



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“Efecto de la fertilización nitrofosfopotásica sobre el crecimiento,
rendimiento y la calidad de la caña de azúcar (*Saccharum
offinarum* L.) cultivar azul Casa Grande PCG12-745”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERIO AGRÓNOMO

Autores:

Br. Zevallos Villalobos, Carlos

Br. Zevallos Muro, Ronald

LAMBAYEQUE – PERÚ

2019



**“UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”**



FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROFOSFOPOTÁSICA SOBRE EL
CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum officinarum* L.) CULTIVAR AZUL CASA GRANDE PCG12-745”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERIO AGRÓNOMO

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ing. M.Sc. Jorge Zeña Callacná
Presidente de Jurado

Ing. M. Sc. Gilberto Chávez Santa Cruz
Secretario de Jurado

Ing. M.Sc. Eduardo Excequiel Deza León
Vocal

Ing. Diómedes Bocanegra Irigoín
Patrocinador

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de haberme bendecido para realizarme como profesional.

A mis padres Luis Ángel Zevallos Reyes y Rosa Ivón Muro Mori, a mis hermanos Rosa y Luis; para que Dios ilumine siempre su camino.

Ronald

Dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de bendecirme como profesional.

A mi madre Anselma Villalobos Ayala, a mis tíos Víctor, Edy e Ismael Villalobos Ayala porque siempre están a mi lado y ser parte de mi vida.

Carlos

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial para el Ing. Diomedes Bocanegra Irigoin patrocinador de nuestra tesis por brindarnos sus enseñanzas, conocimiento y apoyo desinteresado que en virtud a su obra educadora prepara a sus alumnos para el futuro.

A la Empresa Agroindustrial Tuman S.A.A. por brindarnos su apoyo y las facilidades para la realización de nuestra tesis.

Ronald y Carlos

INDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE	5
I. INTRODUCCIÓN	7
Para lo cual se propusieron los siguientes objetivos	8
II. REVISIÓN DE LITERATURA	9
III. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. Área experimental.....	19
3.1.1. Ubicación	19
3.1.2 Suelo:	20
Análisis físico-químico del área experimental.....	20
3.1.3. Clima	22
3.2. Material Experimental	26
3.2.1 Características botánicas y agronómicas del cultivar PCG12-745 (Azul Casa Grande)	26
3.2.2 Clasificación Taxonómica.....	27
3.3. Procedimiento Experimental	27
3.4. Ejecucion experimental	29
El riego se efectuó por “gravedad” con agua de rio y de pozo, y se aplicará un riego por mes, hasta el agoste, que se efectuará a los 10 meses después de la cosecha.	31
3.5. Evaluaciones:	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	35
4.1. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre la altura de planta.....	35
4.2 Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre diámetro de tallo	37
4.3. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre número de macollos por cepa	39
4.4. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el rendimiento de la caña	41
4.5. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el Pol en jugo	43
4.6. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el brix en jugo.....	45
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES	48
VIII. RESUMEN	49
IX. BIBLIOGRAFIA	50
Regresión del rendimiento de caña y dosis de nitrógeno	54
Rendimiento del rendimiento de caña y dosis de fósforo	56
Rendimiento del rendimiento de caña y dosis de Potasio	58
Altura de planta	62
DIAMETRO DE TALLO	66
Correlaciones de Pearson del rendimiento y los atributos evaluados	69
Regresión múltiple.....	80
Análisis Multivariado	82
Dendograma.....	82
El análisis de conglomerados (<i>cluster</i>) es una técnica multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencias entre los grupos.	82

Análisis de los Componentes Principales.....	83
Prueba de los Supuestos del Análisis de Varianza	86
Contraste de Normalidad de los Datos	86
Prueba de Homogeneidad de Varianzas.....	89
Requerimientos Climáticos:	89
Requerimiento de agua y suelo:	90
FENOLOGIA	90

I. INTRODUCCIÓN

Los rendimientos de caña en el ámbito de La parte media del Valle Chancay es muy baja, así como en la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMÁN S.A.A donde los rendimientos en caña soca han venido bajando por cada campaña producto de la extracción de elementos nutritivos como nitrógeno, fósforo y potasio, no siendo reincorporados, produciéndose un promedio de 80 TM/ha (comunicación personal con cañeros 2013), radica mayormente en un sistema de producción tradicional, con pocos niveles de conocimiento en las técnicas de producción, como niveles bajos de fertilización nitrogenada-fosfórica-potásica, lo que hace que se obtengan bajos niveles de producción y productividad. La ejecución de la presente investigación se justifica porque la actividad cañera, constituye una de las actividades económicas productivas más importantes en el valle, Los niveles de producción y productividad cañera son muy bajos, pero existe la potencialidad de mejorarla, el sistema de producción actual no optimiza los insumos requeridos, como la fertilización N-P-K. El presente estudio es importante para qué la empresa y los cañeros individuales se sientan estimulados por el logro de mejores rendimientos y calidad en caña y siembren mayores áreas, teniendo un impacto social, tecnológico y económico. El conocimiento de la información sobre la demanda de nutrientes por los cultivos es importante en la ejecución de programas de fertilización. La cantidad de nutrientes que extrae un cultivo depende del cultivar, el tipo de suelo, la edad de la planta. (Helfgott 1997). La fertilización en la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN desde el siglo pasado está basada solamente en la fertilización nitrogenada aplicando como fuente los fertilizantes Urea y Sulfato de Amonio sin aplicar ningún otro elemento nutritivo, tan necesario para la productividad del cultivo. Por lo tanto y atendiendo a los aspectos anteriormente mencionados, se considera importante concebir el presente trabajo de investigación ya que la fertilización tiene sin lugar a duda un inmenso valor social y económico en la formación y evolución de una civilización, dado que ellos constituyen un factor decisivo y rápido en la obtención de abundantes cosechas económicamente rentables en sistemas de agricultura moderna, que permitan obtener márgenes razonables de utilidad a la empresa.

Para lo cual se propusieron los siguientes objetivos

- 1.- Determinar el efecto de la aplicación de NPK sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de caña de azúcar.
- 2.- Determinar el efecto sobre algunas características de calidad de la caña de azúcar
- 3.- Determinar la fórmula de fertilización óptima para el mejor rendimiento bajo las condiciones del experimento (óptimo económico)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Efecto de la nutrición nitrofosfatopotásica

El nitrógeno en los suelos de la costa, responden en forma muy buena y con rapidez asombrosa.

El fósforo es un elemento que favorece a la precocidad del cultivo, fomenta el buen desarrollo radicular y calidad del cultivo.

El potasio no tiene la espectacularidad del nitrógeno pero al igual que éste, y el fósforo se incluye en la calidad y cantidad de la cosecha.

2.2. Recomendaciones para la Fertilización de la Caña de Azúcar

La fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los cañaverales alcancen altos rendimientos. Sin embargo, su elevado costo exige realizar un uso oportuno y efectivo para asegurar su máximo aprovechamiento

El logro de mejoras en la eficacia de la fertilización, práctica que debe ser integrada al manejo general del cultivo y asociada a la incorporación de los avances tecnológicos disponibles, permitirá el establecimiento temprano de una población inicial óptima, con una distribución uniforme de los tallos y con mínimas fallas, asegurando la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos molibles, componente de máxima importancia en la definición del rendimiento.

Asimismo, es importante entender que la ejecución adecuada y efectiva de la fertilización puede significar la diferencia entre solo recuperar lo invertido o generar un beneficio económico.

Además será muy importante, a fin de mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes, que la implementación de esta práctica vaya acompañada de la recolección de información del suelo y del conocimiento de la producción de cada lote a través de su vida económica. (*Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N° 61 – 2004*)

2.3 Nitrógeno

De los elementos que la caña de azúcar obtiene del suelo para satisfacer sus necesidades nutricionales normales, probablemente el nitrógeno (N) es el nutriente esencial que más limita su desarrollo, determina el comportamiento productivo de la planta y con ello los rendimientos agroindustriales del cultivo **(QUINTERO, 1997; WOOD, 1992; ANDERSON, 1997ac)**.

La condición de cultivo extensivo propia de la caña de azúcar, aunada a su gran capacidad extractora y productora de materia seca, hacen que los requerimientos nutricionales del N sean en este caso particularmente elevados **(CHAVES, 1986a; 1999)**.

La caña de azúcar en Cuba ocupa más de 1 millón de ha, de las cuales el 27,6% son beneficiadas por la irrigación y de estas en aproximadamente el 0,3% se aplica el riego por goteo subterráneo. En la Empresa Antonio Sánchez, situada al suroeste de la provincia de Cienfuegos se usa este tipo de riego en 146,39 ha de dicho cultivo. Para poder identificar la influencia de diferentes dosis de **nitrógeno** sobre el rendimiento agrícola e industrial y su efecto económico se evaluaron cuatro tratamientos en parcelas de **160 m²**. El procedimiento incluyó un testigo y tres aplicaciones del fertilizante nitrogenado nitrato de amonio con dosis de 113 kg de N/ha; 150 kg de N/ha y 188 kg de N/ha, con un fondo fijo de fósforo y potasio, durante la campaña 2011-2012. El cultivar usado fue el C86-12. Para cada tratamiento se evaluaron las variables: diámetro y altura de los tallos, hojas activas, tallos por metro, masa de los tallos, rendimiento real. En la industria se calculó: brix, pol, porcentaje de pureza, contenido de fibra, pol en caña, porcentaje de extracción, azúcar extraída, rendimiento base 96, rendimiento potencial de la caña. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza simple con comparaciones de medias por rangos múltiples de Duncan para $p < 0,05$. La aplicación de 150 kg de N/ha reportó un elevado rendimiento agrícola e industrial y con los más altos beneficios económicos.

Al evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno a través de las comparaciones de rangos múltiples de Duncan para las variables morfológicas y el rendimiento agrícola se determinó que para las variables altura de los

tallos y largo de los entrenudos la dosis de **188 kg de N/ha** registró diferencias Significativas ($p < 0,05$) al compararla con el resto de los tratamientos (*Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos; Cuba*).

En comparación con el trabajo de investigación realizado en la Empresa Agroindustrial TUMAN y el realizado en Cuba el área de la parcela fue de **876 m²** y la cantidad de nitrógeno que dio los mejores resultados fue de **200 kg N/ha**.

2.3.1 Criterios para una fertilización nitrogenada efectiva

La información generada a partir de las investigaciones de la EEAOC, permitió definir nuevas recomendaciones orientadas al uso de dosis variables de Nitrógeno, establecidas en función de varios criterios, entre los que se destacan la fertilidad del suelo, el potencial productivo del cañaveral, la edad de la cepa y otras condiciones, tales como problemas de encharcamiento temporal, etc.

2.3.2 Fertilidad del suelo

La identificación de la fertilidad del suelo está asociada a su capacidad de abastecer de Nitrógeno y en general está relacionado con su textura y contenido de materia orgánica.

Por ejemplo, suelos de baja fertilidad o pobres son los suelos arenosos, o muy sueltos, con niveles de materia orgánica menores al 2%.

En un suelo fértil, cuya producción sin fertilización es elevada, se obtiene un incremento rentable del rendimiento utilizando una dosis relativamente baja (100 Kg de urea/ha). En cambio en un suelo pobre, en el cual la no fertilización implica obtener una muy baja producción, el máximo incremento del rendimiento en caña se logra con una dosis del doble de la óptima para el caso anterior.

Además, en ambas situaciones, el empleo de dosis mayores a las óptimas implica efectuar un gasto que no se recuperará ya que el incremento logrado por este aporte adicional es mínimo y sin justificación económica.

En cambio, las cañas socas presentan una respuesta segura y elevada a la fertilización e incluso las socas más viejas, al tener una menor capacidad de

abastecerse de las reservas del suelo, muestran una elevada dependencia de la fertilización y pueden tener mayores caídas en sus producciones si no son fertilizadas con nitrógeno.

En términos generales, la decisión de no fertilizar las socas más viejas puede significar una reducción de un 40% en la cantidad de materia prima que se produce por hectárea. Sin embargo, esta alta dependencia de las socas más viejas no significa que debemos incrementar la dosis de urea, sino más bien que no debemos dejar de fertilizarlas, pero siempre con la dosis adecuada.

Establecidas las condiciones en las que se pueden obtener los mayores beneficios de la aplicación de nitrógeno, deben analizarse las dosis necesarias para cada situación.

A tal fin la EEAOC confeccionó una tabla de recomendación, que orienta la dosis a utilizar según la fertilidad del suelo y la producción esperada. Esta tabla constituye una herramienta fundamental de decisión al permitir mejorar el manejo de la fertilización y elegir la dosis adecuada de acuerdo con las condiciones en que se encuentren los diferentes.

Las dosis a utilizar varían entre 1,5 a 4 kilogramos de urea por surco de 100 metros, siendo las primeras para utilizar en cañas plantas y en cañaverales de baja expectativa de producción en suelos de fertilidad moderada a alta. En cambio, las mayores dosis se aplicarán en cañaverales de buena expectativa de producción y en suelos de baja a muy baja fertilidad.

Asimismo, condiciones de drenaje impedido acentúan la necesidad de fertilizar con nitrógeno, ya que los anegamientos temporarios que ocurren en estas situaciones comprometen el normal abastecimiento de nitrógeno a partir de la materia orgánica del suelo. Frente a éstas condiciones, de no poder controlar el problema mediante el diseño y mantenimiento de un sistema de drenaje, conviene incrementar la dosis seleccionada en un 20 %, para mejorar la respuesta

Indudablemente la expectativa de producción de cada lote estará apoyada en el registro de las producciones alcanzadas en años anteriores y en la edad del cañaveral.

Este criterio de selección de dosis ofrece al productor cañero mejores posibilidades de obtener mayores beneficios por cada peso invertido en fertilizante, ya que evita una sobredosificación en sectores del campo de baja respuesta y una aplicación adecuada en los cañaverales de máxima respuesta (Andrades, Marisol – 2014).

2.3.3 Época óptima para la fertilización nitrogenada

El nitrógeno de la urea, en condiciones hídricas adecuadas, estará disponible para las plantas a partir de los 5-7 días de la aplicación, alcanzando su máxima disponibilidad a partir de los 15 días.

El nitrógeno procedente de la materia orgánica, en cambio, comienza a ponerse a disposición de la planta, en forma lenta y progresiva, asociado al incremento de las temperaturas y de la humedad del suelo.

El momento de fertilizar el cañaveral con nitrógeno se relaciona con el ritmo de absorción que tiene la caña de azúcar, la que es máxima en sus tres primeros meses de crecimiento (brotación y macollaje) y es capaz de absorber más nitrógeno del que necesita, almacenándolo en sus tejidos. Luego, este nitrógeno es removilizado para atender, junto al nitrógeno aportado por el suelo, los elevados requerimientos de la fase de gran crecimiento.

Este concepto sustenta la necesidad de que la fertilización nitrogenada debe practicarse temprano y asociado al crecimiento inicial del cañaveral.

Por lo tanto, la época de fertilización es uno de los principales factores que modifican el beneficio de la fertilización, ya que el gasto es el mismo para diferentes fechas de aplicación, pero no resulta similar el retorno de la inversión, expresado en la mayor producción de caña y azúcar (Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N° 61 – Noviembre 2004)

2.3.4 Lugar de colocación del fertilizante

El lugar de colocación del abono nitrogenado está muy relacionado con la movilidad del fertilizante en el suelo, con la distribución del sistema radicular y con

el propósito de evitar o reducir las pérdidas de nitrógeno por lavado y volatilización (en forma gaseosa a la atmósfera).

Las investigaciones demuestran que no existen diferencias en la efectividad de aplicación superficial de la urea, al comparar sobre la cepa o en las costillas del surco cuando no existe rastrojo en superficie, pero asimismo muestran que siempre resulta más efectivo incorporar la urea al lado de la cepa a unos 10 o 15 cm de profundidad.

Los pequeños agricultores deben evitar realizar la fertilización al voleo, es decir esparciendo la urea sobre la cepa, especialmente cuando el suelo está húmedo (después de una lluvia o riego), ya que en esas condiciones las pérdidas de nitrógeno por volatilización son máximas. Si no es posible incorporar el fertilizante, conviene aplicarlo manualmente en banda, a un lado de la cepa debajo de las hojas y sobre el suelo seco.

Por último, es importante señalar que los beneficios que se pueden obtener de la Práctica de fertilización, al hacerla en la época y en el lugar adecuado, serán mayores en cañaverales limpios sin malezas (Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N° 61 – Noviembre 2004).

2.4. Fósforo

El fósforo (P) desempeña en este sentido un papel determinante, en razón de la importante e insustituible función que mantiene en la fisiología de la planta, haciendo por ello cuestionable cualquier plan serio de fertilización y producción de caña en el cual el mismo no este incluido. Por este motivo se exponen seguidamente algunos asuntos de interés relativos al uso del P en la producción de la caña de azúcar.

Igual que acontece con el resto de nutrientes esenciales la documentación concerniente a este Elemento es muy abundante, destacándose la publicada por los siguientes investigadores ANDERSON (1995), ORLANDO FILHO (1976, 1978, 1983), ORLANDO FILHO et al (1980), MALAVOLTA (1976, 1980ab, 1981, 1982a, 1983), BERTSCH (1995), ALPIZAR QUESADA (1976), MARTIN ORIA et al (1987), FASSBENDER (1969, 1994), DROSSDOFF et al (1975), BAHIA y BRAGA

(1975), CENICAÑA (1995), FIXEN (1995, 1996), GARCIA (1973), GOEDERT et al (1986ab), IMPOFOS (1988), TISDALE et al (1993), ANDERSON Y BOWEN (1994), BESOAIN (1985), RAIJ (1984) Y ALVARADO (1984).

Efecto sobre la calidad: Es de todos conocido que la composición química de las plantas y la calidad del producto final puede verse significativamente influenciada y mejorada (o afectada) por el suministro de nutrientes, en este caso el P. En el caso de la caña de azúcar el empleo del P ha reportado tradicionalmente grandes beneficios, no sólo por sus efectos favorables a nivel agrícola, donde promueve incrementos significativos en la productividad de materia prima en el campo; además de prolongar la longevidad y la vida comercial de la plantación. En la fase de industrialización de la caña y fabricación del azúcar se ha podido determinar también, que caña procedente de plantaciones con alta disponibilidad de P en el suelo, sea por su elevada fertilidad natural o por la adición óptima a través de la fertilización, posee mayores concentraciones del mismo en el jugo. La presencia de P favorece y facilita a su vez la clarificación de los jugos, reduciendo con ello los costos y el tiempo involucrado. Asegura **CHEN (1991)**, que las pruebas acumuladas indican que el contenido de fosfatos en el jugo constituye el factor más importante para lograr una clarificación eficiente. Ese mismo autor señala que los fosfatos encontrados en la caña de azúcar son de naturaleza orgánica e inorgánica; los últimos aparecen como iones de fosfatos libres. En el caso de los fosfatos orgánicos dominan los fosfolípidos, fosfoproteínas, nucleotidofosfato y hexosafosfatos. Durante el proceso de clarificación del jugo en el ingenio, solamente el fosfato (libre) inorgánico participa; es por ello, que jugos que posean una elevada concentración de fosfatos inorgánicos se tornan industrialmente deseables.

Como funciones básicas del P en la caña pueden citarse las siguientes:

- Participa en la formación de la molécula de sacarosa.
- Favorece el almacenamiento de energía en las células a través de los compuestos Adenosina Difosfato (ADP) y Adenosina Trifosfato (ATP).

- Es un proveedor de energía a partir del ATP (compuesto clave en el metabolismo energético).
- Participa en la síntesis de numerosos compuestos fosforilados.
- Su deficiencia afecta la actividad fotosintética en grado superior respecto al N y el K, al limitar el transporte electrónico.
- Forma parte estructural de los ésteres de carbohidratos, fosfolípidos, coenzimas y ácidos nucleicos de la célula.
- Incrementa el contenido de carbohidratos, aceites, grasas y proteínas.
- Participa en la fijación simbiótica de Nitrógeno.
- Acelera la formación de raíces y favorece la producción de retoños.
- Actúa en el desdoblamiento de los azúcares en la respiración celular.
- Está asociado con el transporte electrónico que tiene lugar en la fase aeróbica de la respiración.
- Mantiene reservas en la semilla a través del ácido fítico.

