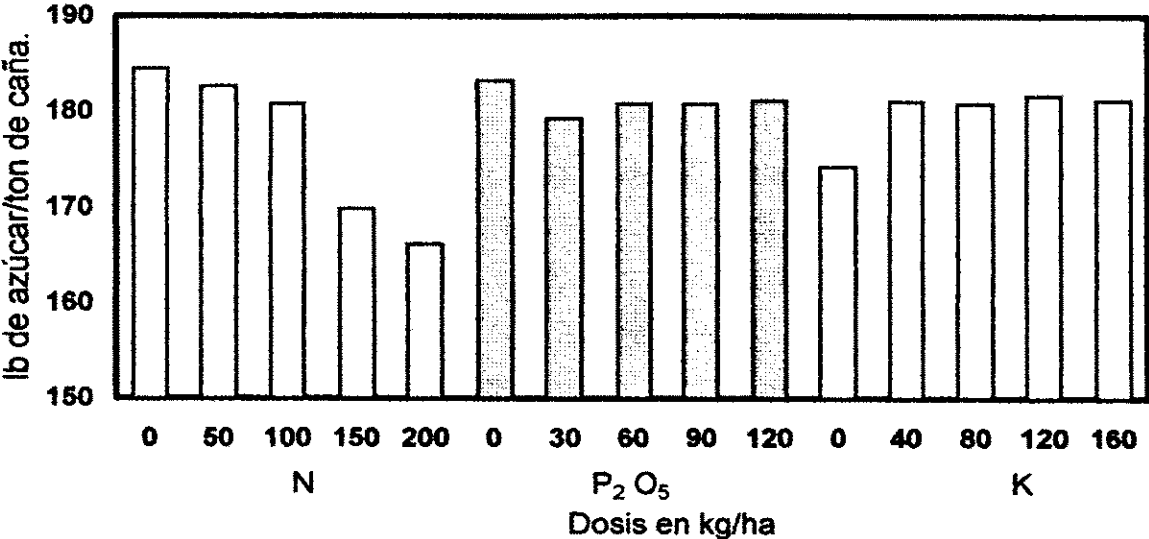
En el caso del P_2O_5 , las diferentes dosis no tuvieron influencia numérica, ni estadística en esta variable, Figura 21.

El K_2O , es importante por que participa en la formación de azúcar. Una deficiencia causa restricciones en el transporte de la sacarosa, incrementa el ritmo respiratorio foliar, disminuye la fotosíntesis y la conversión de azúcares simples en sacarosa. Por este efecto benéfico ha sido reportado por varios investigadores. Aún, con todo esto, aplicar dosis excesivas de este nutrimento se aumentaría el consumo de lujo para la planta, aunque se plantea que esta lo almacena para su debido uso.

Se puede ver en la Figura 21, que al no aplicar dosis de K_2O , baja el rendimiento industrial de la caña. Con la dosis de 40 kg/ha de K_2O se obtienen resultados satisfactorios de azúcares almacenados. Al incrementar las dosis no se produce ningún efecto.

Este suelo contiene cantidades medias de potasio, (0.61 meq/100g de suelo). Arzola et al (1,981) concuerdan con este parámetro de aplicación de potasio con dosis de 80 y 120 kg de K₂O, son suficientes para producir rendimientos mejores en estos tipos de suelo.

Figura 21. Rendimiento Industrial de Caña de Azúcar en función de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.



5.2.7 RENDIMIENTO AGROINDUSTRIAL

Se obtiene por la combinación del contenido azucarero y la producción agrícola y se expresa en toneladas de azúcar por hectárea (ton/ha). En este caso el rendimiento agrícola tuvo mayor influencia en el rendimiento Agroindustrial, ya que este refleja el mismo comportamiento de los nutrientes aplicados, como lo muestran las Figuras 19 y 21.