2.5 Potasio

El potasio (K) es un nutriente esencial que con motivo de las interesantes particularidades que presenta en lo concerniente a función, funcionabilidad y efectos productivos en la caña de azúcar, merece ser estudiado en forma especial. Es mucha la información nacional e internacional que sobre K se ha escrito, pese a lo cual existen y persisten aún en el ambiente técnico, criterios que no responden necesariamente a la realidad y contexto en que debe analizarse y, principalmente, interpretarse la acción nutricional por él promovida cuando se adiciona a través de la fertilización. En Costa Rica la investigación agronómica que se ha realizado con K, si bien no puede considerarse abundante y profunda, sí ha sido en término general suficiente y revelador, lo que ha permitido conocer con un alto grado de aproximación la respuesta a su adición al suelo, la cual es bastante consistente. La controversia y confusión sobre su importancia y valor nutricional, se fundamenta en el hecho de que por su naturaleza de macronutriente primario, por lo general se comparan e interpretan sus efectos con respecto a los promovidos por el Nitrógeno (N) y el Fósforo (P); lo cual es equivocado si

consideramos como se indicó, la función y funcionalidad del elemento en el suelo y en la planta y por ende sobre la productividad de campo. Esta situación ha conducido a que muchos productores y técnicos cuestionen y minimicen la verdadera necesidad de las aplicaciones de K, y otros hasta se pregunten preocupados y sorprendidos, el por qué no se adiciona el elemento al suelo, esto principalmente en la región de Guanacaste, donde motivos estrictamente de criterio profesional y personal han conducido a que algunas unidades productivas importantes hayan prescindido durante muchos años de su adición, a pesar de que los resultados de la investigación agronómica han demostrado lo contrario. Por tal motivo, resulta de fundamental importancia revisar con objetividad la información generada por la investigación de campo que sobre este nutriente se ha realizado en Costa Rica, y proveer además la información teórica básica que favorezca una interpretación más acorde al conocimiento existente en la actualidad. (*Expuesto en el “XII Congreso Nacional de Técnicos Azucareros de Costa Rica “ATACORI”, celebrado en Guanacaste, en el mes de setiembre 2,3 y 4 de 1998. p: 90-102.*)

Como funciones básicas que desempeña el K en la planta de caña de azúcar se destacan las siguientes:

Actúa como activador enzimático de más de 40 enzimas.

Regula desde las reacciones de fosforilación hasta la síntesis de proteínas.

El ion K es el catión principal en el citoplasma, por lo que mantiene controlado el balance de las cargas aniónicas.

Interviene en el control de la turgencia de células especializadas (estomas).

Actúa sobre la apertura y cierre de los estomas.

Interviene en el metabolismo de los carbohidratos y la formación de almidón.

Interviene en la manutención del potencial osmótico de las células.

Opera sobre el transporte de carbohidratos: la deficiencia induce disminución de la sacarosa en los tallos y la disminución de la respiración, fotosíntesis y formación de clorofila.

Favorece la tolerancia a las heladas, la sequía y la salinidad de los suelos.
Promueve la resistencia a enfermedades como *Helminthosporium sacchari*.
Reduce el volcamiento y la defoliación de las plantas.
Induce un mejoramiento en la calidad de los productos (color, tamaño, acidez, resistencia al transporte, manipulación y almacenamiento, valor nutritivo, cualidades industriales, etc.).
Participa en la permeabilidad de las membranas celulares.
Actúa sobre el transporte de azúcares a nivel de floema.
La deficiencia de K favorece la actividad hidrolítica de la invertasa, generando una mayor cantidad de azúcares reductores.

2.6 Consideraciones finales

La obtención de altas producciones en caña de azúcar está condicionada al uso de fertilizantes, ya que el suelo es incapaz de proveer todos los nutrientes con el ritmo y en las cantidades requeridas por la caña para lograr máximos rendimientos.

Una fertilización adecuada y oportuna de los cañaverales asegurará el logro de altas producciones durante toda su vida económica.

La magnitud de los beneficios a obtener mediante la fertilización dependerá en gran medida de la fertilidad del suelo, del nivel productivo, del número de cortes del cañaveral, de las condiciones de drenaje, del empleo de la dosis adecuada, de la aplicación en época y también de la eficacia en el control de malezas y en la utilización de todas las tecnologías disponibles.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Área experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A.A. Distrito: TUMAN, Provincia: CHICLAYO y Región: LAMBAYEQUE, durante los meses de enero 2012 a enero del 2013, geográficamente ubicado a 6° 42' 14.75" Latitud Sur, 79° 54' 22.59" Longitud Oeste y a 35 msnm de altitud, en los campos de la Humedad A-1 cuartel N°5, 9º corte a realizarse, cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande.

Foto Satelital de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN



3.1.2 Suelo:

Análisis físico-químico del área experimental

Para la realización del análisis de suelo, se tomaron sub muestras en zig-zag en toda el área, de la zona, donde se realizó el trabajo de investigación; a una profundidad de 30 centímetros aproximadamente, para luego mezclar estas sub muestras y obtener una muestra representativa del campo. Luego se realizó el analisis en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Los métodos seguidos en el análisis fueron:

- a) Textura:** Triangulo Textural
- b) pH :** Potenciómetro (Extracto de Saturación)
- c) C.E (ms/cm) :** Conductómetro (Extracto de Saturación)
- d) C.I.C (meq/100 gr) :** Método Gravimétrico por Cloruro de Calcio
- e) M.O (%) :** Método Walkley-Black
- f) N. (disponible) :** Método de Kjeldahl
- g) . P. (disponible) :** Método Olsen Modificado.
- h) . K. (disponible) :** Método de Peech

FUENTE: Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía.

Los resultados del análisis de suelo mostraron lo siguiente:

- La textura del suelo, no fue un impedimento para su germinación y crecimiento normal del cultivo en estudio.
- Dentro del análisis del pH, se notó que suelo está en el grupo de los “suelos alcalinos”, en la cual es un factor que puede disminuir la disponibilidad de P y B en la planta; y además puede producir, en algunos casos, deficiencia creciente de algunos elementos menores como el: Cu, Fe, Mn, Zn, Co, clorosis férrica (teóricamente); pero en la práctica no se encontró alguna

característica morfológica resaltante en la planta, propia de alguna deficiencia de los elementos menores ya mencionados

- La conductividad eléctrica de los suelos, mostró que los valores representan un terreno “no salino” en las tres zonas mencionadas.
- En la materia orgánica, el porcentaje óptimo en el suelo es de 2 % a 2.5 % aproximadamente.
- Los valores de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), mostraron un rango un poco “elevado”, pero que no tendría ninguna influencia resaltante dentro de las reacciones químicas dentro del suelo ni con el desarrollo y crecimiento de la planta.
- En conclusión, los resultados de los análisis de suelos de las tres zonas donde se realizó la tesis, estuvieron completamente normales, cuyos valores no estuvieron ni tan bajos ni tan al extremo en cada parámetro que se analizó; y por eso se les puede denominar un “suelo apto” para la siembra y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, en la cual no traerá efectos negativos en el futuro.

Para el presente trabajo se denota un suelo con textura Franco arenoso, lo cual indica que estos suelos tienen baja capacidad de retención de humedad y de nutrientes. Respecto al análisis químico, estos suelos son bajos en materia orgánica, fósforo y alto en potasio, la conductividad eléctrica fue baja (0.6 a 1.9), su pH se caracteriza por ser alcalino (8.45 a 8.77), característico de los suelos de costa y apto para el cultivo de caña. Para el caso de carbonato, su contenido es medianamente alto (Cuadro 01).

Cuadro 01. Análisis Físico y Químico Del Suelo Experimental

MUESTRAS	CE ms/cm	PH	MO%	N%	P(ppm)	K (ppm)	CO3 %Ca	CLASE TEXTURAL	Da	Dr
B1	0.99	8.77	1.20	0.071	4.0	410	2.8	FRANCO ARENOSO	1.28	2.01
B2	1.90	8.50	1.30	0.079	3.8	700	3.3	FRANCO ARENOSO	1.31	2.03
B3	0.60	8.45	1.13	0.065	4.5	280	2.1	FRANCO ARENOSO	1.38	2.04

Fuente: Laboratorio de la Facultad de Agronomía de la U.N.P.R.G.

3.1.3. Clima

El clima de la costa peruana, es Semi-Cálido (Desértico), este tipo de clima constituye uno de los eventos climáticos más notables del Perú, comprende casi toda la región de la costa, desde Piura hasta Tacna y desde el litoral del Pacífico hasta el nivel aproximado de 2000 msnm, representa el 14% de la superficie total del país. Se distingue por ser su clima con precipitación promedio anual de 150 mm. y temperatura media anuales de 18° a 19°C, decreciendo en los niveles más elevados de la región. Específicamente SENAMHI 1977, clasifica a Lambayeque-Chiclayo-Ferreñafe según los Índices climáticos de acuerdo con el Sistema de Clasificación de Climas de **Warren Thornthwaite** como: E(d)B'1H3, correspondiente a una zona desértica, semi-cálida, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones del año.

Temperatura

Es el elemento del clima que tiene gran importancia para el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo, ya que afectan el crecimiento celular y el accionar de las plagas. Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación Meteorológicos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Oficina de Meteorología y Climatología, ubicado en el Fundo "El Ciénago".

Las temperaturas promedio durante los meses de conducción experimental fueron de 26.45, 22.7 y 18.9°C para la temperatura máxima, media y mínima, respectivamente, que están ligeramente por encima del óptimo para el desarrollo del cultivo de caña, que es de 22°C.

Humedad Relativa

Durante la conducción experimental se observó que la máxima humedad relativa en los meses de Julio Septiembre y Diciembre con un 77% de humedad en los tres casos, en cambio la menor correspondió al mes de Abril con 71 % de humedad y un promedio anual de 74.5 %, considerando estos valores apropiados para el desarrollo del cultivo.

Horas sol

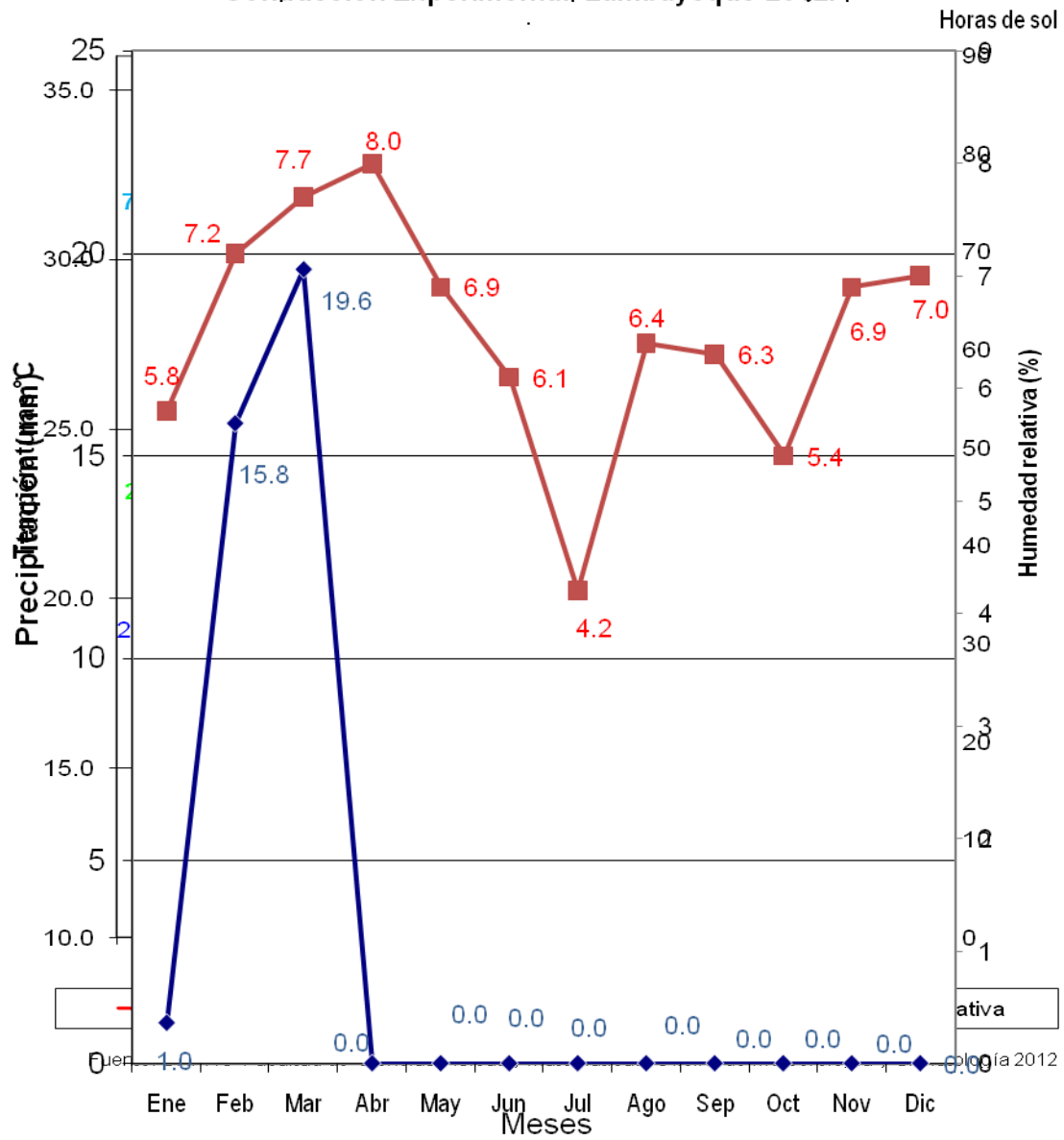
La mayor cantidad de horas sol ocurrió en el mes de abril con 8 horas y la menor en el mes de julio con 4.2 horas (Cuadro 02)

Cuadro 02. Datos climatológicos observados durante la conducción experimental Estación Meteorológica de la UNPRG. Lambayeque- 2012

	Temperatura (°C)			Humedad	Precipitación.	Horas
Año 2012	Máxima	Mínima	Media	relativa (%)	(mm)	de sol
Enero	28.4	20.2	24.3	72	1.0	5.8
Febrero	29.4	21.5	25.5	72	15.8	7.2
Marzo	29.8	21.4	25.6	72	19.6	7.7
Abril	29.7	21.2	25.5	71	0.0	8.0
Mayo	27.7	19.6	23.7	73	0.0	6.9
Junio	26.8	19.6	23.2	76	0.0	6.1
Julio	24.7	17.9	21.3	77	0.0	4.2
Agosto	23.4	16.3	19.9	76	0.0	6.4
Septiembre	23.7	16.5	20.1	77	0.0	6.3
Octubre	23.5	16.9	20.2	76	0.0	5.4
Noviembre	24.6	17.5	21.1	75	0.0	6.9
Diciembre	25.7	18.0	21.9	77	0.0	7.0
Promedio	26.45	18.9	22.7	74.5	3.0	6.6

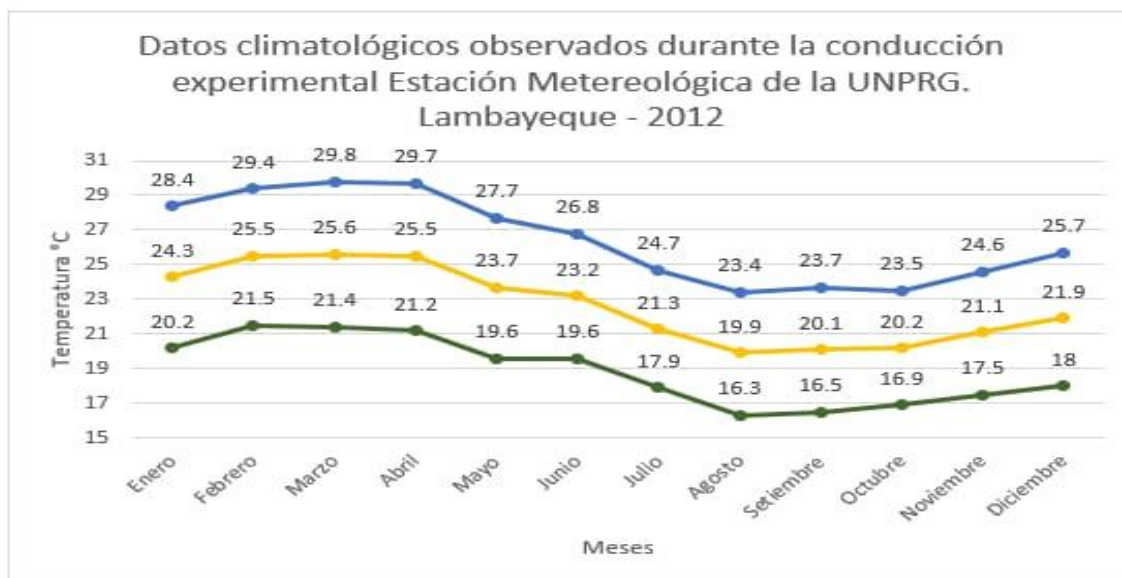
Fuente: UNPRG, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Oficina de Meteorología y Climatología

Gráfico 02: Precipitación y Horas de sol Observada Durante la conducción Experimental Lambayeque 2012



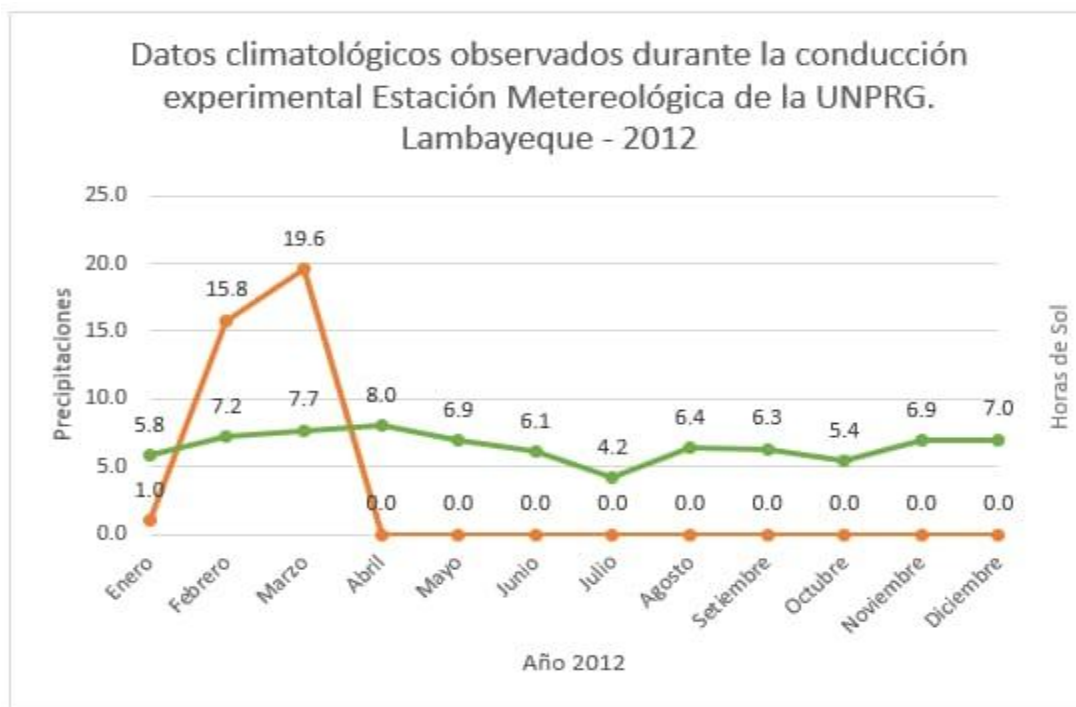
Fuente: UNPRG-Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Oficina de Meteorología y Climatología 2012

Grafico 02. Temperatura y meses observados durante la conducción del experimento



Fuente: UNPRG, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Oficina de Meteorología y Climatología

Grafico 03. Precipitaciones y horas sol observados durante la conducción del experimento



Fuente: UNPRG, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Oficina de Meteorología y Climatología

3.2. Material Experimental

3.2.1 Características botánicas y agronómicas del cultivar PCG12-745 (Azul Casa Grande)

Azul Casa Grande (PCG12 – 745); resultado del cruce de Coimbatore Co – 281 x POJ – 2878; obtenido en la Estación Experimental de Casa Grande – La Libertad en el año de 1945. El cultivar Azul Casa Grande con un color verde claro de sus tallos, que se tornan violáceos al sol; porte erecto, buena germinación, apto para secano y riego; de fácil corte; se adapta a diferentes tipos de suelos y climas; maduración entre 12 a 14 meses. Cultivar resistente al carbón (*Ustilago scitaminea*), presencia de mancha café-parda (*Cercospora longipes*); tallos de color violáceo oscuro, postrados y entrenudos largos, diámetro grueso, yemas normales, nudos y entrenudos de forma cilíndrica; presencia de floración en algunas épocas; hojas erectas verticales de color verde oscuro pálido inclinadas hacia arriba; presenta un alto contenido de sacarosa (Pool caña 13,61%); con un rendimiento promedio de 120 TM.

Tiene un buen macollaje, tallos erectos, hojas delgadas, cierre rápido del campo, buenos rendimientos, además de poseer una baja floración. En el aspecto sanitario, este cultivar es altamente resistente a la roya, resistente a escaldadura de la hoja y a la enfermedad de Fiji. Pero podemos mencionar que dentro de las enfermedades más importantes que afectan a la planta de caña de azúcar, las que son muy susceptibles son al virus del mosaico y al carbón.

Tiene como características resaltante una amplia adaptabilidad y alta estabilidad a diferentes zonas que se la lleve a sembrar. Además de poseer una alta productividad agrícola e industrial. Dentro de los aspectos de productividad, tenemos:

Otras características importantes son las siguientes:

Periodo germinal.....	15 a 20 días
Macollamiento	Bueno/uniforme
Requiere suelos.....	Ricos en materia orgánica.
Requiere suelos de textura.....	Franco Arenoso. Granulado y
Requerimiento de agua.....	Moderado
Talla color.....	Azul violáceo
Rajado	Regular
Crecimiento.....	Erecto
Color de Hoja.....	Verde oscuro
Floración.....	Intermedia
Periodo Maduro	120 – 150 días
Rendimiento Tn/ha.....	120-160

3.2.2 Clasificación Taxonómica

- ✓ **REINO** : Plantae
- ✓ **DIVISION** : Magnoliophyta
- ✓ **CLASE** : Liliopsida
- ✓ **SUB CLASE** : Commelinidae
- ✓ **ORDEN** : Poales
- ✓ **FAMILIA** : Poaceae
- ✓ **SUB-FAMILIA** : Panicoideae
- ✓ **TRIBU** : Andropogoneae
- ✓ **GENERO** : *Saccharum*
- ✓ **ESPECIE** : *S. officinarum*

3.3. Procedimiento Experimental

3.3.1. Tratamientos

(Cuadro 3)

No	Tratamiento	N	P2O5	K2O
1	160kg	160	0	0
2	160Kg-100Kg-60Kg	160	100	60
3	160kg-100Kg	160	100	0
4	180 kg	180	0	0
5	180kg-100kg-60 kg	180	100	60
6	180kg-100kg	180	100	0
7	200kg	200	0	0
8	200kg-100kg-60 kg	200	100	60
9	200kg-100kg	200	100	0
10	Testigo-0kg	0	0	0

3.3.2. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental Bloques Completos al Azar con 3 repeticiones.

3.3.3 Características del Área Experimental

B1										B2										B3									
T5	T3	T8	T4	T2	T6	T1	T7	T10	T9	T2	T7	T5	T1	T9	T8	T10	T6	T3	T4	T7	T5	T2	T3	T9	T8	T10	T4	T1	T6

Características de los bloques :

Nº de bloques	= 3
Nº de tratamientos por bloque	=10
Ancho de bloques	=73 m.
Largo de bloques	=120 m
Área neta de bloque	=8760 m ²

Características de las parcelas

Nº de parcelas	=10
Largo de parcela	=73
Ancho de parcela	=12 m
Área total de parcela	=876 m ²
Área neta experimental	=26280 m ²

3.4. Ejecucion experimental

Demarcación experimental

En la demarcación experimental, lo que se realizó fue lo siguiente: luego de que se realizó la siembra, se dio marcha al marcado del campo con cal, de acuerdo al diseño de Bloques Completos al Azar propuesto inicialmente. Las parcelas experimentales tuvieron un área de 876 m² (73 m x 12 m); se identificó con estacas según la aleatorización previa a cada tratamiento conformado por 10 surcos.

Manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar en soca

A) Control de malezas

Herbicidas para la aplicación de pos emergencia

Antes de la aplicación de los herbicidas en los tratamientos, se tuvo que realizar necesariamente una calibración del equipo que consistió en calcular el gasto de agua por hectárea.

Consistió en aplicar un herbicida post-emergente dirigido al follaje de la maleza como Ametrina(3lt/ha), 2.4D Sal Amina(1.5lt/ha), Tordon(1lt/ha), y un surfactante “Pegasol”(0.2lt/ha).

Redondeo químico

El redondeo químico es la labor que se realiza en las azucareras y se realiza para controlar todo tipo de malezas que se encuentra en acequias internas, calles o alrededor de los cuarteles para que el agua del riego ingrese fácilmente al campo. La aplicación del redondeo químico tiene como ingrediente activo el Glifosato y el 24-D Sal Amina.

B) Fertilización

Las fuentes de fertilizantes que se utilizaron fueron la urea con 46% de nitrógeno, fosfato di amónico con 46% de fosforo y 18% de nitrógeno y el sulfato de potasio con 50% de potasio y 18% de azufre.

La época de aplicación fue a los 45 días dentro del rango permitido en la Empresa Agroindustrial TUMAN S.A.A.

La aplicación de los fertilizantes fue en forma mecanizada con el tractor ZANELLO 280HP” con cuatro puntas, cuatro discos excéntricos y dos tanques de tal manera que lo que se ponga en los tanques dependerá de cada tratamiento con las dosis indicadas en cada tanque: (ver cuadro 5)

Cuadro 4. Fertilizantes aplicados

Tratamientos	FUENTES			Total Mezcla (Kg)	de Cada tanque (kg)
	Urea (kg.)	Fosfato diamónico (kg.)	Sulfato de potasio (kg.)		
t1	30.47	0	0	30.47	15.24
t2	23.02	19.04	10.51	52.57	26.29
t3	23.02	19.04	0	42.06	21.03
t4	34.28	0	0	34.28	17.14
t5	26.83	19.04	10.51	56.38	28.19
t6	26.83	19.04	0	45.87	22.94
t7	38.02	0	0	38.02	19.01
t8	30.47	19.04	10.51	60.02	30.01
t9	30.47	19.04	0	49.51	24.76
Testigo	0	0	0	0	

La época de aplicación fue a los 45 días dentro del rango permitido en la Empresa Agroindustrial TUMAN S.A.A.

La aplicación de los fertilizantes se realizaron en forma mecanizada con el tractor ZANELLO 280HP” con cuatro puntas, cuatro discos excéntricos y dos tanques de tal manera que lo que se ponga en los tanques dependerá de cada tratamiento con las dosis indicadas en cada tanque:

C) Riego

El riego se efectuó por “gravedad” con agua de río y de pozo, y se aplicará un riego por mes, hasta el agosto, que se efectuará a los 10 meses después de la cosecha.

Durante el tiempo que duró el trabajo de investigación, se aplicaron los siguientes riegos:

- Riego de Germinación: 28/02/2012 (1 dds)
- 1er Riego de Repaso: 10/03/2012 (12 dds)
- 2do Riego de Repaso: 03/04/2012 (36 dds)
- 3er Riego de Repaso: 26/04/2012 (57 dds)

D) Control de plagas y enfermedades

Las evaluaciones de plagas y enfermedades se ejecutaron según el cronograma de la empresa Agroindustrial Tuman.

En la realización del presente trabajo no se presentaron enfermedades y con respecto a plagas se presentó *Diatraea saccharalis* (cañero) pero se controló con liberaciones de *Trichogramma* spp.

E) Control de la maduración

Ubicación: El laboratorio se encuentra ubicado en el Centro Poblado Rinconazo perteneciente al Distrito de TUMAN a 15 minutos de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A.A.

En el laboratorio se determinó los componentes de calidad como el Brix, Pureza, Pol, Azúcares reductores.

F) Cosecha

Se efectúa mediante análisis directos en muestras que se toman periódicamente en los campos agostados.

Las primeras muestras se toman aproximadamente un mes después de iniciado el agoste. Para sacar las muestras, se realiza primero la apertura de las trochas las cuales tienen una magnitud de 15 a 20 metros de largo (dentro del cuartel).

Los tallos de cada tratamiento se pesaron, y colocaron luego en sacos con su respectiva etiqueta de identificación fueron llevadas al almacén, para luego procesarlas.

F.1) Quema

La quema de la caña se efectuó con el objeto de eliminar la mayor cantidad posible de hojas secas. De esta manera, se eliminó el material vegetal que no contiene sacarosa y se reducen los costos, tanto de corte, especialmente cuando este es manual, como los del carguío y transporte.

F.2) Oportunidad de la quema

En general, la quema se deberá iniciar en contra de la dirección del viento para evitar el pase del fuego a cuarteles que aún no se desean quemar.

F.3) Corte

Se efectuó manualmente con machete la cual dependerá por supuesto de la calidad o rendimiento del cortador esta en razón directa de la densidad del cañaveral.

F.4) Arrume

Se hizo semimecanizada, se efectuó con mano de obra y maquinaria pesada para arrumar la caña hasta la cabecera del cuartel experimental.

G) Carguío y transporte:

El carguío se efectuó manualmente para poder distribuirlo al camión donde fue llevado a fábrica.

Para el transporte se utilizaron camiones de capacidad suficiente para cada tratamiento.

3.5. Evaluaciones:

Para sacar los datos se muestreo el campo con personal especializado, las muestras tomadas han sido completamente al azar.

A) Altura de Planta: Se midió de la base del tallo hasta el dobles de la hoja usando una wincha (m) se hizo 1 evaluación cada 60 días.

B) Diámetro de tallo: Se midió en la mitad del tallo utilizando el vernier (cm) se hizo 1 evaluación cada 60 días.

Se tomó dos plantas por cada tratamiento para medir el diámetro del tallo, número de hojas y la altura del primer entrenudo de la planta; y se tomaron tres plantas del surco central de cada tratamiento para medir la altura.

C) Numero de macollos por cepa: contamos el número de plantas por cepa.

Se contabilizaron el número de brotes a los 60 días después de la quema y cosecha, los datos se tomaron de un metro lineal del surco central de cada tratamiento.

D) Pol jugo: Se hizo dentro del ingenio después de cosecha usando el Polarímetro (usando el jugo). Se tomó muestra del primer molino que constituye el jugo o guarapo sin mezcla.

E) Brix: Se hizo dentro del ingenio dentro del laboratorio usando el Refractómetro (usando el jugo)

F) Pureza: Para su determinación se utilizó la siguiente formula :

$$P = \frac{\text{pol}\%}{\text{brix}\%} \times 100$$

G) Rendimiento: Se hizo al momento del ingenio en la pesa y se expresó en TM/ha.

3.6. Análisis estadísticos

Previo al análisis estadístico, se probó las Asunciones principales del análisis de varianza, para aplicar los análisis de la estadística paramétrica, como la normalidad para el caso del rendimiento, por lo que se empleó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar.

Para la contrastación de las hipótesis establecidas, se trabajó con el diseño experimental BCA (Bloques Completos al Azar).

Diseño en Bloques Completos al azar

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + e_{ij}$$

Cuadro 04. Modelo del análisis de varianza

Fuente Variación	De	grados libertad	de	suma de cuadrados	de	cuadrados medios	Razón
media		1		J			
bloques		b-1		SC(b)		SC(b)/GL(b)	CM(b)/CM(e)
tratamiento		t-1		SC(t)		SC(t)/GL(t)	CM(t)/CM(e)
error experimental		(b-1)(t-1)		SC(e)		SC(e)/GL(e)	
total		r.t.b-1		SC(T)			

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre la altura de planta

El análisis de varianza para esta característica, no encontró significación estadística para las fuentes de variación evaluadas, resultados que muestran que éstos tienen un comportamiento homogéneo (Cuadro 5)

El promedio experimental fue de 3.998 m valor comprendido entre los estándares para este cultivar.

La prueba de Duncan (0.05) para las combinaciones, muestra que en promedio los tratamientos evaluados, no difieren estadísticamente en altura de planta, aunque se aprecia que el tratamiento N(180kg)-P(100kg), con 4.34 m, se encuentra ocupando el primer lugar en el orden de mérito, siendo superior numéricamente al Testigo-0 kg. Mientras que el tratamiento N(160kg), con 4.08 m, quedó ubicado al final del Cuadro 11, Gráfico 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza para altura de planta (m) en el efecto de la fertilización nitrofosfopotasica en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Repeticiones	2	0.067	0.033	2.151	NS	3.01	4.72
Tratamientos	9	0.049	0.005	0.353	NS	2.36	3.36
Error	18	0.279	0.016				
Total	29	0.395					

CV = 11.00%

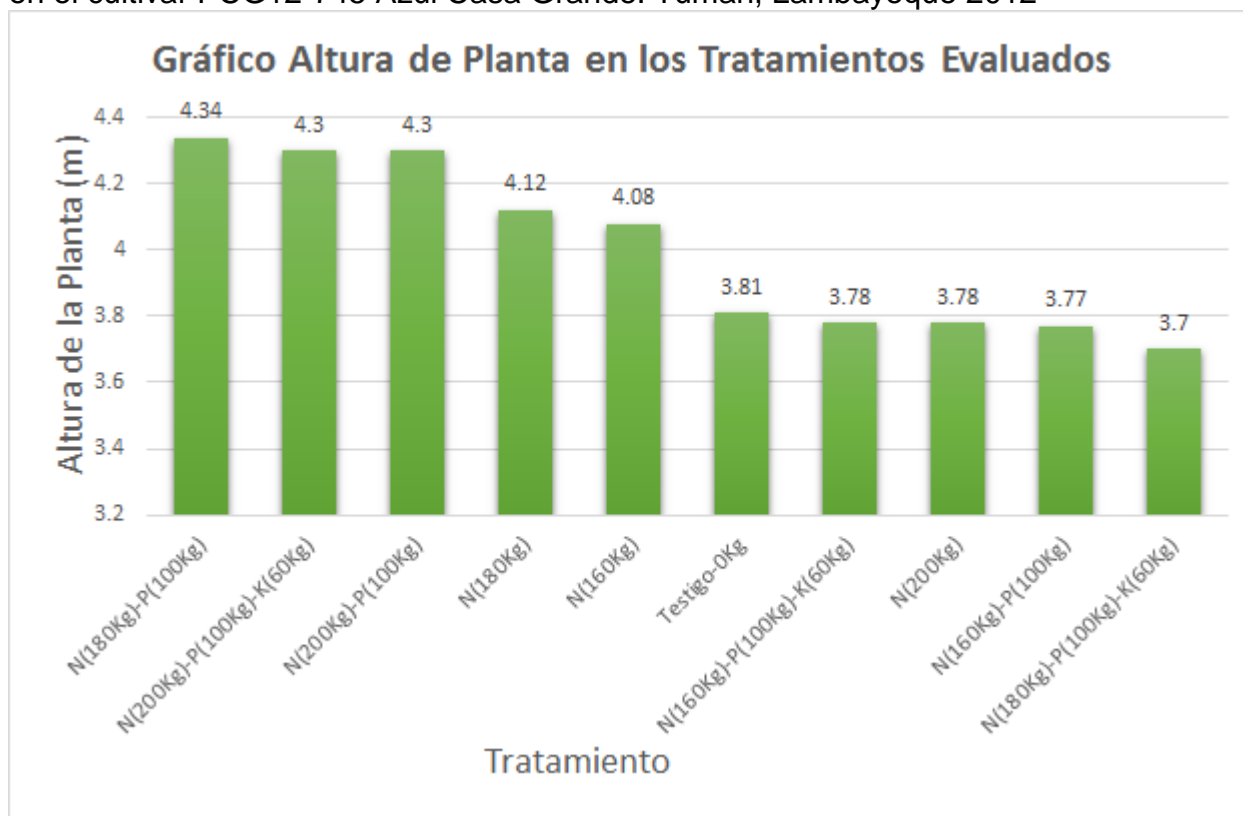
Cuadro 6. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre la altura de planta (m) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

OM	TRATAMIENTOS	Altura de planta (m)	SIGN
1	N(180kg)-P(100kg)	4.34	a
2	N(200kg)-P(100kg)-K(60kg)	4.30	a
3	N(200kg)-P(100kg)	4.30	a
4	N(180kg)	4.12	a
5	N(160Kg)	4.08	a
6	Testigo 0 kg	3.81	a
7	N(160kg)-P(100kg)-K(60kg)	3.78	a
8	N(200kg)	3.78	a
9	N(160 kg)-P(100kg)	3.77	a
10	N(180kg)-P(100kg)-K(60kg)	3.70	a

$\bar{X} = 3.998$

DLS0.05= 0.210

Grafico 04. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre la altura de planta (m) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012



4.2 Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre diámetro de tallo

El análisis de varianza para esta característica, no encontró significación estadística para las fuentes de variación evaluadas, resultados que muestran que un comportamiento homogéneo, de las fuentes en la presente característica. (Cuadro 7)

El coeficiente de variabilidad fue de 8.34 %, valor bajo, que valida la conducción experimental y toma de datos, por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central (CANAVOS 1994).

La prueba discriminadora de promedios de Duncan (0.05) para tratamientos detectó diferencias estadísticas significativas, encontrándose tres subconjuntos diferentes, el primero superior está conformado por ocho tratamientos, los que presentaron los mayores diámetros, con valores que variaron de 5.127 a 2.731 cm, para los tratamientos: N(200kg)-P(100kg), quien encabeza la lista de tratamientos evaluados y para N(180kg), En cambio el Testigo con, 2.627 cm, registro los menores diámetros, quedando rezagado al final del Cuadro (Cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm) en el Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Repeticiones	2	5.325	2.663	1.377	NS	3.01	4.72
Tratamientos	9	24.489	2.721	1.407	NS	2.36	3.36
Error	18	34.811	1.934				
Total	29	64.625					

CV = 8.34%

Cuadro 8. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el diámetro de tallo (cm) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

OM	TRATAMIENTOS	Diámetro de tallo (cm)	SIGN
1	N(200kg)-P(100kg)	5.127	a
2	N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	5.117	ab
3	N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	4.242	abc
4	N(200kg)	3.925	abc
5	N(160kg)	3.913	abc
6	N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg)	3.542	abc
7	N(180kg)-P(100kg)	2.813	abc
8	N(160kg)-P(100Kg)	2.790	abc
9	N(180 kg)	2.731	bc
10	Testigo-0kg	2.627	c

$$\bar{X} = 3.6827$$

$$DLS_{0.05} = 2.344 \quad 2.465 \quad 2.529$$

Gráfico 05.- Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el diámetro de tallo (cm) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012



4.3. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre número de macollos por cepa

El análisis de varianza para esta característica, no encontró significación estadística para las fuentes de variación evaluadas, resultados que muestran que éstos tienen un comportamiento homogéneo. (Cuadro 9)

El coeficiente de variabilidad fue de 17.01 %, valor bajo, que valida la conducción experimental y toma de datos, por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central (CANAVOS 1994).

El promedio experimental fue de 17.383 macollos por cepa, valor comprendido entre los estándares para este cultivar (Grobman 1961).

La prueba de Duncan (0.05) para las combinaciones, muestra que en promedio los tratamientos evaluados, no difieren estadísticamente en el número de macollos, aunque se aprecia que el tratamiento N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg), con 19.333 macollos/m² m, se encuentra ocupando el primer lugar en el orden de mérito. Mientras que el Testigo-0kg, con 15.417 macollos por cepa, quedó ubicado al final del Cuadro 10, Gráfico 11.

Cuadro 9. Análisis de varianza sobre el número de macollos (macollos/cepa)
Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica en el cultivar PCG12-745
Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Repeticiones	2	26.204	13.102	1.499	NS	3.01	4.72
Tratamientos	9	56.050	6.228	0.712	NS	2.36	3.36
Error	18	157.338	8.741				
Total	29	239.592					

CV = 17.01%

Cuadro 10. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre número de macollos (macollos/cepa) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

OM	TRATAMIENTOS	Macollaje (n°macollos/cepa)	SIGN
1	N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	19.333	a
2	N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	19.333	a
3	N(180 kg)	18.417	a
4	N(160kg)-P(100Kg)	18.083	a
5	N(180kg)-P(100kg)	17.750	a
6	N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg)	17.250	a
7	N(200kg)-P(100kg)	16.500	a
8	N(200kg)	16.167	a
9	N(160kg)	15.583	a
10	Testigo-0kg	15.417	a

$\bar{X} = 17.383$
DLS0.05= 4.984

Gráfico 06.- Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre número de macollos (macollos/cepa) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012



4.4. Efecto de la fertilización nitrofosfopotásica sobre el rendimiento de la caña

El análisis de varianza para esta característica, encontró alta significación estadística para bloques y tratamientos ($p=0.01$), resultados que muestran que el diseño experimental fue el apropiado por el control del error experimental y el rendimiento tuvo un comportamiento heterogéneo (Cuadro 11).

El coeficiente de variabilidad fue bajo con un valor de 4.29%, que denota confiabilidad en la toma de datos y conducción experimental y que los resultados proveen una buena precisión (**MARTINEZ, 1995**)

Para el caso de los tratamientos, Duncan al 5% detectó diferencias estadísticas entre promedios, encontrándose tres subconjuntos diferentes, el primero conformado por el tratamientos N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg), quien produjo el mayor rendimiento, con 137.33 tm/ha, superando estadísticamente al resto de tratamientos, este alto valor se atribuye a la respuesta a dosis altas de nitrógeno, debido a que los suelos de costa son pobres en materia orgánica y por tanto de nitrógeno, le siguen los tratamientos: N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg), N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg), N(200kg)-P(100kg), N(160kg)-P(100Kg), N(180kg)-P(100kg), N(200kg), N(180 kg) y N(160kg), con 127.62, 126.65, 123.74, 121.74, 120.52, 120.18, 120.05 y 119.33 TM, respectivamente, se observa que en este grupo se encuentran las fórmulas de fertilización que tienen valores intermedios de nitrógeno y sin potasio. Mientras que el Testigo, con 102.62 TM, quedó ubicado en el último lugar, debido a que no recibió fertilización NPK. (Cuadro 7, Gráfico 3).

Los macroelementos, nitrógeno, fósforo y potasio, son los consumidos vorazmente por la planta, se observa que el elemento más importante en el crecimiento de la planta es el nitrógeno. El N ayuda a que las plantas sean más vigorosas, verdes, succulentas y sanas, con lo que resultan mejores cultivos, para producir altos rendimientos. El nitrógeno es el nutriente que la caña más necesita y generalmente resulta insuficiente en el suelo, de modo que hay que agregarlo, no solo en la siembra sino en ciertas etapas que la planta necesita.

La fertilización con fósforo promueve la formación y el crecimiento temprano de las raíces, estimula la floración, acelera la madurez y contribuye a la formación de la semilla.