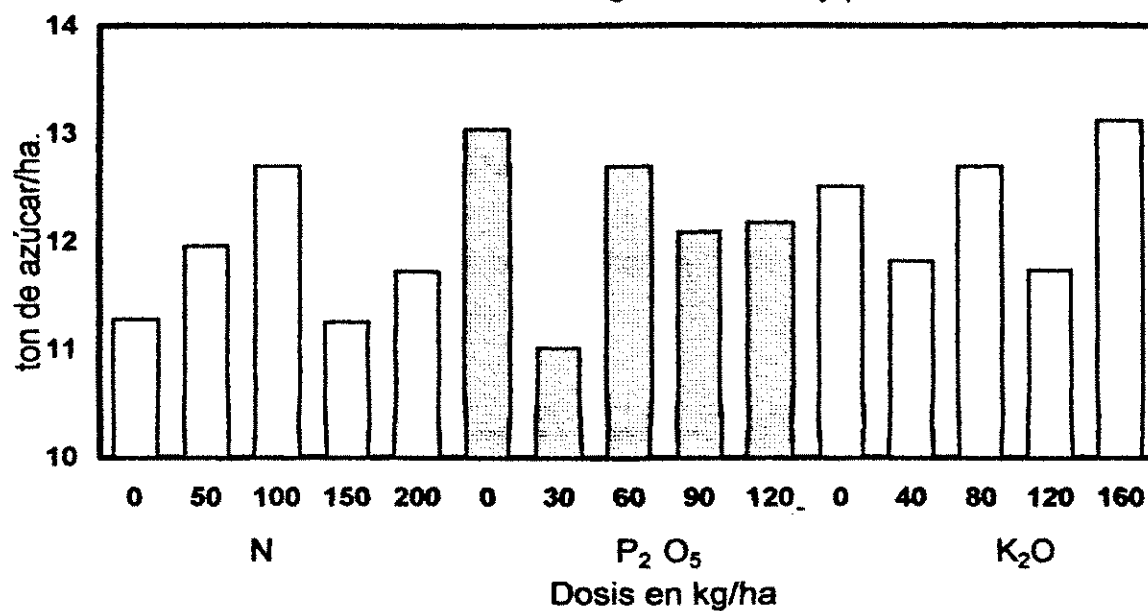
Las diferentes dosis consideradas en este ensayo no tuvieron influencia estadística significativa, con respecto al rendimiento agroindustrial. Similares resultados los tuvieron Reyes et al. (1,983), Gandarilla et al. (1,984), Caballero et al. (1,983).

Con respecto a los datos numéricos, el nitrógeno tiende a aumentar el tonelaje por hectárea con 100 kg/ha según la Figura 22, con una relación N/P de 1.6 y N/K de 1.25. Dosis mayores o menores de nitrógeno solo tienden a disminuir el rendimiento Agroindustrial.

En el caso del P_2O_5 , en la Figura 22, las diferentes dosis de este nutrimento no tuvieron efecto alguno. Mientras la planta de caña tenga carencias de fósforo, las aplicaciones adicionales de este nutriente producirán rendimientos mayores. Sin embargo, tan pronto como el aprovisionamiento de fósforo se hace tan elevado como para provocar la deficiencia relativa de uno o más de los otros nutrientes, las aplicaciones adicionales de fosfato no causarán efecto alguno o podrán hasta resultar perjudiciales (Dillewijn, 1,975).

En el caso del K_2O , dosis de 80 y 160 kg/ha (en un 14% con respecto al rendimiento más bajo) provocaron mayores rendimientos agroindustriales, (Figura 22). Con respecto al nitrógeno y el potasio es de mucha importancia conocer las combinaciones para la maduración de la caña y la calidad del jugo, por que su adecuado suministro corrige los efectos perjudiciales que pueden provocar elevadas dosis de nitrógeno, se tiene que tener un balance en la relación N/K y P/K para no afectar la calidad del azúcar. La combinación 100 - 0 - 80 kg/ha de NPK es la que tuvo mejor respuesta numérica.

Figura 22. Rendimiento Agroindustrial de Caña de Azúcar en función de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.



6 CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados obtenidos con la fertilización NPK, usada en los suelos de este ensayo podemos concluir que:

1.- Se concluye que la dosis óptima recomendada para satisfacer las necesidades agroindustriales es con 80 kg/ha de N con fondos fijos de 60 y 80 kg/ha de P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

2.- Se determinó que la respuesta de las variables germinación y población fue positiva a la combinación 100 - 60 - 80 kg/ha y además la mejor dosis aplicada a dichas variables en cambio la altura y diámetro obtuvieron la mejor respuesta con las combinaciones de 100 - 60 - 0 y 100 - 0 - 80 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

3.- Se concluye que el comportamiento del rendimiento industrial a niveles de 100 - 60 - 40 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O fue el más destacado en sus diferentes combinaciones, sin embargo, el rendimiento agroindustrial tuvo mejor efecto con niveles de 100 - 0 - 80 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.

4.- De acuerdo al modelo RLP, se concretó que la dosis óptima estimada en caña planta es de 80 - 60 - 80 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O , obteniéndose así resultados que favorecen al equilibrio nutricional.

5.- En base a la investigación realizada se logró analizar el método científico, herramienta fundamental en este tipo de trabajo.

7 RECOMENDACIONES

1.- En cosechas posteriores en el Ingenio AGROINSA tener en cuenta como referencia la dosis óptima agronómica de este ensayo que es de 80 kg/ha de nitrógeno con fondo fijo de 60 y 80 kg/ha de P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

2.- En suelos Vertisol con tipo de arcilla expansible de tipo 2:1 (Monmorilonita), recomendamos basándonos en experiencia de investigadores en fertilización de caña de azúcar, que para que los nutrientes NPK aplicados en la caña tenga un mejor aprovechamiento en este tipo de suelo, se debe hacer una buena preparación del mismo para favorecer la profundidad radicular de la planta y para que esta disponga de los nutrientes aplicados.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abatolu C.R., Enzmann J. Julio- septiembre, 1,985. Turrialba. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas.. **The efect of tree sources of Nitrógeno fertilizer on de yield han quality parameter of sugar- care (Saccharum officinarum L.). #3 vol. 35. San José, Costa Rica. Pag. 261-267.**
- Aloma, J. H. 1,973. **II Encuentro Nacional de Técnicos Agrónomos Cañeros.** La Habana. Cuba.
- Aloma, J.e I. Cuellar. 1,973. **“La fertilización de la Caña de Azúcar”.** Serie caña de azúcar, n. 80: Academia de ciencia de Cuba.
- Amaral, A. 1976. **Evaluación del estado nutricional de los campos de caña de azúcar del central Ruben Martínez Villena.** Memorias de las 39 conferencias ATAC. La Habana, Ed.Orbe, P. 577 - 593.
- Angarica, E. 1,972. **Efectos de diferentes portadores de N en la fertilización de la caña de azúcar en un suelo gris amarillento carbonatado arcilloso.** Resumen de trabajos técnicos. Inst. Inv. Caña de azúcar. Academia de Ciencias de Cuba.
- Angarica, E., Calero, A. & López, M. 1985. **Comportamiento de dos variedades de caña de azúcar en el aprovechamiento del fósforo.** Revista Cuba Azúcar. Vol. (6) P. 7 - 10.
- Anon M. 1959. **Sugar Industry Research Inst. Ann Rept.** 1- 103.

- Arzola N. 1,973. **Resultados sobre la fertilización de la caña de azúcar en la costa norte de Las Villas.** Segundo encuentro Nacional de Técnicos Agrónomos Cañeros. La Habana.
- Arzola N; Fundora C; Machado J. 1981. **Suelo planta y abonado.** Pag.112-176.
- Arias, C; Rondón, A; Barreto, L y Saez, L. 1985. **Resultado de la fertilización potásica en caña de azúcar.** Boletín INICA, N°2. Cuba.
- Barbosa, F. 1990. **Comportamiento Agroindustrial de la variedad Ja. 60-5, (*Saccharum sp.* Híbrido) a diferentes dosis de NPK, sobre un suelo rojo.** Managua, Nicaragua. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo.
- Borrel R. 1,993. **Evaluación Agroindustrial de 25 vr de caña (*Sacharun sp* Híbrido) en comparación con la variedad L 68-90 en planta y retoño.** Tesis de Ing. Agrónomo. Managua. Nicaragua. UNA, Pag. 34.
- Braga, J. M. 1,990. **Avaliacao da fertilidade do solo Univ. Fed. de Visosa-Minas Genis.** 101p.
- Caballero R., Berroso R., Gandarilla J., Guerra A. Y Rodríguez S. 1,983. **Efecto de fertilización nitrogenada sobre la caña de azúcar (*Saccharum officinarun L.*) en un suelo vértico.** Ciencia Tec. Agric.; Suelo y Agroquímico 6(1).
- C.I.D.A. Centro de Información y Divulgación Agropecuaria. 1976. **Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en un suelo vertisol.** Suelo y agroquímico. Cuba 6(1). 15 - 26.

CENICAÑA. 1996. Nutrición y fertilización: Fertilización con nitrógeno y potasio. Vol. (18), No 1. Cali Colombia.

Cuellar I. 1982. El Potasio en los suelos y la nutrición potásica. Boletín INICA, (Edición especial), No 1. Cuba.

Cuellar I; Villergas R; Pérez H y García E. 1984. Quince años de investigación de la caña de azúcar en Cuba. Parte III Potasio. 43 conferencia ATAC Tomo II; segunda parte.

Dillewijn, c.v. 1952. Botánica de la caña de Azúcar. 1ra edición Revolucionaria. La Habana Cuba.

Dillewijn, C.V. 1975. Botánica de la caña de azúcar. 2da edición Revolucionaria. La Habana Cuba.

FAO. 1986. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín No 9. Roma. Pag 132-134.