Mientras que el potasio es elemento de la calidad, ayuda a mantener la permeabilidad de la células, es esencial en la formación de almidones azúcares y aceites, estimula el desarrollo de las raíces, aumenta la resistencia a las enfermedades, resultados que son concordantes con **Aguirre, Jacob y Von Uexkull**

Cuadro 11. Análisis de varianza para rendimiento (TM/ha) en el Efecto de la fertilización nitrofosfopotásica en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Bloque	2	1512.37	756.18	27.57 **		3.01	4.72
Tratamiento	9	2050.24	227.80	8.31 **		2.36	3.36
Error	18	493.69	27.43				
Total	29	4056.31					

CV = 4.29%

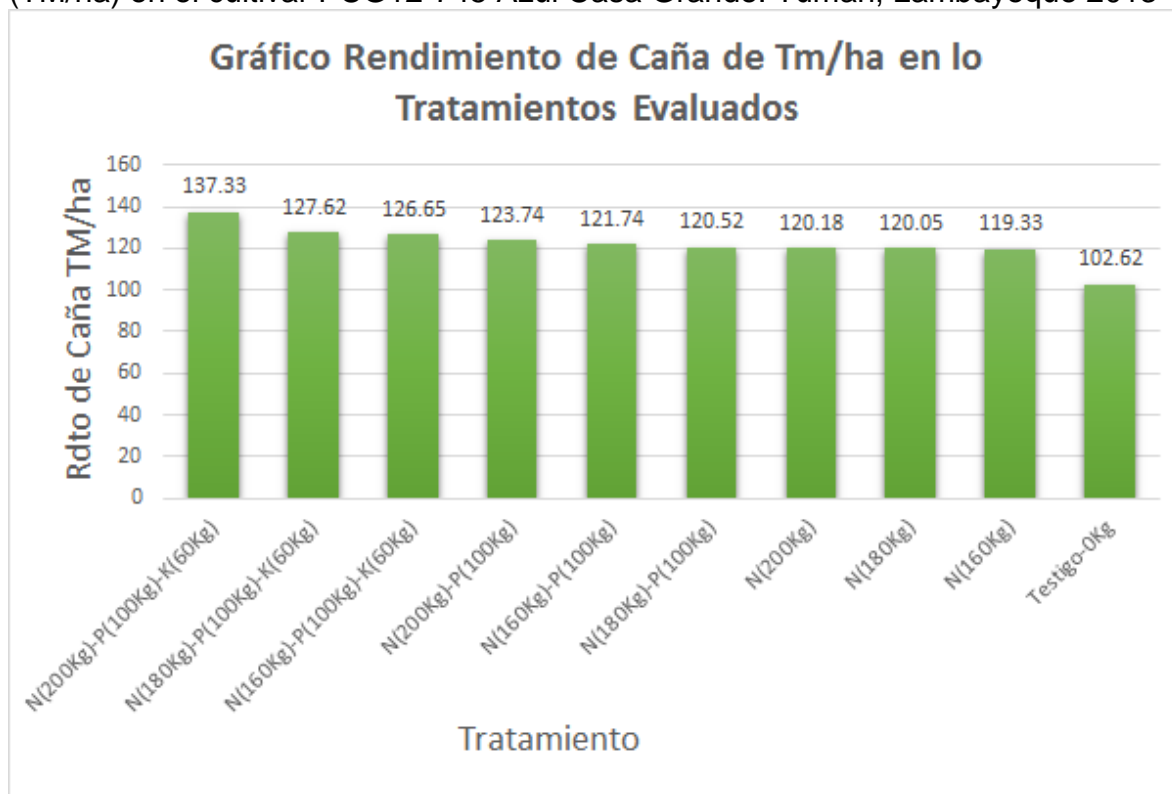
Cuadro 12. Efecto de la fertilización nitrofosfopotásica sobre el rendimiento (TM/ha) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

OM	TRATAMIENTOS	Rendimiento (tm/ha)	SIGN
1	N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	137.33	a
2	N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	127.62	b
3	N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg)	126.65	b
4	N(200kg)-P(100kg)	123.74	b
5	N(160kg)-P(100Kg)	121.74	b
6	N(180kg)-P(100kg)	120.52	b
7	N(200kg)	120.18	b
8	N(180 kg)	120.05	b
9	N(160kg)	119.33	b
10	Testigo-0kg	102.62	c

$\bar{X} = 122.0$

DLS0.05= 8.98 9.43 9.71

Grafico 07.- Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el rendimiento (TM/ha) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2013



4.5. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el Pol en jugo

El análisis de varianza para esta característica, no encontró significación estadística para las fuente de variación evaluadas, resultados que muestran que éstos tienen un comportamiento homogéneo (Cuadro 13).

La prueba discriminadora de promedios de Duncan (0.05) para tratamientos detectó diferencias estadísticas significativas, encontrándose dos subconjuntos diferentes, el primero superior está conformado por ocho tratamientos, los que presentaron los mayores valores que variaron de 16.343 a 15.087 % pol, para los tratamientos: N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg), quien encabeza la lista de tratamientos evaluados y para N(160kg), respectivamente. El contenido porcentual de solidos

(sacarosa, azúcares reductores y otros constituyentes) solubles en agua se denominan comúnmente brix (expresado en porcentajes). La razón porcentual entre el pol en el jugo y el brix se conoce como pureza del jugo. El contenido aparente de sacarosa, expresado como un porcentaje en peso y determinado mediante un método polarimétrico se denomina pol. Siendo entonces el porcentaje de sacarosa del jugo, el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como Porcentaje POL. En cambio el tratamiento, N(200kg)-P(100kg), quedó último de entre los tratamientos evaluados, con 14.933 % pol, quedando rezagado al final del Cuadro 05, Gráfico 6).

Cuadro 13. Análisis de varianza para Pol en el jugo (%) en el Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Repeticiones	2	2.544	1.272	1.994	NS	3.01	4.72
Tratamientos	9	6.265	0.696	1.091	NS	2.36	3.36
Error	18	11.485	0.638				
Total	29	20.293					

CV = 5.15%

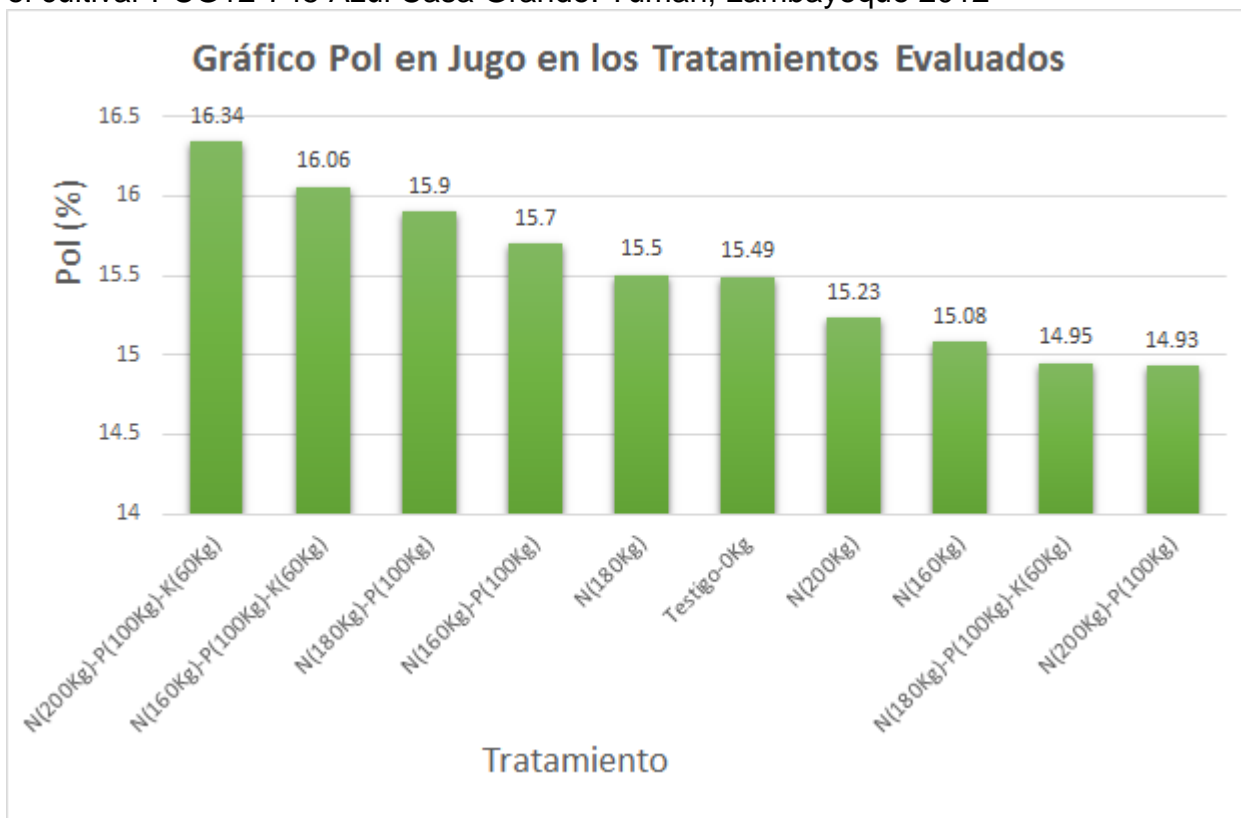
Cuadro 14. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el pol en jugo (%) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2013

OM	TRATAMIENTOS	Pol en Jugo (%)	SIGN
1	N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	16.343	a
2	N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg)	16.057	ab
3	N(180kg)-P(100kg)	15.903	ab
4	N(160kg)-P(100Kg)	15.697	ab
5	N(180 kg)	15.503	ab
6	Testigo-0kg	15.487	ab
7	N(200kg)	15.227	ab
8	N(160kg)	15.087	ab
9	N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	14.950	b
10	N(200kg)-P(100kg)	14.933	b

$\bar{X} = 15.519$

DLS0.05= 1.347 1.416

Gráfico 08.- Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el pol en jugo (%) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012



El promedio experimental fue de 15.519 % pol (MINAG 2006).

4.6. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el brix en jugo

El análisis de varianza para esta característica, no encontró significación estadística para las fuentes de variación evaluadas, resultados que muestran que éstos tienen un comportamiento homogéneo. (Cuadro 15)

El coeficiente de variabilidad fue de 4.47 %, valor bajo, que valida la conducción experimental y toma de datos, por lo que el promedio experimental es un valor representativo de las medidas de tendencia central (CANAVOS 1994).

El promedio experimental fue de 20.037 Grados brix (MINAG 2006).

La prueba discriminadora de promedios de Duncan (0.05) para tratamientos detectó diferencias estadísticas significativas, encontrándose dos subconjuntos diferentes, el primero superior está conformado por ocho tratamientos, los que presentaron los mayores valores de sólidos solubles, con valores que variaron de 21.087 a 19.687 grados brix, para los tratamientos: N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg), quien encabeza la lista de tratamientos evaluados y para N(160kg), respectivamente. Los grados BRIX es una medida fundamental para mejorar la salud de las plantas, la eliminación de insectos plaga, hongos y enfermedades patógenas. Pero además mejora el sabor de las frutas y verduras e incrementa el valor nutricional de estas. En cambio el tratamiento, N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg), quedó último de entre los tratamientos evaluados, con 19.453 grados brix, al registrar los menores valores (Cuadro 17, Gráfico 08).

Cuadro 15. Análisis de varianza para Brix en Jugo (%) en el Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

F.V.	GL	SC	CM	Fc	SIGN	ft.05	ft.01
Repeticiones	2	3.642	1.821	2.269	NS	3.01	4.72
Tratamientos	9	7.234	0.804	1.002	NS	2.36	3.36
Error	18	14.446	0.803				
Total	29	25.322					

CV = 4.47%

Cuadro 16. Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el brix en jugo (%) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2012

OM	TRATAMIENTOS	Brix en el Jugo (%)	SIGN
1	N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	21.087	a
2	N(160Kg)-P(100Kg)-K(60Kg)	20.653	ab
3	N(180kg)-P(100kg)	20.320	ab
4	N(160kg)-P(100Kg)	20.087	ab
5	Testigo-0kg	19.953	ab
6	N(180 kg)	19.820	ab
7	N(200kg)	19.787	ab
8	N(160kg)	19.687	ab
9	N(200kg)-P(100kg)	19.520	b
10	N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	19.453	b

\bar{X} = 20.037

DLS0.05= 1.510 1.588 1.629 1.665

Gráfico 09.- Efecto de la fertilización nitrofosfopotasica sobre el brix en jugo (%) en el cultivar PCG12-745 Azul Casa Grande. Tuman, Lambayeque 2013



Cuadro 18. Cuadrados medios obtenidos para los diferentes Parámetros Evaluados

Parámetro	CM	CV %
Diámetro de Tallo (cm)	2.721	8.34
N. De Macollos por Cepa	6.228	17.01
Rendimiento (TM/ha)	227.8	4.29
Brix (%)	0.804	4.47
Pol (%)	0.696	5.15
Altura de tallo (m)	0.005	11

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se efectuó el presente trabajo de investigación, los materiales considerados, los objetivos propuestos y los resultados obtenidos se pueden extraer la siguientes conclusiones:

1. La fertilización nitrofosfopotasica no tuvo ningún efecto significativo sobre altura de planta, diámetro de tallo y numero de macollos.
2. Con la formula 200-100-60 se obtuvo el máximo rendimiento de caña (137 TM/ha), superando en forma altamente significativa al resto de tratamientos.
3. No se encontró ningún efecto significativo sobre alguna característica de calidad como pol, brix y pureza.

VII. RECOMENDACIONES

1. Fertilizar con mayores dosis de los elementos N-P-K dependiendo el análisis de suelo y cultivar del cultivo de caña.
2. Publicar los resultados del presente trabajo en revistas para el conocimiento de los agricultores y Empresas Azucareras.
3. Realizar análisis de suelo para la óptima aplicación de dosis de NPK
4. Incorporación de materia orgánica compostada para incrementar la actividad microbiana en suelo y poder optimizar la asimilación adecuada de nutrientes.

VIII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los campos de “La humedad” A-1 Cuartel N°5, 9º corte, cultivar PCG12-745 azul Casagrande de la EMPRESA AGROINDUSTRIAL TUMAN S.A provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque, ubicados a 6° 42' 14.75" Latitud Sur, 79° 54' 22.59" Longitud Oeste y a 56 MSNM, durante los meses de febrero a mayo del 2012, con el objeto de determinar el efecto de la aplicación de NPK sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agroindustrial en el cultivo de soca de caña de azúcar y determinar la fórmula de fertilización óptima para el mejor rendimiento bajo las condiciones del experimento, Los modelos de crecimiento del tallo, altura de planta y diámetro de tallo, son de tipo cúbico, presentándose las mayor pendiente en la segunda evaluación, por lo que se dará mayor atención en este momento crítico respecto a labores agronómicas, como el riego, fertilización y deshierbo. El tratamiento N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg), fue el que produjo el mayor rendimiento de caña, con 137.33 tn/ha, superando estadísticamente al resto de tratamientos. Mientras que el Testigo-0 kg, solo produjo 102.62 tn/ha, quedando ubicado al final del Cuadro. Al relacionar las dosis de nitrógeno, fosforo y potasio y rendimiento de caña, se encontró un efecto significativo sobre el rendimiento de caña, con coeficientes de determinación de 30.0%,20.4% y 23.2%, respectivamente. El mejor tratamiento fue N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg), que produjo el mayor rendimiento de caña, con 137.33 tn/ha

IX. BIBLIOGRAFIA

1. Andrades Marisol, 2014 Fertilidades del suelo y parámetros que la definen.
2. **BORDEN, R. J.,1944.** A search for guidance in the nitrogen fertilization of the sugar- cane crop. Part II - The first ratoon crop. Hawaiian Planters' Record, 48, 271-306.
3. BOX G.E, J. STUART HUNTER Y WILLIAM G. HUNTER (2008). Estadística para investigadores. Diseño, innovación y Descubrimiento. Segunda edición. Editorial Reverté, impreso en España 639 p.
4. Cea D´ Angeles, M.^a A. (2002), Análisis Multivariable. Editorial Síntesis S.A. España, 638 p.
5. CHAVES, 1986a; 1999 Importancia del Potasio en la producción comercial de la caña de Azúcar en Costa Rica
6. CHEN (1991) Manual del Azúcar de Caña Primera Edición
7. DOMÍNGUEZ (1989). Efecto del nitrógeno Orgánico y mineral sobre el rendimiento de la caña de azúcar
8. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos; Cuba
9. Gacetilla Agroindustrial de la EEAOC N° 61 – Noviembre 2004.
10. Graetz H. A. 1988 “Suelos y Fertilización”. Manuales para Educación Agropecuaria, Área: Suelos y Agua, Editorial Trillas. 80 pp.
11. Grobman (1961) pp. 57-65 Production and Research in Contemporary Peru
12. **HELFGOTT. SALOMÓN (1997).** Cultivo de caña de azúcar en la costa norte peruana. UNALM; Lima, Peru.pág. Pág.218, 222, 229.

13. HUMBERT, R. 1968. The Growing of Sugar Cane. Ch. 7. Elsevier, Amsterdam.
14. **HUMBERT**. Roger (1974). Cultivo de caña de azúcar. México; compañía editorial continental.
15. Hurtado Leo Lorenzo (2013) II Simposium Nacional Manejo Nutricional De Cultivos De Exportación. UNALM
16. Instituto de la Potasa y del fosforo INPOFOS 1993. Diagnostico del estado nutricional de los cultivos.
17. Instituto de la Potasa y del fosforo INPOFOS 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Quito Ecuador.
18. Jacob y Von Wexkull, H (1963). Fertilizar use verlagsgesellschaft fur ackerban. NBK-Hannover.
19. **JADHAV, S. 1995**. Effect of incorporation of sugarcane trash on cane productivity and soil fertility. India. Proc. ISSCT22 (2): 104-109.
20. MARTINEZ A. G. 1988. "Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría". Edit. Trillas. México D. F.- Mexico.
21. MARTÍNEZ O, R. 1995. Coeficientes de variabilidad *Agronomía Tropical*. 20(2): 81-95
22. Mejía Nuñez Elmer (2004). Efecto de la fertilización N-P-K en el rendimiento del maíz hibrido PIMTE-INIA. Tesis Ing°. Agr°. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque.
23. MILLER N. J Y MILLER J.C. 2002. Estadística y Quimiometria para Química Analítica. Edit Printice Hall. Madrid. España. 278 p.

24. Moran, Manuel (1966). Estudios de dos variedades de maíz chala bajo el efecto de cuatro cantidades de semilla y tres niveles de Nitrógeno. Tesis Ing. Agr°. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
25. QUINTERO, 1997; WOOD, 1992; ANDERSON, 1997^{ac}
26. Ruesta Campoverde Asdrubal Nelson (2008) Proyecto de investigación en caña de azúcar.
27. Shimshi, D. (1969) Interaction between irrigation and plant nutrition. Proc BIT coll- Inter Potash Institute Israel P:111-120
28. Steel R. y J. H. Torrie. (1985). "Bioestadística: Principios y Procedimientos", 2^o edición. Edit. Mac Graw Hill. Colombia.
29. Tenorio Oscar Vertin Vásquez (2011) "Comparativo de 3 genotipos de maíz con fines forrajeros sembrados en verano en el fundo La Peña en Lambayeque. Practicas pre profesionales, Facultad de Agronomía UNPRG. Lambayeque
30. Tisdale y Nelson. 1966 "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes". Editorial Hispanoamericana S.A. México 760pp.
31. TOMA Y RUBIO 2008, Estadística aplicada. Primera parte. Apuntes de estudio 64. Universidad del Pacífico. Centro de investigación. 342 p.
32. Vega, Luis. (1964). Estimación del Tamaño y forma optima de parcela Experimental y Numero de repeticiones, usando datos de un ensayo de uniformidad en maíz- Tesis Ing°. Agr° Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
33. Zeña c. J. (2006), Límites Críticos Para Evaluar el Balance Nutricional de los Suelos Agrícolas, XI, Curso de titulación, Facultad de Agronomía. 20pg

BIBLIOGRAFIA ELECTRONICA

FAO (S/F) Manejo de malezas para países en desarrollo. (Estudio FAO Producción Capítulo 18. Manejo de malezas en cultivos industriales (<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0m.htm>) .