FAO. 1,994. La caña de azúcar. Centro para la investigación en sistema sostenibles de producción agropecuaria. Cali. 15 Pag C, PAV.

Fauconier , R. 1975. La caña de azúcar. (Agricultura Tropical). Barcelona España.

Fauconier, R. & Bassereau D. 1,980. La caña de azúcar. De. Científico Técnico. La Habana. Cuba.

Fernández, A; Dávila, A; F. del Toro. 1983. Botánica y Fisiología de la caña de azúcar. Habana Cuba. 249 pg.

- Fenly, R. Estación meteorológica . 1996. **Condiciones climatológicas del año 1995 - 1996**. Tipitapa Malacatoya, Ingenio Victoria de Julio (AGROINSA). Nicaragua.
- Gandarilla J. C., Barroso R., Gecerra A., Curbelo R. Y Caballero R. 1,984. **Ciencia y Técnica en la Agric. Suelos y Agroquímico**. Vol. 7. No 3, Pag. 7 - 14. La Habana. Cuba.
- Granda, M. y S. Rodríguez. 1,983. **Estudio de niveles de N-P-K, en el cultivo de la caña de azúcar**. Ciencia Tecn. Agric., Suelos y Agroquímico. 6(2) en imprenta.
- González, J. 1977. **Fitotécnia de la caña de azúcar**. Habana Cuba. Pag. 65-81, 430.
- Gómez, R. 1989. **Influencia de las aplicaciones de dos portadores fosfóricos sobre las diferentes formas de fósforo en el suelo y los rendimientos de caña de azúcar, cultivado en un suelo ferralítico rojo compacto** . Cultivos Tropicales. Vol. (11). Cuba.
- Guardián S.; Fernández M. 1996. **Productividad de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*), en respuesta a dos Formas y Epocas de Aplicación del Nitrógeno en la variedad L. 68-40**. Managua, Nicaragua. 33 pag. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.
- Herrera L ; Pérez J. 1997. **Rendimiento Agroindustrial de la Variedad L.68-40 (*Saccharum sp*), en respuesta a las aplicaciones de N, P y K cultivadas en suelos Negros en Caña Planta**. Managua, Nicaragua. 47 pg. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.
- Humbert R. 1970. **Agricultura de las Américas**. Influencias de NPK en la Caña de Azúcar. Pag 30-35.
- Humbert R. 1974. **El cultivo de la caña de azúcar**. México. 719 p.
- INCA, 1989. **Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas**. Cultivos tropicales. Vol. (2), No 1. (a)
- INCA, 1,989. **Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas**. Cultivos Tropicales, Vol. (11), No 1. (b)

- Instituto de la Potasa y el Fósforo. 1997. **Informaciones Agronómicas**. Pag.4-14.
- Jacob, A., y H. V. Uexkull. 1,967. **nutrición y abonado en los cultivos Fertilización, tropicales y subtropicales**. La Habana, Edición Revolucionaria. Pag 171, 172.
- King N. 1968. **Manual para el cultivo de la caña de azúcar**. La Habana Cuba.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) y BCN (Banco Central de Nicaragua). 1997. **Guía Agropecuaria**. Cultivos de exportación. P. 14 - 16 17.
- MIDINRA. 1978. **Estudio de Factibilidad**. Proyecto Agroindustrial Azucarero. Tipitapa Malacatoya. Vol.III. Pag.73.
- 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. # 1, Cuba. p47.
- P. María .J. P. Rafael Enrique. 1994. **Efecto de diferentes dosis de NPK, sobre el rendimiento Agroindustrial de la variedad L. 68-90, (*Saccharum sp.* Híbrido), en caña planta**. Managua, Nicaragua. Pag.1-41. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo.
- Quintana O, Blandón J., Flores A., Mayorga E. 1,992. **"Manual de fertilización para suelos de Nicaragua"**. UNA, EINDOCONSUL S.A.49 pag.
- Reyes N, Arias E, Melendez E. Y Domínguez T. 1,983. **Ciencia Técnica en la Agricultura**. Suelos y Agroquímico 6 (3).
- Ruiz S., Zelaya, D. 1996. **Rendimiento Agroindustrial de la variedad L.68-40 (*Saccharum sp.*), en respuesta a las aplicaciones de N,P y K Cultivadas en un suelo rojo en caña planta** . Managua, Nicaragua. 54 pg. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Rubio R., Valiente, N. 1982. **Fertilización potásica de caña de azúcar sobre las bases de diagnóstico de fertilización de suelo IV. Dosis optimas de fertilizantes potásico.** 45 conferencia ATAC Tomo II, 2da parte. Cuba.