APENDICE

Análisis Económico

	Rdto	Unidades			Costo					Cost Tot			
Trata	(tm/ha)	N	P	K	N	P	K	Costo apl	Costo prod	CT	IT	Bene IT-CT	Renta
1 N(200kg)-P(100kg)-K(60 kg)	137.33	200	100	60	565	369	264	240	4000	5438	11673	6235.05	2.15
2 N(180kg)-P(100kg)-K(60 kg)	127.62	180	100	60	508	369	264	240	4000	5381	10848	5466.70	2.02
3 N(160kg)-P(100kg)-K(60kg)	126.65	160	100	60	452	369	264	240	4000	5325	10765	5440.25	2.02
4 N(200kg)-P(100kg)	123.74	200	100	0	565	369	264	240	4000	5438	10518	5079.90	1.93
5 N(160kg)-P(100kg)	121.74	160	100	0	452	369	264	240	4000	5325	10348	5022.90	1.94
6 N(180kg)-P(100kg)	120.52	180	100	0	508	369	264	240	4000	5381	10244	4863.20	1.90
7 N(200kg)	120.18	200	0	0	565	0	0	240	4000	4805	10215	5410.30	2.13
8 N(180 kg)	120.05	180	0	0	508	0	0	240	4000	4748	10204	5456.25	2.15
9 N(160kg)	119.33	160	0	0	452	0	0	240	4000	4692	10143	5451.05	2.16
10 Testigo-0kg	102.62	0	0	0	0	0	0	0	4000	4000	6157	2157.20	1.54
											Max	6235.05	

En el siguiente cuadro en resumen se concluye que por cada 1 sol invertido se obtiene de utilidad S/. 1.15 (total: S/. 2.15)

Regresión del rendimiento de caña y dosis de nitrógeno

Al relacionar las dosis de nitrógeno y rendimiento de caña, se encontró un efecto significativo del nitrógeno, con un coeficiente de determinación del 30%, lo que denota que el nitrógeno influye en el rendimiento de caña en un 30.0% (Cuadro 26, Gráfico 13), indicando que por cada quilo de nitrógeno que se aplique, rendimiento de caña se incrementara en 119.0 kilos/ha, resultados que concuerdan con **Aguirre (1), Jacob y Von Uexkull(13), Rusel reportado por Mejía (16), Tisdale y Nelson (28), Shimshi (25) Sprague y Larson, reportado por Mejía (16), Córdova, reportado por Arrascue (3) Trillas, reportado por**

Mejía (16), Graetz (8), INPOFOS (12), quienes indican que el nitrógeno muestra un exhibicionismo asombroso, en suelos de costa pobres en materia orgánica

Cuadro 19. Análisis de regresión polinomial: RDTO/HA(TN) vs. Nitrógeno
Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	3	1367.05	455.684	4.41	0.012
Error	26	2689.26	103.433		
Total	29	4056.31			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	1340.30	13.82	0.001
Cuadrática	1	0.04	0.00	0.984
Cúbico	1	26.71	0.26	0.616

Análisis de regresión: RDTO/HA(TN) vs. Nitrógeno

La ecuación de regresión es

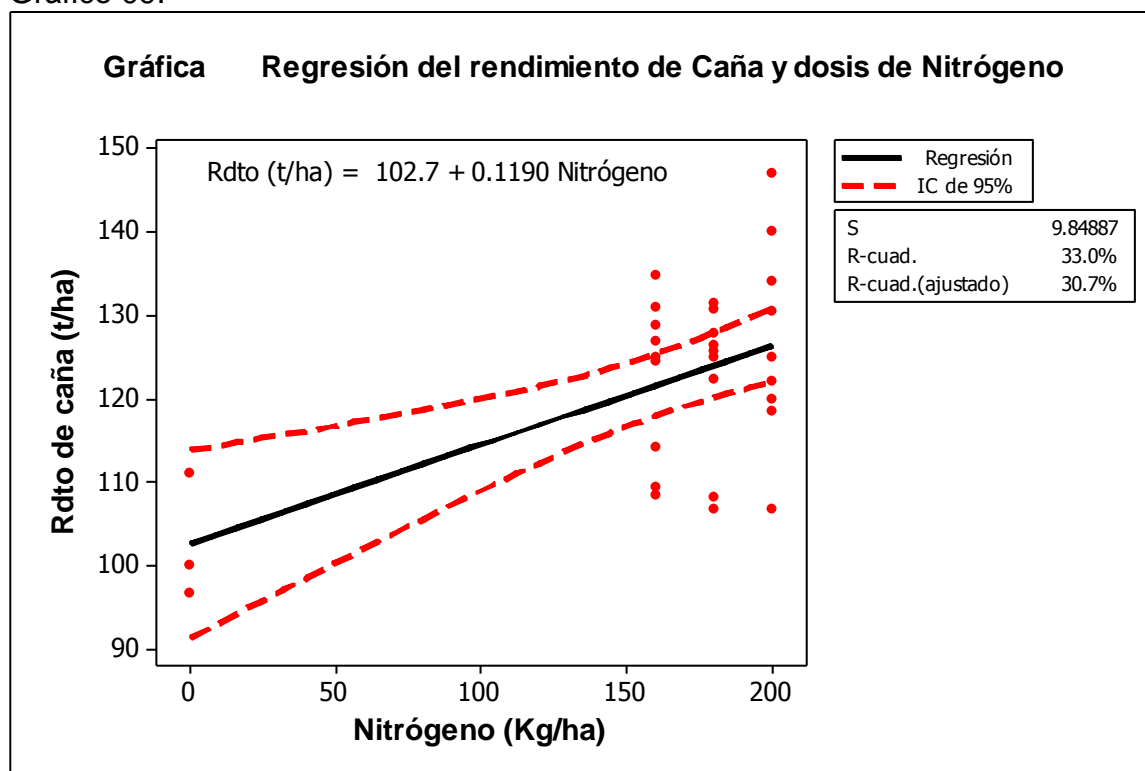
Rdto de caña(t/ha) = 102.7 + 0.1190 Nitrógeno

S = 9.84887 R^2 . = 33.0% R^2 .(ajustado) = 30.7%

Cuadro 20. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1340.30	1340.30	13.82	0.001
Error	28	2716.01	97.00		
Total	29	4056.31			

Gráfico 09.



Rendimiento del rendimiento de caña y dosis de fósforo

Al relacionar las dosis de fosforo y rendimiento de caña, se encontró un efecto significativo de este nutriente, con un coeficiente de determinación del 20.4%, lo que denota que el fósforo influye en el rendimiento de caña en un 20.4% (Cuadro 27, Gráfico 14), indicando que por cada quilo de P_2O_5 que se aplique, rendimiento de caña se incrementara en 107.2 kilos/ha, resultados que concuerdan con Graetz (1988), Domínguez (1989) y Domínguez Vivancos (1989) e INPOFOS (1997)

Análisis de regresión: RDTO/HA(TN) vs. Fósforo

La ecuación de regresión es

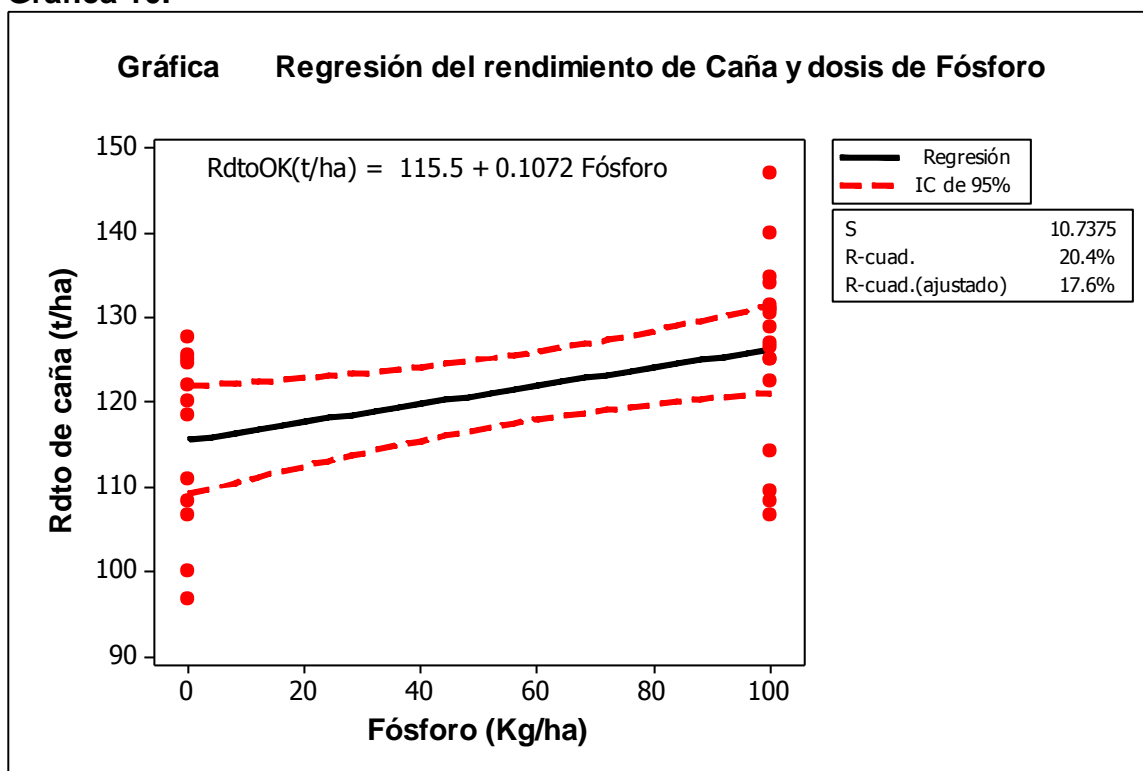
$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 115.5 + 0.1072 \text{ Fósforo}$$

$$S = 10.7375 \quad R^2 = 20.4\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 17.6\%$$

Cuadro 21. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	828.08	828.079	7.18	0.012
Error	28	3228.23	115.294		
Total	29	4056.31			

Gráfica 10.



Rendimiento del rendimiento de caña y dosis de Potasio

Al relacionar las dosis de potasio y rendimiento de caña, se encontró un efecto significativo de este nutriente, con un coeficiente de determinación del 23.2%, lo que denota que el fósforo influye en el rendimiento de caña en un 23.2% (Cuadro 28, Gráfico 15), indicando que por cada quilo de Potasio que se aplique, rendimiento de caña se incrementara en 203.7 kilos/ha, resultados que concuerdan con Lesur (2005) y otros.

Análisis de regresión: RDTO/HA(TN) vs. Potasio

La ecuación de regresión es

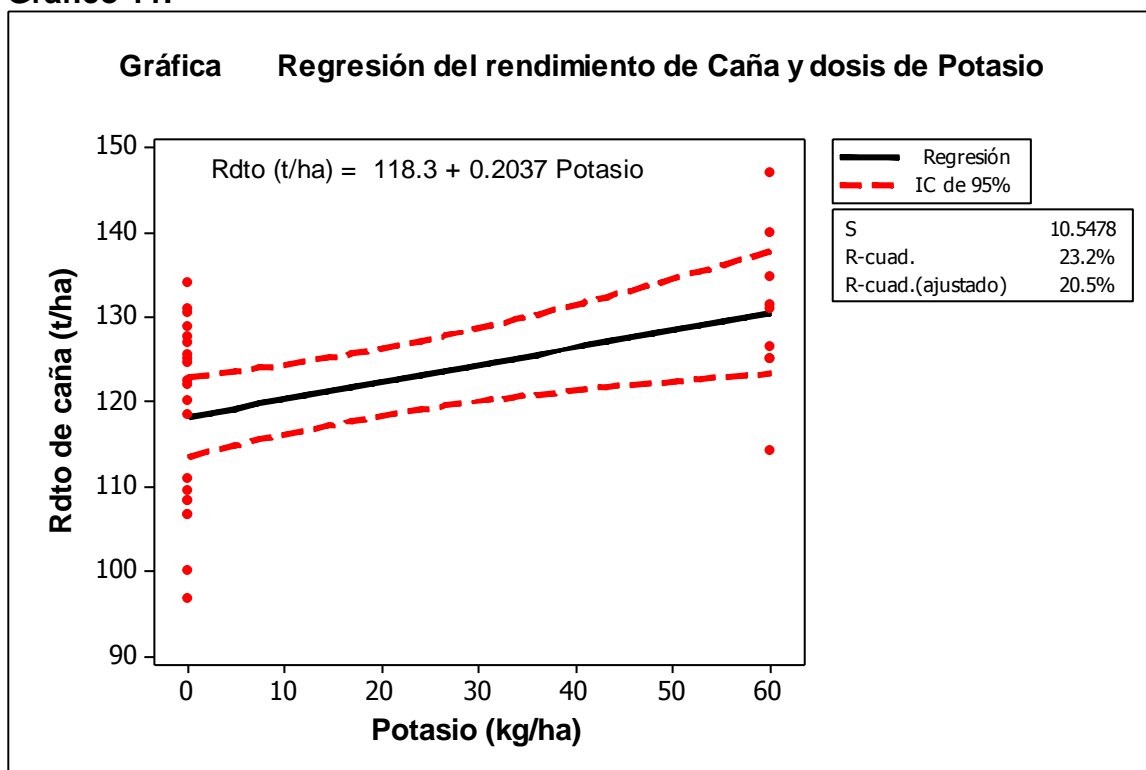
$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 118.3 + 0.2037 \text{ Potasio}$$

$$S = 10.5478 \quad R^2 = 23.2\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 20.5\%$$

Cuadro 22. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	941.12	941.117	8.46	0.007
Error	28	3115.19	111.257		
Total	29	4056.31			

Gráfico 11.



Cuadro 23. Análisis de varianza para H TALLO, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.3075	0.3075	0.1538	2.05	0.134
Evaluación	4	105.6768	105.6768	26.4192	352.47	0.000
Tratamiento	9	0.8499	0.8499	0.0944	1.26	0.269
Evaluación*Trat	36	1.2593	1.2593	0.0350	0.47	0.994
Error	98	7.3456	7.3456	0.0750		
Total	149	115.4391				

S = 0.273779 R-cuad. = 93.64% R-cuad.(ajustado) = 90.33%

Gráfico 12.

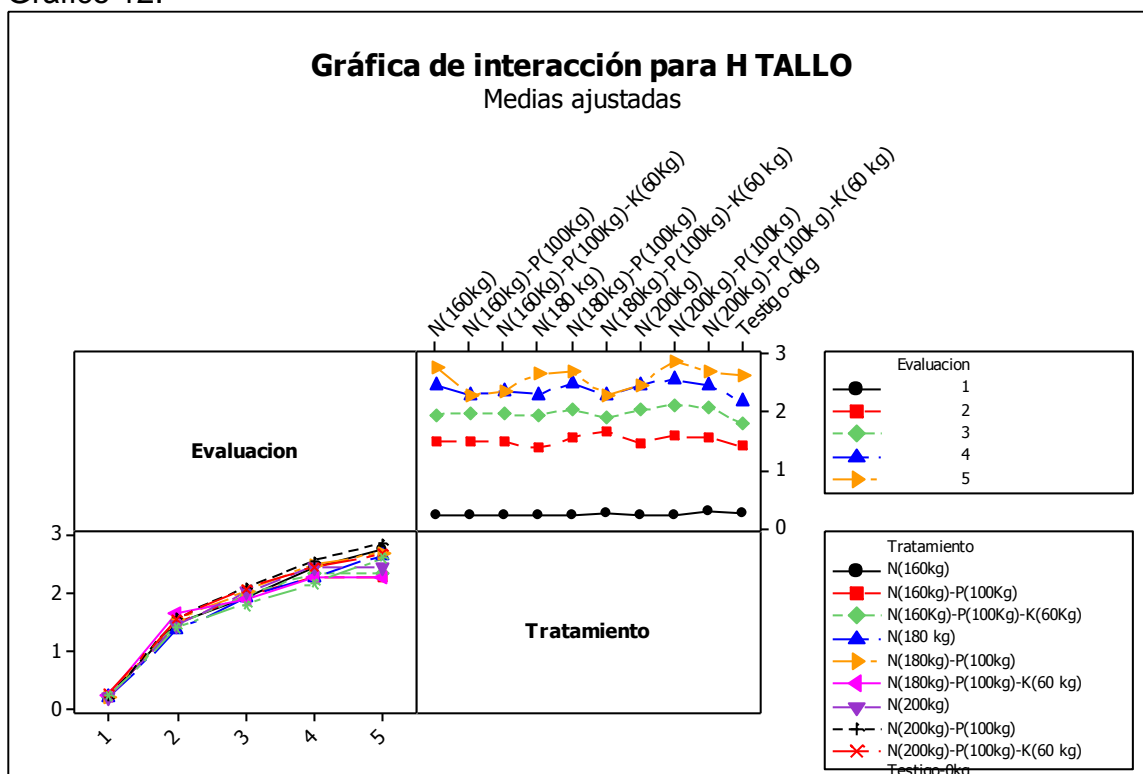
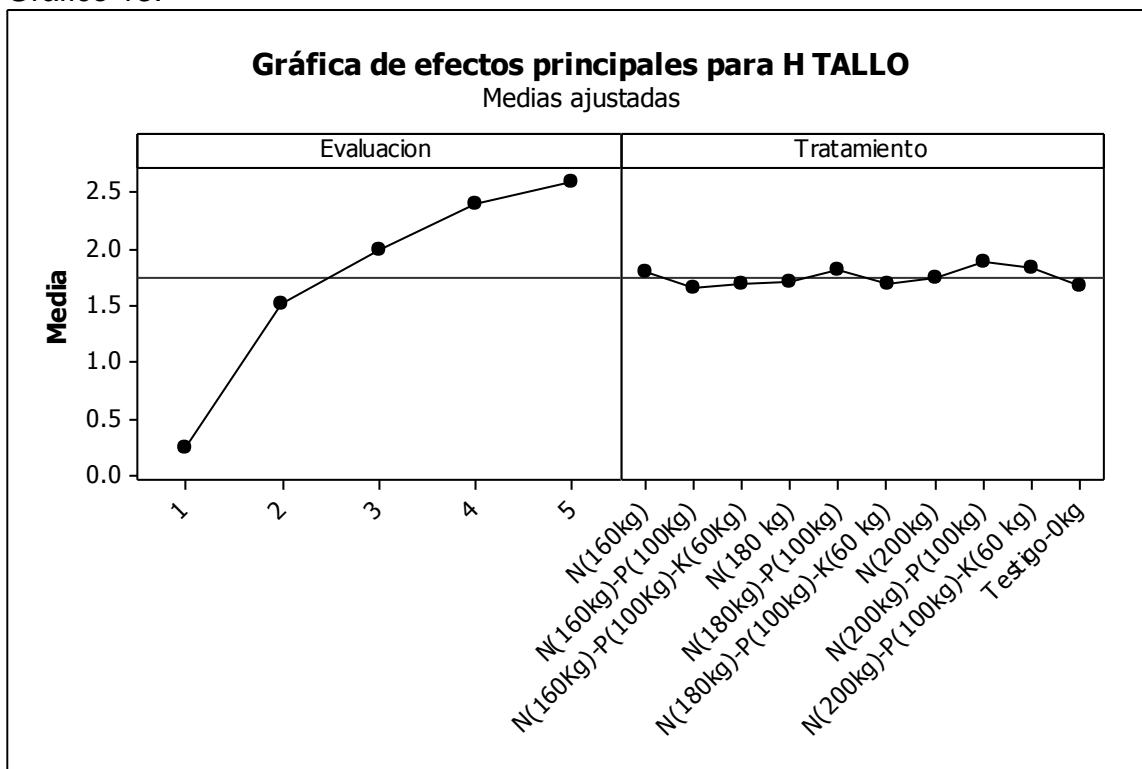


Gráfico 13.



Regresión polinomial H TALLO vs. Evaluación

SSS

La ecuación de regresión es

$$H \text{ TALLO} = - 1.884 + 2.689 \text{ Evaluacion} - 0.6054 \text{ Evaluacion}^{**2} + 0.04937 \text{ Evaluacion}^{**3}$$

$$S = 0.263228 \quad R\text{-cuad.} = 91.2\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 91.1\%$$

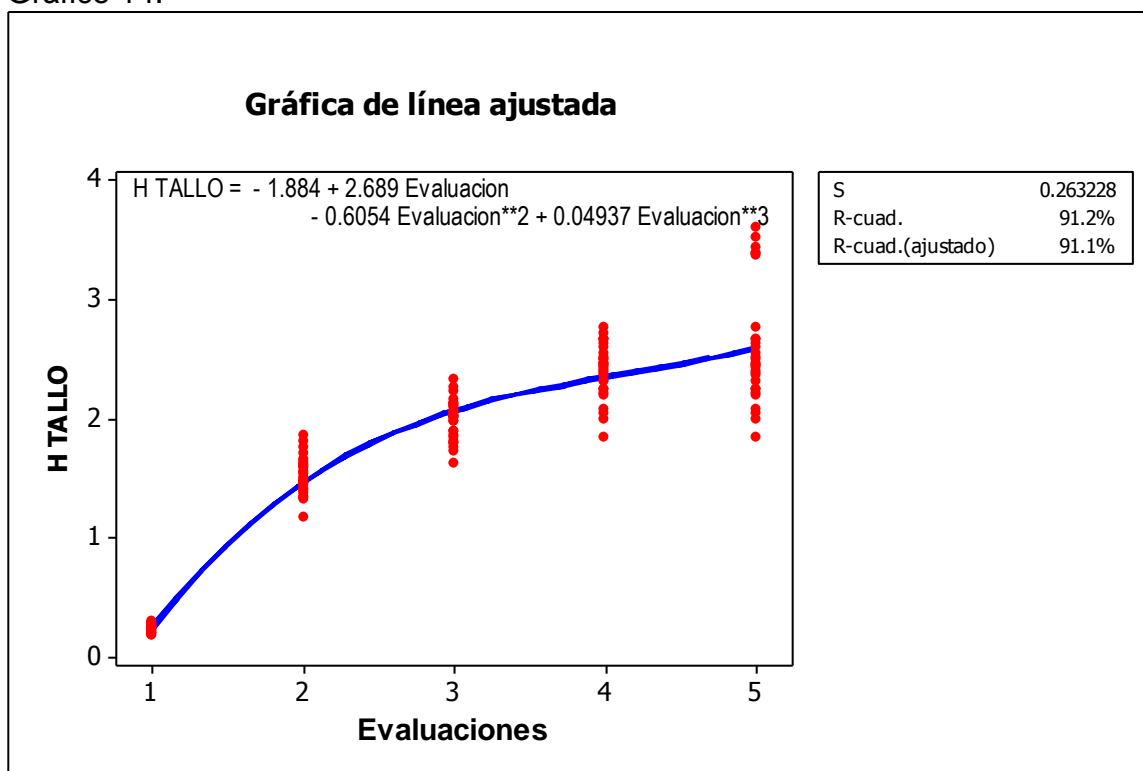
Cuadro 24. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	3	105.323	35.1076	506.69	0.000
Error	146	10.116	0.0693		
Total	149	115.439			

Cuadro 25. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	93.3848	626.68	0.000
Cuadrática	1	10.8850	143.26	0.000
Cúbico	1	1.0532	15.20	0.000

Gráfico 14.



Altura de planta

El análisis de varianza para esta característica encontró alta significación estadística ($P=0.01$) para la fuente evaluaciones y fórmulas de fertilización, siendo el modelo que mejor explica el de tipo cúbico, observándose la máxima pendiente en la segunda evaluación, por lo que en esta edad la planta tiene un mayor necesidad de nutrientes, agua y requerimiento de deshierbo para lograr su máximo crecimiento. (Cuadro 27, Gráfico 15)

Cuadro 26. Análisis de varianza para altura de planta, utilizando sc ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	0.0851	0.0851	0.0425	0.47	0.624
Evaluación	4	161.9389	161.9389	40.4847	450.99	0.000
Tratamiento	9	2.1752	2.1752	0.2417	2.69	0.008
Evaluación*Trat	36	1.3637	1.3637	0.0379	0.42	0.998
Error	98	8.7973	8.7973	0.0898		
Total	149	174.3603				

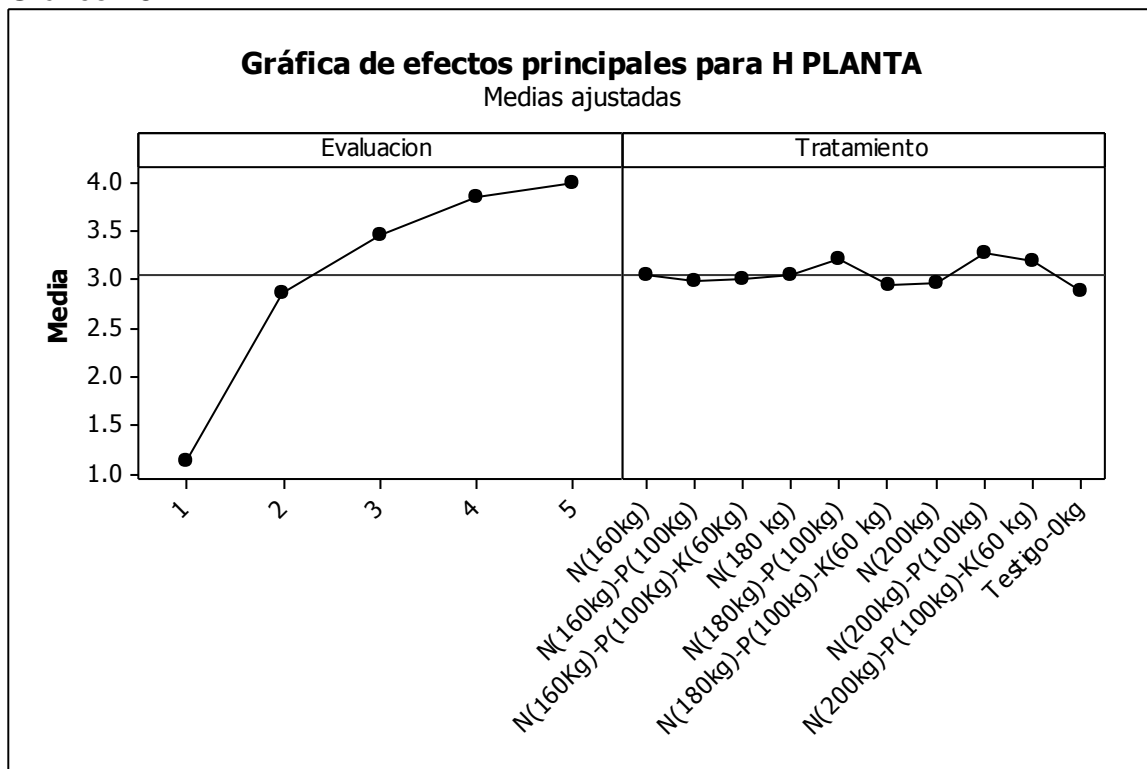
S = 0.299613 R-cuad. = 94.95% R-cuad.(ajustado) = 92.33%

Gráfica de interacción para H PLANTA

Medias ajustadas

El gráfico muestra la interacción entre la Evaluación (1 a 5) y el Tratamiento (N, P, K) en la altura de la planta (H PLANTA). La leyenda indica que la Evaluación 1 es el control, 2 es N(160kg), 3 es N(160kg)-P(100kg), 4 es N(160kg)-P(100kg)-K(60kg) y 5 es N(180kg). El Tratamiento N(160kg) es la línea superior, N(160kg)-P(100kg) es la línea inferior, N(160kg)-P(100kg)-K(60kg) es la línea intermedia, N(180kg) es la línea superior, N(180kg)-P(100kg) es la línea inferior, N(180kg)-P(100kg)-K(60kg) es la línea intermedia, N(200kg) es la línea superior, N(200kg)-P(100kg) es la línea inferior, N(200kg)-P(100kg)-K(60kg) es la línea intermedia y el Testigo es la línea superior.

Gráfico 16.



Regresión polinomial: altura de planta vs. Evaluaciones

La ecuación de regresión es

$$\text{ALTURA DE PLANTA} = -1.891 + 3.879 \text{ Evaluacion} - 0.9159 \text{ Evaluacion}^2 + 0.07526 \text{ Evaluacion}^3$$

S = 0.296678 R-cuad. = 92.6% R-cuad.(ajustado) = 92.5%

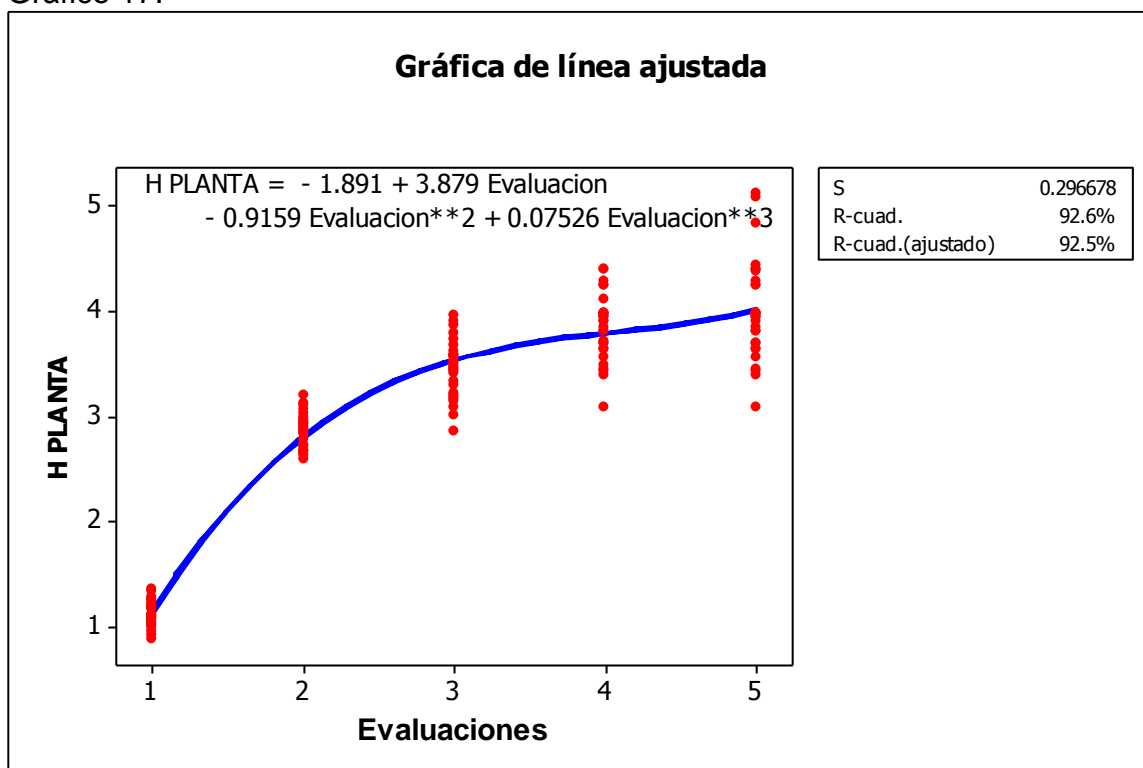
Cuadro 27. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	3	161.510	53.8366	611.66	0.000
Error	146	12.851	0.0880		
Total	149	174.360			

Cuadro 28. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	135.152	510.17	0.000
Cuadrática	1	23.911	229.77	0.000
Cúbico	1	2.447	27.80	0.000

Gráfico 17.



DIAMETRO DE TALLO

El análisis de varianza para esta característica encontró alta significación estadística ($P=0.01$) para la fuente evaluaciones y fórmulas de fertilización, siendo el modelo que mejor explica el de tipo cúbico, observándose la máxima pendiente en la segunda evaluación, por lo que en esta edad la planta tiene un mayor necesidad de nutrientes, agua y requerimiento de deshierbo para lograr su máximo crecimiento. La significación para bloques denota que el diseño experimenta empleado fue efectivo, por el control del error experimental (Steel y Torrie 1985) (Cuadro 33, Gráfico 18)

Cuadro 29. Análisis de varianza para DIÁMETRO DE TALLO, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Bloque	2	26.215	26.215	13.108	3.81	0.026
Evaluación	4	2831.926	2831.926	707.982	205.63	0.000
Tratamiento	9	212.607	212.607	23.623	6.86	0.000
Evaluación*Trat	36	49.829	49.829	1.384	0.40	0.999
Error	98	337.414	337.414	3.443		
Total	149	3457.991				

S = 1.85553 R-cuad. = 90.24% R-cuad.(ajustado) = 85.16%

Gráfico 18.

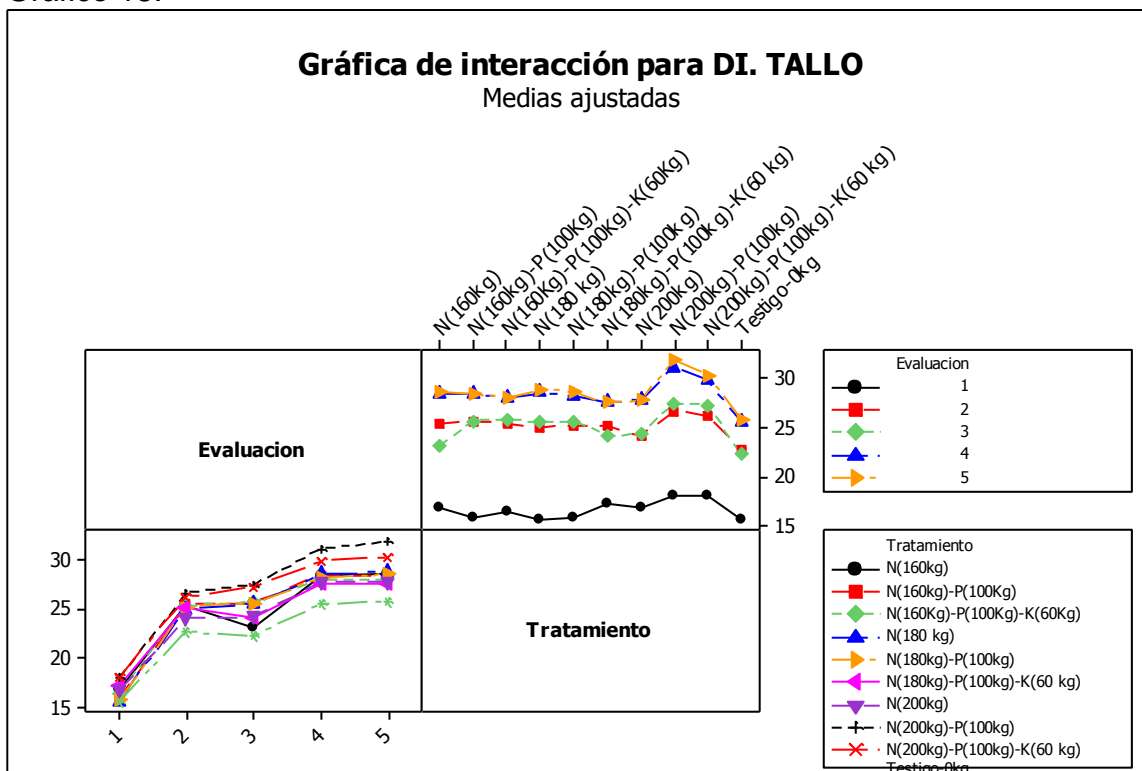
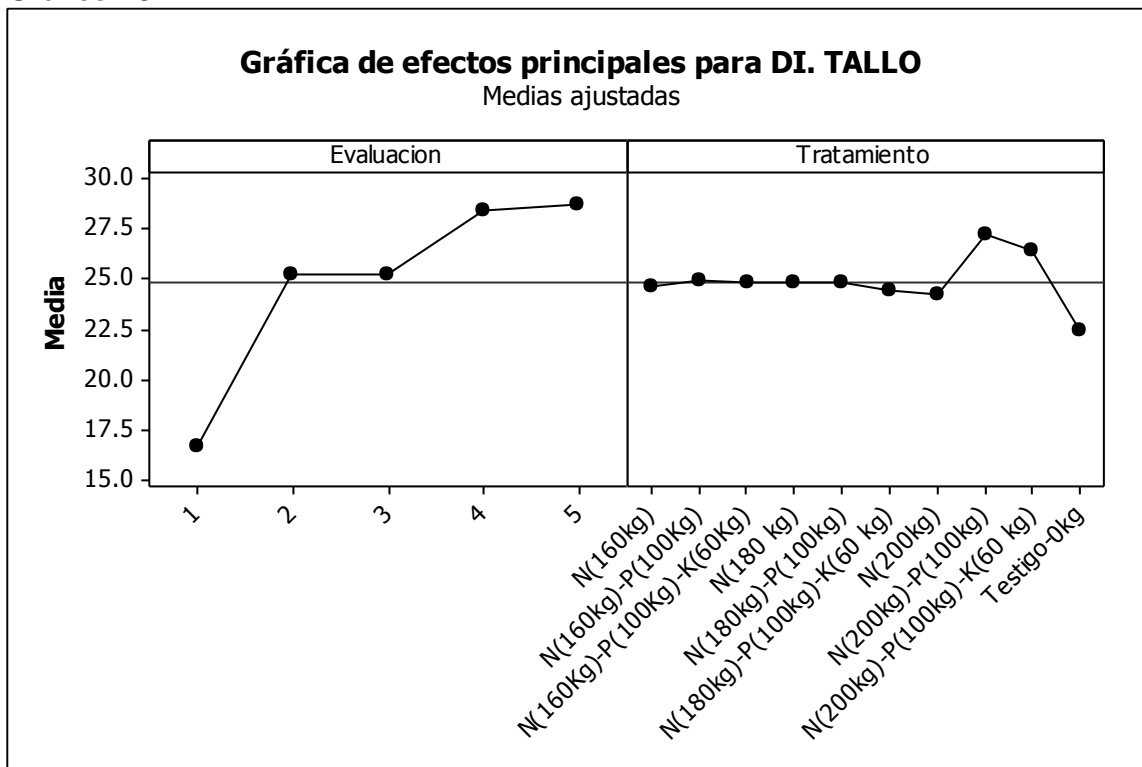


Gráfico 19.



Regresión polinomial: Diámetro de tallo vs. Evaluaciones

La ecuación de regresión es

$$\text{DIÁMETRO DE TALLO} = 2.159 + 19.47 \text{ Evaluacion} - 5.162 \text{ Evaluacion}^{**2} + 0.4677 \text{ Evaluacion}^{**3}$$

S = 2.28831 R-cuad. = 77.9% R-cuad.(ajustado) = 77.4%

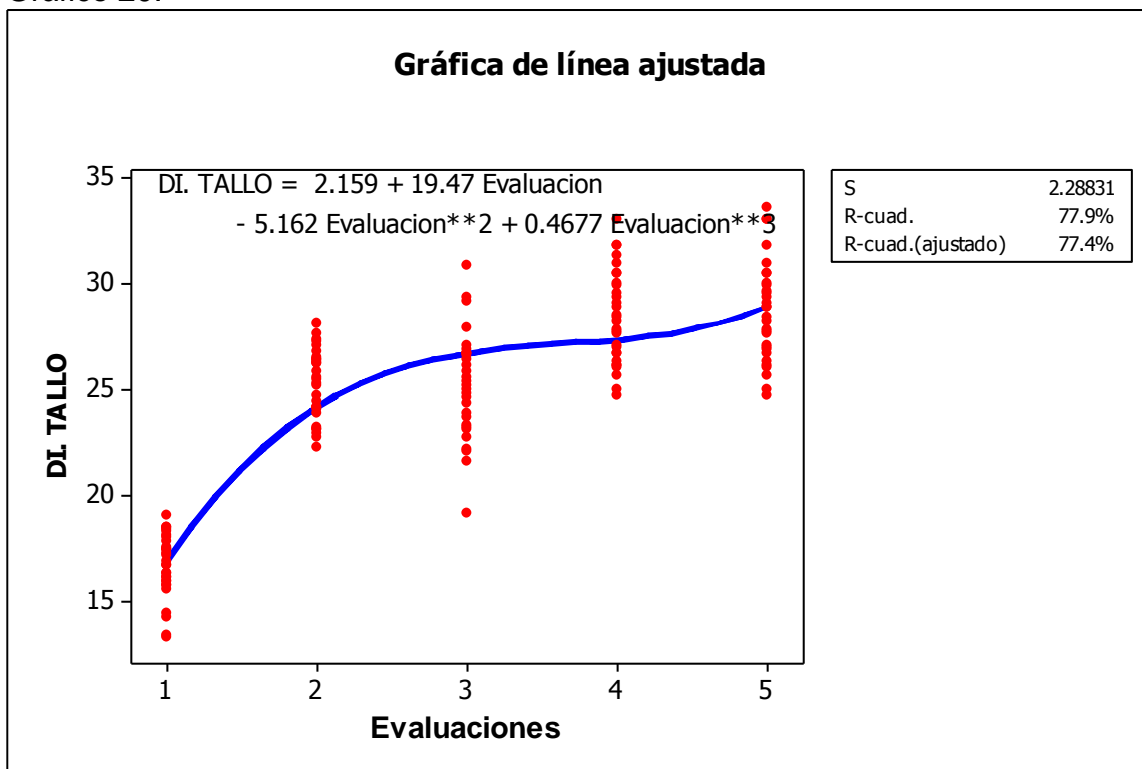
Cuadro 30. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	3	2693.48	897.828	171.46	0.000
Error	146	764.51	5.236		
Total	149	3457.99			

Cuadro 31. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	2217.46	264.55	0.000
Cuadrática	1	381.53	65.29	0.000
Cúbico	1	94.49	18.04	0.000

Gráfico 20.



Correlaciones de Pearson del rendimiento y los atributos evaluados

En el Cuadro 32 se muestran los valores del coeficiente de correlación y su significación, encontrándose que los coeficientes significativos son los valores sombreados de color verde, como: Materia orgánica del suelo, Nitrógeno, Fósforo, potasio, CaCO₃ y densidad aparente, influyen significativamente en el rendimiento de caña.