Sánchez, A. 1981. **Suelos del trópico Características y Manejo.** San José Costa Rica. Pag. 168 - 259.

Saint. 1993. **Fertilizer Trials with sugar cane.** Barbados . Agr.j. 22.

Sherman, P. & Riveros F. 1992. FAO. **Gramíneas Tropicales.** Roma, Italia.

Thomas, J. & Scott, J. 1990. **Effect of nitrogen fertilization en availability of P and K to sugar cane In sugar cane. # 2 P 10 - 14.**

U.N.A. (Universidad Nacional Agraria). 1995. **Laboratorio de Suelo y Agua. Análisis de suelo.**

Villegas, R., H. Pérez, Y. Cuellar, R. Rubio y M. López. 1983. **La fertilización de la caña de azúcar.** Reunión Agrícola, Academia de Ciencias de Cuba (Minegòn).

9 ANEXOS

Anexo 1.

Análisis de Varianza de las Variables Estudiadas en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

Factor	G.L.	Definición (%)	Porcentaje de plantas por parcela	Distancia de plantas entre plantas	Distancia de plantas entre parcelas	Superficie Agrícola	Superficie Agrícola (ha)	Superficie Agrícola (ha)
Repeticiones	(2) 4	303.88	0.70	0.02	20.25	200.05	223.94*	4.75
Tratamientos	12	66.48	1.01	0.03	2.61	273.97	150.55*	2.23
Repeticiones x Tratamientos	4	109.38*	1.73	0.01	1.49	260.23	339.89**	1.77
Error	1	121.96	4.89	0.01	0.15	657.06	1226.12*	0.02
Total	1	4615.24*	0.07	0.03	0.14	88.70	581.30**	2.04
Repeticiones	4	110.02	0.87	0.03	3.57	275.25	10.08	2.97
Tratamientos	4	36.81	0.68	0.05	2.40	296.10	49.21	1.75
Repeticiones x Tratamientos	(24) 48	38.24	1.09	0.06	3.46	303.48	79.27	2.85
Error	(38) 64	49.24	1.05	0.05	4.35	340.27	102.30	2.85
Total		20.79%	9.32%	8.40%	6.83%	14%	4.97%	14.03%

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

Anexo 2.

Valores Medios de las Variables Estudiadas de la Variedad L.68 - 40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Dosis de Fertilizante	VARIABLES DE CRECIMIENTO				VARIABLES DE RENDIMIENTO				
	Germinación (%)	Población de tallos /ha	Altura (cm)	Peso x Tallo (kg)	Dámetro (cm)	Rendimiento Agrícola (ton/ha)	Rendimiento Industrial (lib/ton)	Rendimiento Agroindustrial (ton/ha)	Grados Brix
1	22.36	73848	282	1.51	2.79	123.30	184.50	11.24	21.30
2	31.18	78567	292	1.52	2.66	131.09	182.67	11.96	21.19
3	34.72	83061	288	1.53	2.79	140.18	180.86	12.70	20.79
4	30.41	79347	295	1.51	2.72	132.43	169.85	11.26	20.59
5	30.55	84633	286	1.50	2.73	140.76	166.15	11.72	20.40
6	26.66	80418	298	1.61	2.88	142.28	183.28	13.05	21.19
7	24.79	75663	282	1.49	2.78	123.19	179.33	11.02	21.09
8	34.72	83061	288	1.53	2.79	140.18	180.86	12.70	20.79
9	30.83	78704	298	1.46	2.69	134.11	180.78	12.09	20.89
10	35.28	82347	298	1.49	2.67	134.42	181.16	12.18	21.09
11	31.73	83204	303	1.56	2.63	144.31	174.21	12.51	20.89
12	27.98	78990	276	1.49	2.65	130.16	181.06	11.82	20.79
13	34.72	83061	288	1.53	2.79	140.18	180.86	12.70	20.79
14	28.67	77847	291	1.51	2.65	128.95	181.67	11.73	21.29
15	31.53	83275	307	1.58	2.73	145.02	181.16	13.12	21.41

Anexo 3.