Cuadro 32. Coeficiente de Pearson y valores P (significación)

	Rdto de caña(t/ha)	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
Nitrógeno	0.575				
	0.001				
Fósforo	0.452	0.392			
	0.012	0.032			
Potasio	0.482	0.210	0.535		
	0.007	0.266	0.002		
Macollaje	0.093	0.237	0.285	0.291	
	0.627	0.208	0.126	0.119	
H TALLO	-0.194	-0.013	-0.205	-0.089	
	0.305	0.944	0.276	0.641	
ALTURA DE PLANTA		-0.018	-0.062	0.153	0.056
	0.926	0.747	0.418	0.767	
DIÁMETRO DE TALLO		0.139	0.326	0.213	0.275
	0.464	0.079	0.258	0.141	
BRIX CAÑA	0.125	0.028	0.200	0.257	
	0.509	0.884	0.289	0.170	
BRIX JUGO	0.125	0.028	0.200	0.257	
	0.509	0.884	0.289	0.170	
POL CAÑA	0.099	-0.002	0.191	0.210	
	0.605	0.990	0.312	0.264	
POL JUGO	0.099	-0.002	0.191	0.210	
	0.605	0.990	0.312	0.264	
PUREZA JUGO	-0.041	-0.110	0.084	-0.041	
	0.831	0.564	0.660	0.828	
CE ms/cm	0.538	0.000	0.000	-0.000	
	0.002	1.000	1.000	1.000	

PH	0.243	0.000	0.000	0.000
	0.195	1.000	1.000	1.000
MO%	0.570	-0.000	0.000	0.000
	0.001	1.000	1.000	1.000
N%	0.580	-0.000	0.000	-0.000
	0.001	1.000	1.000	1.000
P(ppm)	-0.610	0.000	0.000	0.000
	0.000	1.000	1.000	1.000
K (ppm)	0.541	0.000	0.000	0.000
	0.002	1.000	1.000	1.000
CO3 %Ca	0.602	0.000	-0.000	-0.000
	0.000	1.000	1.000	1.000
Da	-0.519	0.000	0.000	0.000
	0.003	1.000	1.000	1.000
Dr	-0.344	0.000	0.000	0.000
	0.063	1.000	1.000	1.000

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

REGRESIONES POLINOMIALES DEL RENDIMIENTO DE CAÑA Y LAS EVALUACIONES DEL ANALISIS DE SUELO

Análisis de regresión polinomial: Rdto de caña(t/ha) vs. CE ms/cm

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo (P=0.01) denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor contenido de nutrientes en el suelo, el rendimiento se incrementa linealmente (Cuadro 36, Gráfico 19)

La ecuación de regresión es

$$\text{Rdto de caña (t/ha)} = 81.10 + 64.29 \text{ CE ms/cm} - 20.55 \text{ CE ms/cm}^2$$

$S = 9.70669$ $R^2 = 37.3\%$ $R^2(\text{ajustado}) = 32.6\%$

Cuadro 33. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	1512.37	756.185	8.03	0.002
Error	27	2543.94	94.220		
Total	29	4056.31			

Cuadro 34. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	1175.70	11.43	0.002
Cuadrática	1	336.67	3.57	0.069

Análisis de regresión: Rdto de caña(t/ha) vs. CE ms/cm

La ecuación de regresión es

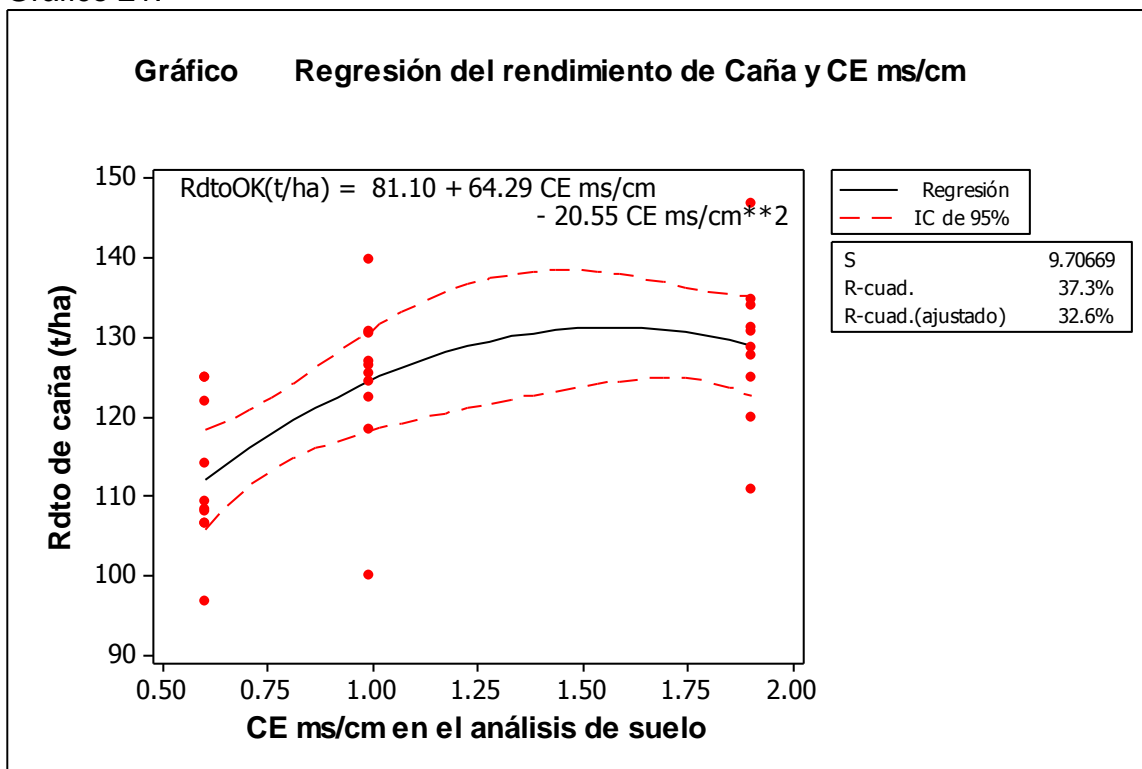
Rdto de caña(t/ha) = $108.6 + 11.49 \text{ CE ms/cm}$

$S = 10.1429$ $R^2 = 29.0\%$ $R^2(\text{ajustado}) = 26.4\%$

Cuadro 35. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1175.70	1175.70	11.43	0.002
Error	28	2880.61	102.88		
Total	29	4056.31			

Gráfico 21.



Análisis de regresión polinomial: Rdto de caña(t/ha) vs. MO%

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo ($P=0.01$) denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor contenido de materia orgánica en el suelo, el rendimiento se incrementa linealmente (Cuadro 38, Gráfico 20)

Cuadro 36. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	1512.37	756.185	8.03	0.002
Error	27	2543.94	94.220		
Total	29	4056.31			

Cuadro 37. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	1318.74	13.49	0.001
Cuadrática	1	193.63	2.06	0.163

Análisis de regresión: Rdto de caña(t/ha) vs. M.O.%

La ecuación de regresión es

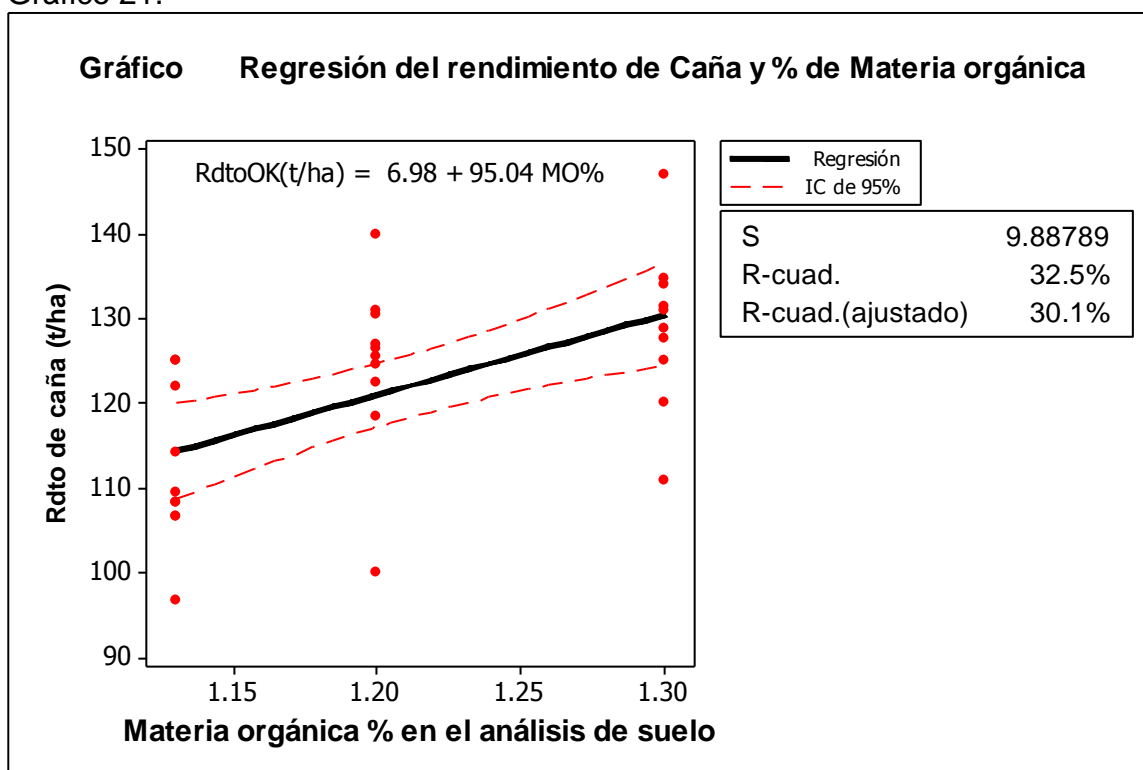
$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 6.98 + 95.04 \text{ MO\%}$$

$$S = 9.88789 \quad R^2 = 32.5\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 30.1\%$$

Cuadro 38. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1318.74	1318.74	13.49	0.001
Error	28	2737.57	97.77		
Total	29	4056.31			

Gráfico 21.



Análisis de regresión polinomial: Rdto de caña(t/ha) vs. P(ppm)

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo ($P=0.01$) denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor contenido de fósforo en el suelo, el rendimiento se incrementa linealmente.

La ecuación de regresión es

$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 162.3 + 4.1 \text{ P(ppm)} - 3.39 \text{ P(ppm)}^{**2}$$

$$S = 9.70669 \quad R^2 = 37.3\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 32.6\%$$

Cuadro 39. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	1512.37	756.185	8.03	0.002
Error	27	2543.94	94.220		
Total	29	4056.31			

Cuadro 40. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	1511.65	16.63	0.000
Cuadrática	1	0.72	0.01	0.931

Análisis de regresión: Rdto de caña(t/ha) vs. Potasio

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo ($P=0.01$) denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor contenido de potasio en el suelo, el rendimiento se incrementa linealmente (Cuadro 41, Gráfico)

La ecuación de regresión es

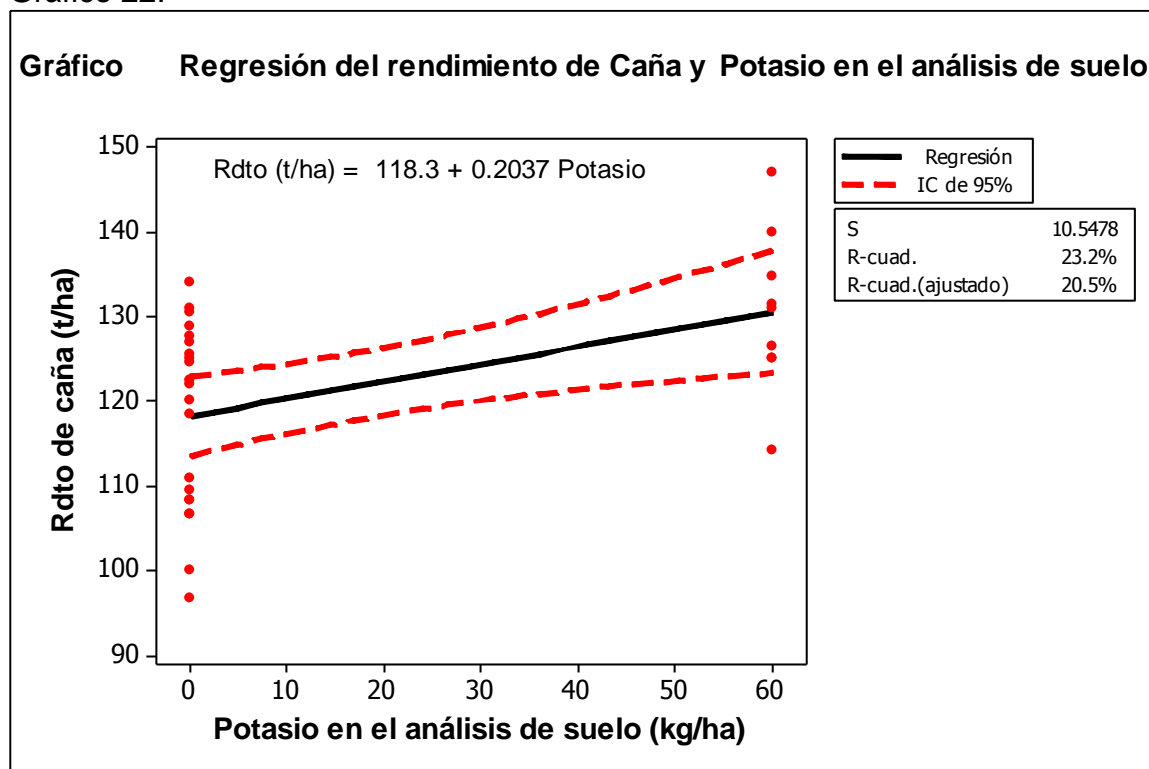
$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 118.3 + 0.2037 \text{ Potasio}$$

$$S = 10.5478 \quad R^2 = 23.2\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 20.5\%$$

Cuadro 41. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	941.12	941.117	8.46	0.007
Error	28	3115.19	111.257		
Total	29	4056.31			

Gráfico 22.



Análisis de regresión polinomial: Rdto de caña(t/ha) vs. CO3 %Ca

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo ($P=0.01$) denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor contenido de carbonato de calcio en el suelo, el rendimiento se incrementa linealmente.

La ecuación de regresión es

$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 32.66 + 53.13 \text{ CO3 \%Ca} - 7.25 \text{ CO3 \%Ca}^{**2}$$

$$S = 9.70669 \quad R^2 = 37.3\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 32.6\%$$

Cuadro 42. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	1512.37	756.185	8.03	0.002
Error	27	2543.94	94.220		
Total	29	4056.31			

Cuadro 43. Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	1469.85	15.91	0.000
Cuadrática	1	42.52	0.45	0.507

Análisis de regresión: Rdto de caña(t/ha) vs. CO3 %Ca

La ecuación de regresión es

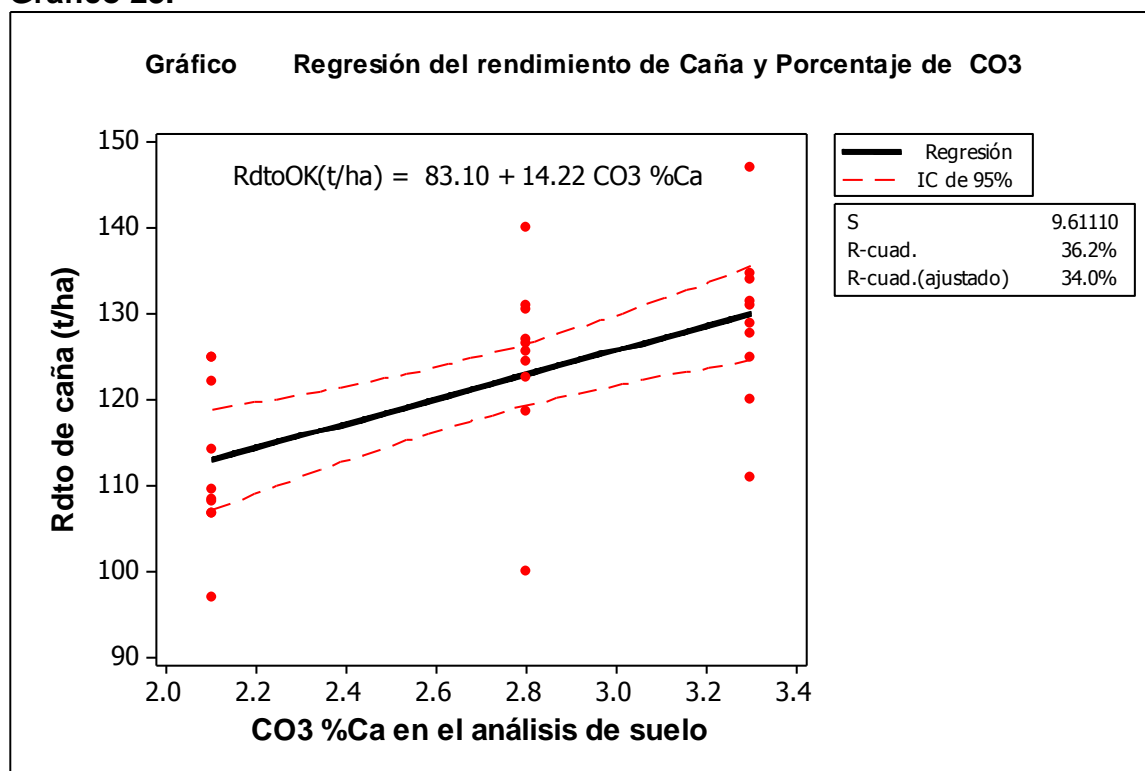
$$\text{Rdto de caña(t/ha)} = 83.10 + 14.22 \text{ CO3 \%Ca}$$

$$S = 9.61110 \quad R^2 = 36.2\% \quad R^2(\text{ajustado}) = 34.0\%$$

Cuadro 44. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1469.85	1469.85	15.91	0.000
Error	28	2586.45	92.37		
Total	29	4056.31			

Gráfico 23.



Análisis de regresión: Rdto de caña (t/ha) vs. Da

El Análisis de Regresión para estos atributos resultó altamente significativo ($P=0.01$) peso inverso denotando que el mejor modelo que lo representa es de tipo lineal, mostrando que a mayor densidad aparente en los suelos, el rendimiento disminuye linealmente (Cuadro 44, Gráfico 23)

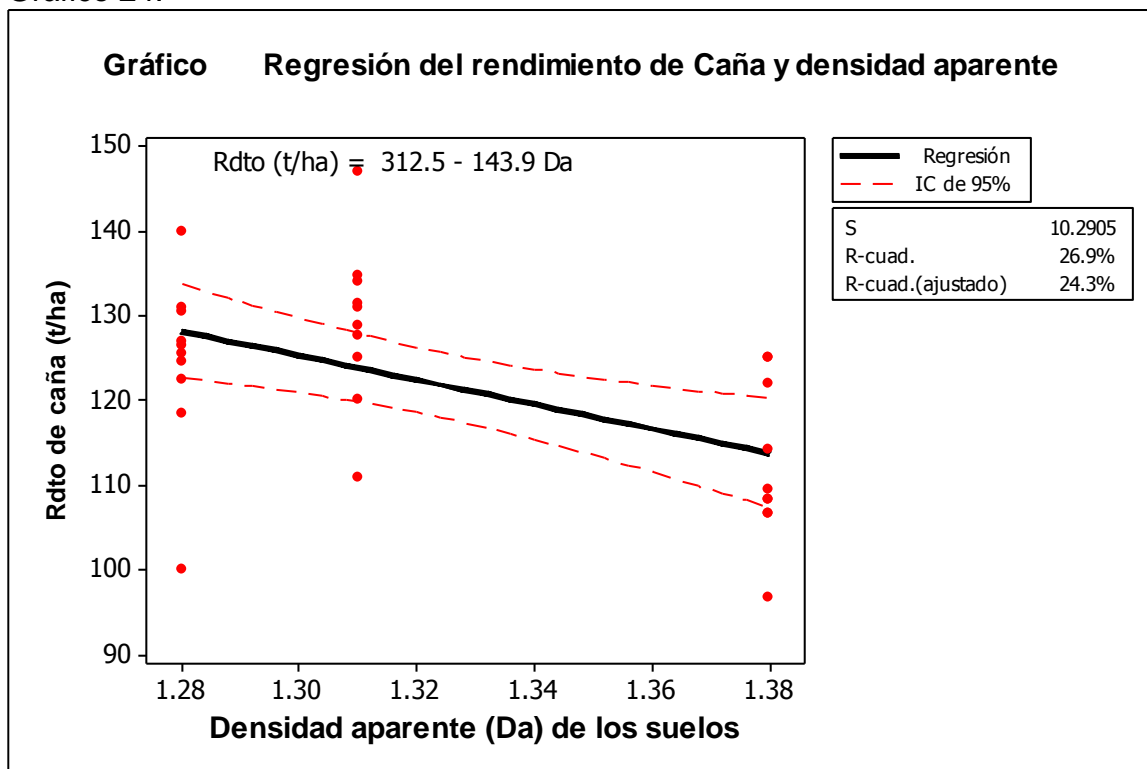
La ecuación de regresión es
 $\text{Rdto de caña (t/ha)} = 312.5 - 143.9 \text{ Da}$

$S = 10.2905$ $R^2 = 26.9\%$ $R^2(\text{ajustado}) = 24.3\%$

Cuadro 45. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1091.29	1091.29	10.31	0.003
Error	28	2965.02	105.89		
Total	29	4056.31			

Gráfico 24.



Regresión múltiple

Al aplicar la metodología Stepwise (paso a paso), se encontró que las variables que mas influyen en el rendimiento fueron: Nitrogeno aplicado, Potasio aplicado y Brix en el Jugo con un coeficiente de determinación de $r^2 = 95.1$ (Cuadro 45, Gráfico 24)

Indicando ejemplo que por cada kilo aplicado al suelo, el rendimiento en caña se incrementará en 104 kilos/ha, manteniendo constante el resto de variables

Cuadro 46. Regresion múltiple

La respuesta es RdtoOK(t/ha) en 12 predictores, con N = 10

Paso	1	2	3
Constante	102.70	102.48	38.40
NitrógenoApli	0.119	0.103	0.104
Valor T	3.89	6.52	7.67
Valor P	0.005	0.000	0.000
PotasioApli		0.160	0.132
Valor T		4.97	4.17
Valor P		0.002	0.006
BRIX JUGO			3.2
Valor T			1.86
Valor P			0.113
S	5.44	2.73	2.35
R-cuad.	65.37	92.36	95.15
R-cuad.(ajustado)	61.04	90.17	92.72

Análisis de regresión: RdtoOK(t/ha) vs. NitrógenoApli, PotasioApli, ...