Cuadros Medios del Análisis de Varianza de la Población durante las etapas de Crecimiento y Desarrollo de la Variedad L.68-40 en Función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Fuente de variación	GL	45	60	75	90	105	126	135	150	165
Bloque	4	0.20	8.07	8.61	13.29	3.42	1.55	0.96	2.18	0.83
Tratamiento	12	0.28	6.55	3.69	5.85	2.75	1.65	1.21	1.84	1.04
Nitrógeno	4	2.52	6.91	2.26	5.88	4.69	2.67	1.07	1.52	2.25
Fósforo	1	0.78	1.06	0.75	1.08	2.91	2.32	2.28	1.44	3.28
Potasio	1	0.89	50.9	24.39	11.68	10.05	3.81	1.53	2.88	3.38
Fósforo	4	0.08	3.83	2.62	7.04	5.29	2.74	0.96	0.38	1.14
Potasio	4	0.16	7.80	5.14	3.50	1.74	1.62	1.25	1.80	1.25
Residuo	24	0.27	3.27	2.61	5.03	3.33	2.46	2.00	2.79	1.40
Total	38	10.29	173.33	124.29	217.44	119.85	81.94	64.53	96.34	47.88
C.V. (%)		11.07	20.78	19.18	19.16	12.39	10.77	9.41	11.20	8.39

Anexo 4.

Cuadros Medios del Análisis de Varianza de la Altura durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la variedad L.68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Pluma de Verificación	GL	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Brotes	2	7.64	3.63	10.19	117.18	123.18	170.08	459.17	400.40	391.22
Troncos	12	1.79	5.23	5.48	21.24	76.65	113.95	134.16	157.80	221.61
Nitrógeno	4	1.17	4.95	4.92	12.42	21.79	37.59	65.90	68.52	112.38
Fósforo	1	10.22	1.67	0.09	10.03	0.007	4.53	6.24	5.09	55.57
Potasio	1	2.63	2.93	1.92	20.51	20.12	90.46	176.18	53.40	282.41
Faltos	4	0.91	7.30	6.50	13.19	32.89	45.26	72.62	102.68	87.14
Residuo	4	1.05	4.07	3.98	18.31	101.37	121.43	83.25	100.04	120.86
Residuo	24	1.88	2.30	3.93	15.38	44.41	79.65	106.81	152.08	173.70
Total	38	81.80	125.22	180.52	858.39	2232.08	3619.25	5091.69	6344.43	7610.62
S.E.M		7.67	6.08	8.12	10.93	11.00	11.69	9.90	9.02	8.22

Anexo 5.

Cuadros Medios del Análisis de Varianza del índice de ahijamiento durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la variedad L.68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Factor	GL	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Nitrógeno	2	1.10	5.96	8.15	14.02	17.85	16.39	19.12	16.50	12.05
Fósforo	12	0.17	1.06	0.85	1.36	2.15	2.41	2.75	4.45	1.97
Potasio	4	0.14	0.42	0.82	1.48	3.53	4.32	5.13	7.31	3.06
Lineal	1	0.03	0.16	0.25	0.52	0.85	0.86	1.25	1.84	0.62
Quadrático	1	0.02	0.00	0.03	0.01	0.35	0.52	0.48	0.65	0.42
Factor	4	0.16	0.31	0.05	0.08	0.64	0.92	1.15	1.34	1.33
Factor	4	0.21	2.11	1.50	2.25	1.89	1.55	1.70	3.56	1.37
Factor	24	0.24	0.77	0.89	1.86	3.16	2.86	3.67	4.22	2.65
Total	38	9.97	43.04	47.89	88.99	137.30	130.33	159.32	187.68	111.32
C.T.P.		26.65	26.04	28.64	29.90	30.79	29.74	32.07	34.87	29.43

Anexo 6.

Cuadros Medios del Análisis de Varianza del crecimiento diario aparente durante la etapa de Crecimiento y Desarrollo de la variedad L.68-40 en función de las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio

Fuente de Variación	GL	75	90	105	120	135	150
Bloque	2	0.24	0.00	0.04	0.24	0.01	0.02
Tratamiento	12	0.04	0.11	0.03	0.05	0.04	0.06
Nitrógeno	4	0.04	0.06	0.02	0.09	0.07	0.08
Lineal	1	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00
cuadrático	1	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
Fósforo	4	0.02	0.07	0.01	0.05	0.01	0.04
Potasio	4	0.02	0.13	0.01	0.01	0.01	0.02
Residuo	24	0.03	0.08	0.02	0.05	0.03	0.05
Total	38	1.62	3.33	0.98	2.33	1.13	1.90
C.V.(%)		20.36	17.41	21.10	8.91	7.09	12.94

Anexo. 7

Datos de Población Antes de la Cosecha Representada en Plantas por Metro.

Goals (m ² /ha)	30	45	60	75	90	105	126	137	150	165
N										
0	2.20	3.89	6.12	6.48	9.34	12.91	13.47	14.62	14.78	12.87
50	2.86	4.69	9.63	8.60	11.89	14.84	14.01	14.96	15.49	13.89
100	3.21	5.01	9.84	8.85	12.99	16.35	16.01	15.82	14.75	15.26
150	2.68	4.61	7.80	8.68	11.38	14.44	14.44	15.69	14.91	14.12
200	2.82	4.75	7.98	7.59	10.01	14.67	14.65	13.24	13.45	14.41
PxO₁										
0	2.69	4.94	7.49	7.01	10.38	13.22	13.40	14.18	14.91	13.97
50	3.16	4.67	8.63	8.08	10.55	14.32	14.43	14.68	14.12	13.95
100	3.21	5.01	9.84	8.85	12.99	16.35 ¹	16.01	15.82	14.75	15.3
150	3.34	4.74	8.10	8.65	11.91	14.74	14.58	14.93	14.25	13.76
200	3.23	5.04	10.15	9.50	13.52	15.73	15.15	14.99	15.52	14.59
K₂O										
0	3.59	4.99	7.48	7.72	11.85	15.24	13.40	16.15	15.97	14.66
50	2.77	4.92	11.88	11.16	13.59	15.68	14.43	16.60	16.09	14.46
100	3.21	5.01	9.84	8.85	12.99	16.35	16.01	15.82	14.75	15.26
150	2.43	4.70	9.50	8.60	12.60	14.98	14.58	16.81	15.13	13.82
200	2.53	4.46	8.63	8.27	10.77	14.34	15.15	14.71	14.27	14.20

Anexo. 8

Datos de Índice de Ahijamiento Antes de la Cosecha.

Distrito (Hogares)	45	60	75	90	105	125	137	150	165
N									
1	2.20	3.57	4.15	5.55	7.83	7.98	8.45	8.75	7.45
51	1.68	3.70	3.19	4.32	5.34	5.05	5.43	5.30	5.01
100	1.75	3.28	3.10	4.63	5.86	5.71	6.01	5.51	5.40
150	1.71	2.91	3.24	4.22	5.35	5.37	5.59	5.67	5.26
200	1.70	2.87	2.74	3.63	5.30	5.28	5.31	4.51	5.18
P201									
1	2.17	3.30	3.07	4.59	5.89	5.92	6.45	6.38	6.30
51	1.89	3.51	3.28	4.28	5.80	5.83	6.17	5.88	5.61
100	1.75	3.70	3.10	4.63	5.86	5.71	6.01	5.51	5.01
150	1.60	2.66	2.92	4.37	4.98	4.79	5.19	5.01	4.78
200	1.62	3.27	3.08	4.36	5.04	4.85	5.05	4.72	4.66
P30									
1	2.01	2.99	3.11	4.68	6.00	6.02	6.36	6.17	5.80
51	1.95	4.69	4.39	5.30	6.16	6.01	6.21	6.41	5.70
100	1.75	3.70	3.10	4.63	5.86	5.71	6.01	5.51	5.01
150	2.09	4.26	3.96	5.84	6.84	6.53	6.68	7.60	6.26
200	1.44	2.76	2.67	3.52	4.65	4.60	4.72	4.66	4.45

Anexo. 9

Datos de Altura Antes de la Cosecha expresados en cm.

Dosis (Normal)	45	60	75	90	105	126	137	150	165
	N								
0	17.11	23.00	23.06	34.22	57.11	71.39	96.99	131.61	148.99
50	18.55	26.50	26.45	36.39	56.65	73.22	98.33	128.27	151.33
100	17.72	24.11	23.66	36.17	57.16	74.00	104.83	135.77	162.01
150	18.49	24.92	24.22	35.95	61.83	77.11	105.78	137.40	160.44
200	17.55	24.97	24.45	31.55	54.44	67.50	95.55	128.11	150.99
	P₂₀								
0	18.33	23.33	21.76	32.39	54.31	68.39	95.78	127.17	152.66
50	18.49	26.28	25.33	36.56	61.00	74.67	101.61	134.33	153.66
100	17.72	24.11	23.66	36.17	57.16	74.00	104.83	135.77	162.01
150	18.05	23.44	23.17	33.39	59.44	76.22	104.72	142.27	162.16
200	19.19	26.56	25.11	37.11	62.78	78.94	109.05	140.11	164.22
	K₅₀								
0	16.60	23.67	23.78	34.56	58.72	75.50	105.44	137.11	163.55
50	16.72	26.56	26.33	40.22	69.00	88.06	114.66	148.55	176.78
100	17.72	24.11	23.66	36.17	57.16	74.00	104.83	135.77	162.01
150	17.94	25.22	24.56	37.94	65.44	80.67	108.22	142.17	165.61
200	17.33	25.64	25.85	40.11	68.78	86.72	116.22	147.28	172.78

Anexo. 10

Datos de Crecimiento Diario Aparente.

Dosis (kg/ha)	75	80	100	126	137	150
N						
0	0.74	1.48	0.68	2.33	2.15	1.56
50	0.66	1.34	0.56	2.59	2.15	1.67
100	0.89	1.49	0.74	2.80	2.38	1.69
150	0.82	1.73	0.74	2.60	2.30	1.79
200	0.59	1.51	0.62	2.56	2.50	1.36
P₂O₅						
0	0.71	1.38	0.72	2.49	2.27	1.69
50	0.74	1.72	0.69	2.49	2.26	1.46
100	0.89	1.49	0.74	2.80	2.38	1.69
150	0.68	1.68	0.87	2.59	2.38	1.76
200	0.86	1.71	0.77	2.66	2.41	1.61
K₂O						
0	0.76	1.57	0.80	2.72	2.44	1.78
50	0.93	1.92	0.90	2.72	2.35	1.87
100	0.89	1.49	0.74	2.80	2.38	1.69
150	0.94	1.83	0.72	2.63	2.46	1.78
200	0.97	1.96	0.81	2.69	2.43	1.70

ANEXO 11

PLANO DE CAMPO : ENSAYO DE DOSIS DE NPK

LOTE : 017

VARIEDAD : L68-40

FECHA DE SIEMBRA : 27/01/95

TRATAMIENTOS

No	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	60	80
2	50	60	80
3	100	60	80
4	150	60	80
5	200	60	80
6	100	0	80
7	100	30	80
8	100	90	80
9	100	120	80
10	100	60	0
11	100	60	40
12	100	60	120
13	100	60	160

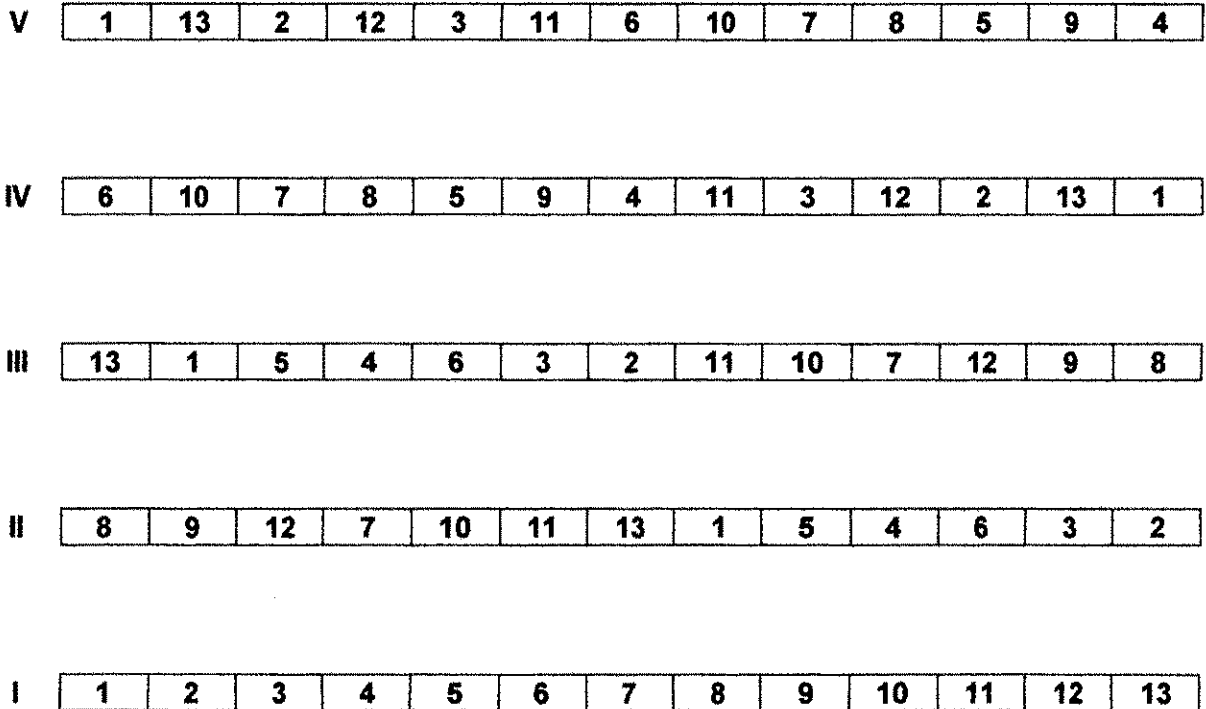
Dosis en kg/ha

B
L
O
Q
U
E
S

O

R
E
P
E
T
I
C
I
O
N
E
S

O



CRUCERO