La ecuación de regresión es

$$\text{RdtoOK(t/ha)} = 38.4 + 0.104 \text{ NitrógenoApli} + 0.132 \text{ PotasioApli} + 3.21 \text{ BRIX JUGO}$$

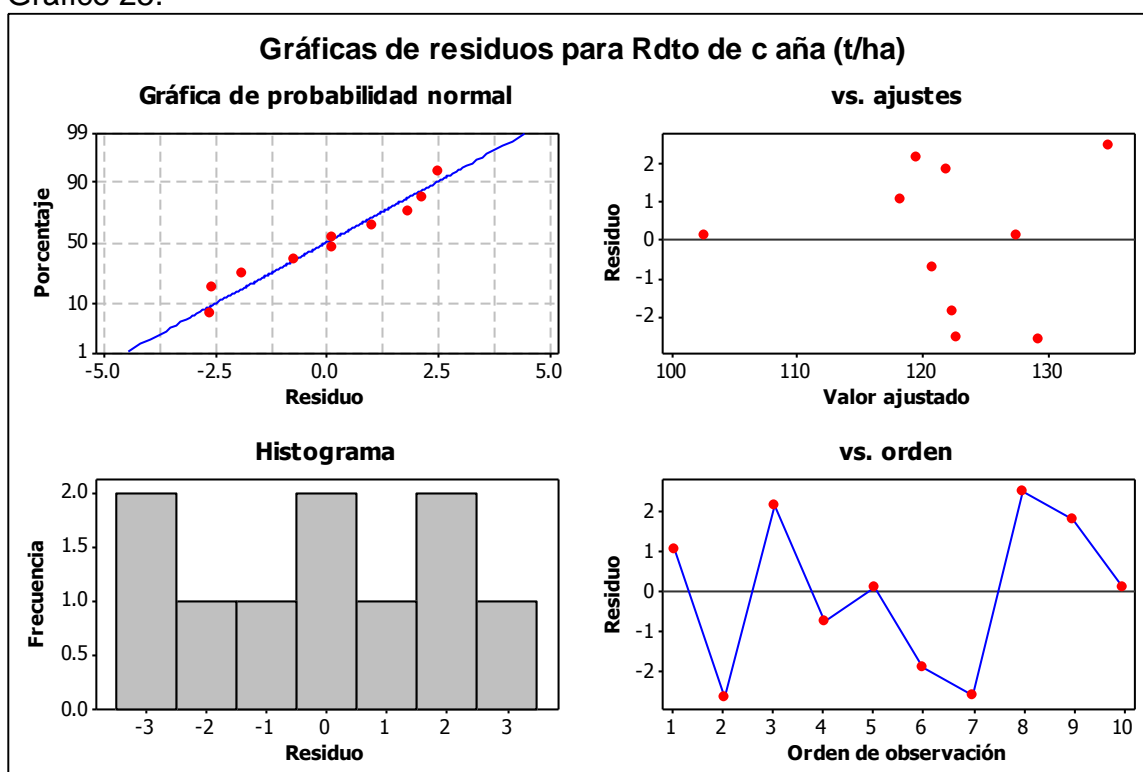
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	38.40	34.60	1.11	0.309
NitrógenoApli	0.10402	0.01356	7.67	0.000
PotasioApli	0.13151	0.03156	4.17	0.006
BRIX JUGO	3.212	1.730	1.86	0.113

S = 2.35137 R-cuad. = 95.1% R-cuad.(ajustado) = 92.7%

Cuadro 47. Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	3	650.24	216.75	39.20	0.000
Error residual	6	33.17	5.53		
Total	9	683.41			

Gráfico 25.



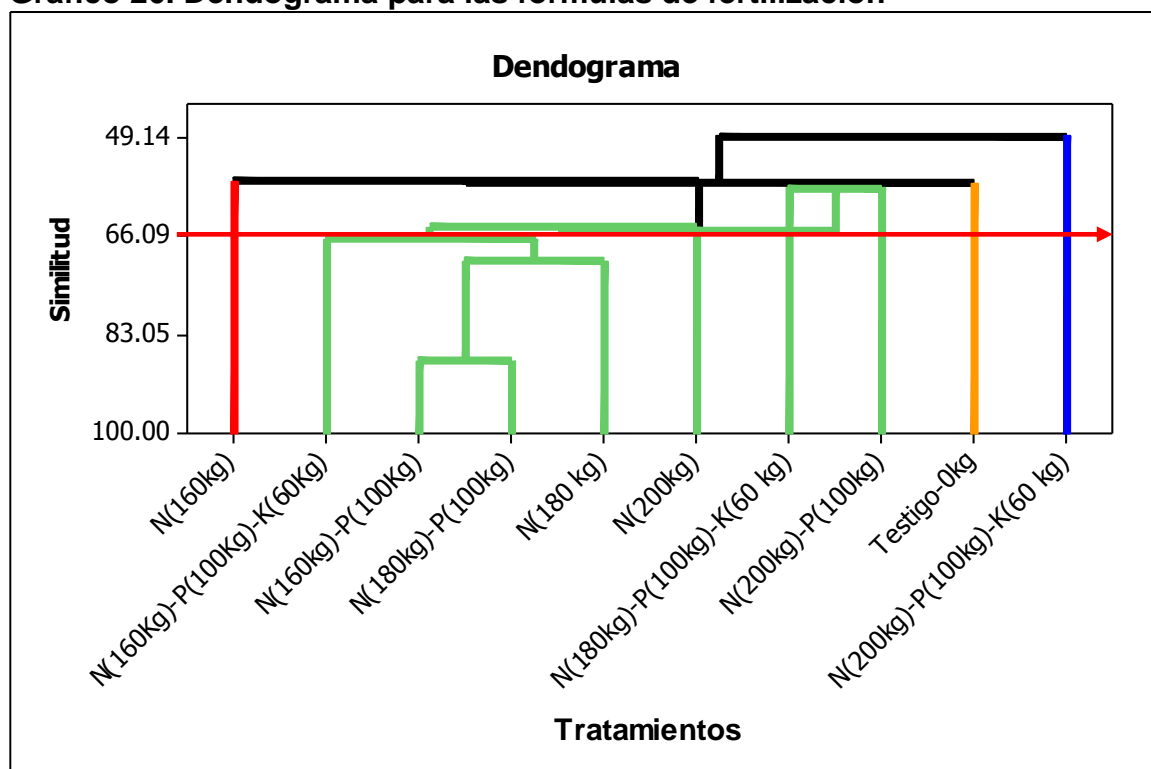
Análisis Multivariado

Dendograma

El análisis de conglomerados (*cluster*) es una técnica multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencias entre los grupos.

La Técnica se basa en los **algoritmos jerárquicos acumulativos** (forman grupos haciendo conglomerados cada vez más grandes), aunque no son los únicos posibles. El **dendograma** es la representación gráfica que mejor ayuda a interpretar el resultado de un análisis *cluster*. El análisis de conglomerados se puede combinar con el Análisis de Componentes Principales, ya que mediante ACP se puede homogeneizar los datos, lo cual permite realizar posteriormente un análisis *cluster* sobre los componentes obtenidos, para entender por qué es importante agrupar elementos parecidos en bloques diferentes. Por ejemplo, haciendo un corte (línea continua verde) al nivel del 66.09 % de similaridad, existen 6 grupos diferentes, las observaciones más distantes al resto de tratamientos es N(200)-p(100 kg)-K(60kg) y N(160 kg), ya que son los últimos (mayor distancia) en incorporarse al cluster final. Por el contrario, los tratamientos más cercanos entre sí son N(160 kg)-p(100 kg) y N(180 kg)-P(100 kg), que forman el primer grupo (distancia más próxima a 0) (Gráfico 26).

Gráfico 26. Dendograma para las fórmulas de fertilización



Análisis de los Componentes Principales

En los Gráficos 39 y 40, y Cuadro 47, se muestran los resultados del análisis multivariado para el presente trabajo, se dan los resultados numéricos en la parte inferior, que indican que los dos primeros componentes (PC1 y PC2) involucran el 67.7 % de la variación total. En la Gráfico 40, se nota la gran variabilidad de los tratamientos evaluados, observándose cuatro grupos que están en distintos cuadrantes, mostrando gran diversidad en el efecto de tratamientos, se nota que el testigo esta en el tercer cuadrante, los tratamientos N(200)-p(100 kg)-K(60kg) y, N(160)-P(100 kg)-K(60kg) están en el primer y cuarto cuadrante, están influyendo mas en el Brix y Pol(encerrados con las líneas verdes, al izquierda se presentan los tratamiento que menos influyen en el Brix Pol.

El primer componente tiene una varianza (eigenvalue) de 5.5173 y explica el 42.4 % del total de la varianza. El segundo componente principal, tiene una varianza de 3.2818 y contribuye con un 25.2 % de la variabilidad, dando un acumulado de 67.7 % de la variabilidad total.

El tercer componente contribuye con un 12.7 % de la variabilidad, sumando los tres componentes explican el 80.4 % de la variabilidad total.

El primer componente (PC1) está relacionado a Brix-Pol, por tener valores de magnitud en PC1 en los atributos Brix y Pol **en color Verde**. Mientras que PC2, está relacionada a Diámetro de tallo y Pureza, (**coloreado en amarillo**), Mientras PC3, se relaciona con VIGOR de planta (**Coloreado en rojo**)

Cuadro 48. Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	5.5173	3.2818	1.6506	1.3459	0.6228	0.4008	0.1629	0.0091
Proporción	0.424	0.252	0.127	0.104	0.048	0.031	0.013	0.001
Acumulada	0.424	0.677	0.804	0.907	0.955	0.986	0.999	0.999

Valor propio	0.0088	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
Proporción	0.001	0.000	0.000	-0.000	-0.000
Acumulada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
NitrógenoApli	0.124	0.357	0.314	-0.354	-0.479	-0.102
FósforoApli	0.266	0.255	-0.271	-0.108	-0.076	0.787
PotasioApli	0.272	0.247	-0.023	0.143	0.719	-0.133
Macollaje	0.289	0.178	-0.014	-0.464	0.349	-0.060
H TALLO	-0.162	0.020	0.584	0.334	0.155	0.525
ALTURA-PLANTA	-0.012	0.230	-0.646	0.286	-0.156	0.044
DIÁMETRO-TALLO	0.051	0.491	0.050	0.319	-0.169	-0.218
RdtoOK(t/ha)	0.283	0.373	0.221	-0.102	-0.050	-0.035
BRIX CAÑA	0.386	-0.127	0.070	0.282	-0.108	-0.060
BRIX JUGO	0.386	-0.127	0.070	0.282	-0.108	-0.060
POL CAÑA	0.384	-0.216	0.037	0.134	-0.103	-0.022
POL JUGO	0.384	-0.216	0.037	0.134	-0.103	-0.022
PUREZA JUGO	0.232	-0.394	-0.073	-0.357	-0.034	0.118

Gráfico 27.

Gráfica de sedimentación para las variables evaluadas

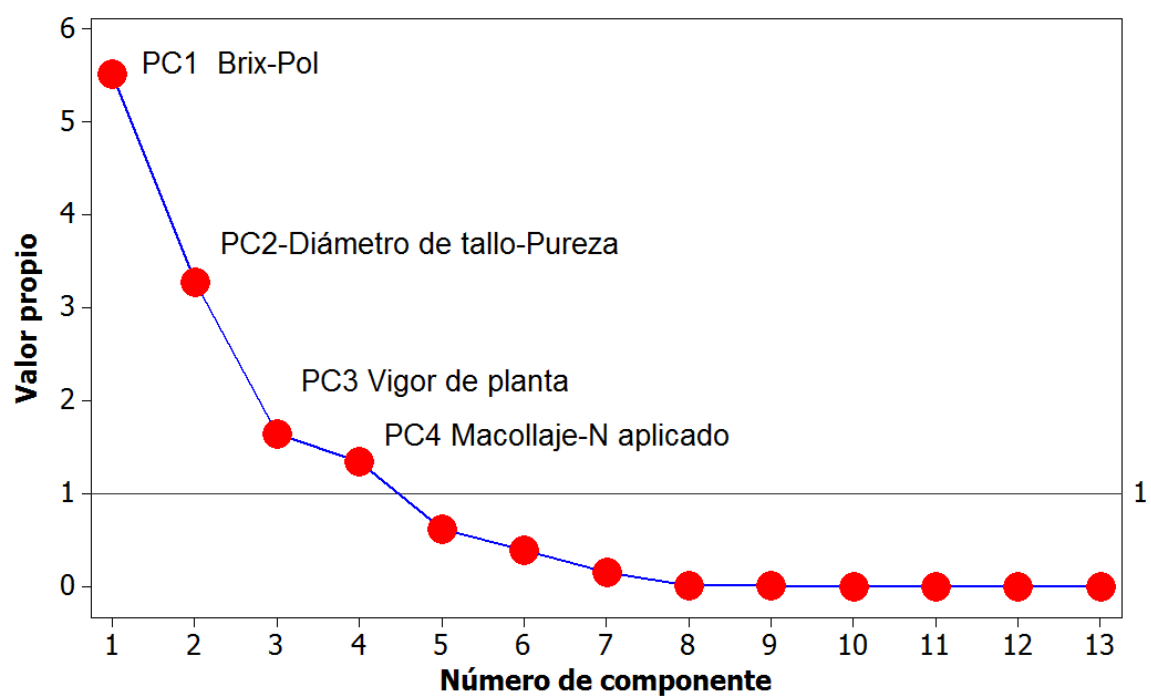
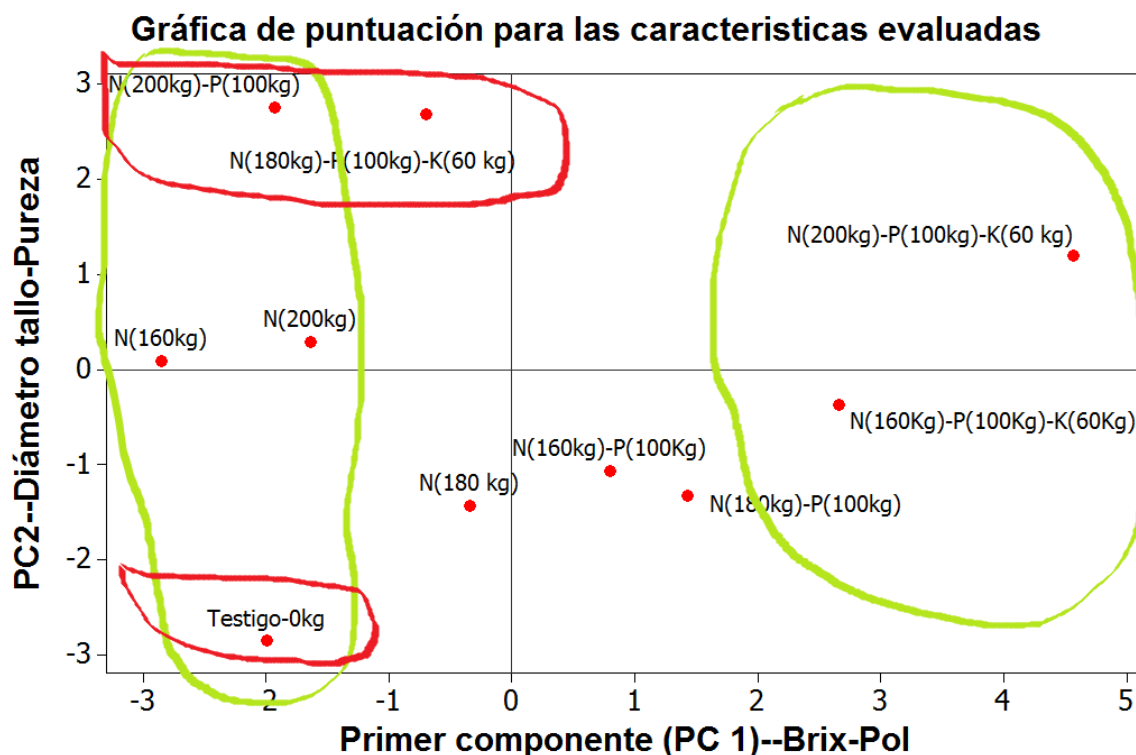


Gráfico 28.



Prueba de los Supuestos del Análisis de Varianza

Contraste de Normalidad de los Datos

Previo a la realización del análisis estadístico, se hicieron las pruebas de normalidad de los datos, que es una de las asunciones del análisis de varianza, para la aplicación de la estadística paramétrica. Para que los resultados de los análisis tengan validez y se pueda hacer el proceso de inferencia estadística a partir de la muestra. (EISENHART 1974 MILLER N. J y MILLER J.C. 2002).

Es necesario que muchos contrastes estadísticos supongan que los datos utilizados proceden de una población normal, el método para contrastar esta hipótesis de una forma visual simple de comprobar si un grupo de datos procede de una distribución normal es representar una curva de frecuencias acumuladas en un papel grafico especial denominado papel de probabilidad normal. Para este caso se trabajó con la información del rendimiento de caña por hectárea que es la variable dependiente, se encontró que tiene distribución normal (Grafico), para cada tratamiento), como se nota en los resultados de los análisis y el gráfico

correspondiente, se nota que todos los datos caen dentro del cinturón de seguridad de la prueba (intervalos de confianza, resultados que indican que los datos tienen una distribución normal. Se muestran los resultados de los intervalos de confianza (límites inferior y superior) al 95 % de confianza para la distribución.

El papel de probabilidad normal tiene una escala no lineal en el eje del porcentaje de frecuencia acumulada, lo que convierte la curva en forma de S en una línea recta. Los datos de los rendimientos representados en dicho papel aparecen en el Grafico, los puntos se sitúan aproximadamente sobre una línea recta, confirmando la hipótesis que los datos proceden de una distribución normal, Miller, J, N y Miller J C (2002).

Prueba de la normalidad, se hizo con la metodología de Anderson y Darling

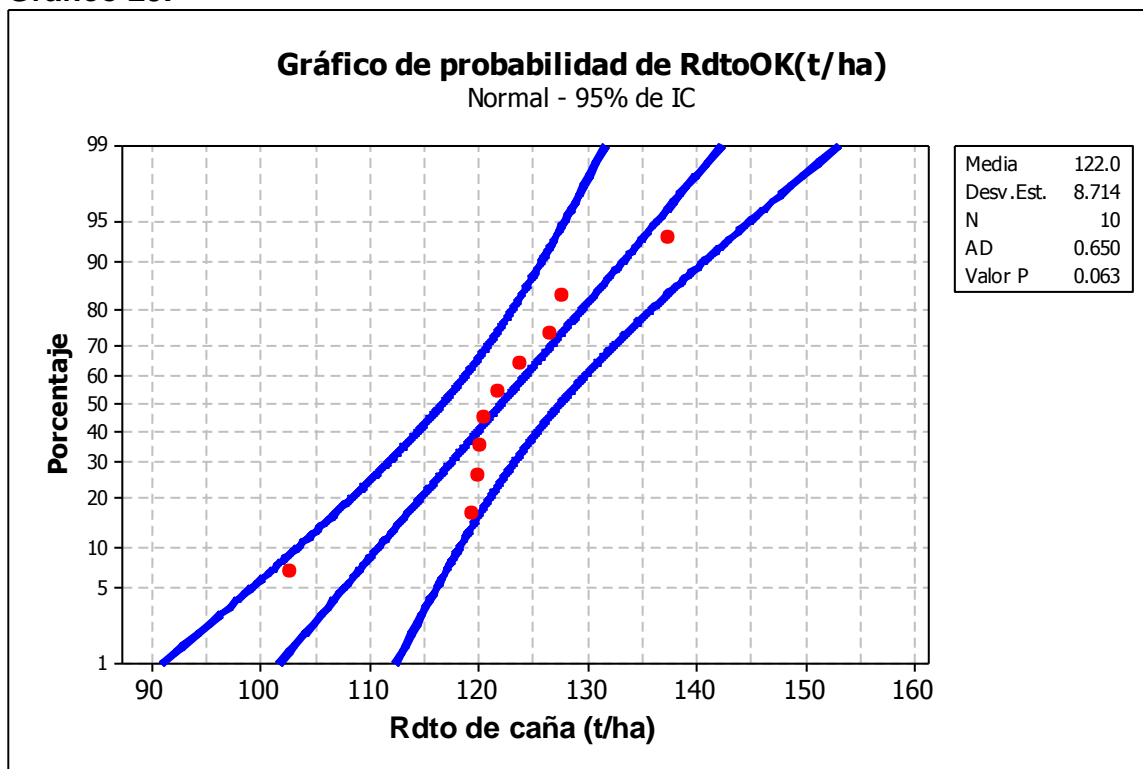
Con las metodologías de Ryan-Joiner (similar al de Shapiro-Wilk) y Kolmogorov-Smirnov), los resultados fueron semejantes.

La hipótesis para la prueba de normalidad fue:

Ho: los datos siguen una distribución normal vs.

H1: los datos no siguen una distribución normal, la prueba estadística fue la correlación, como los puntos están dentro del cinturón se dice que los datos tienen distribución normal, entonces se acepta la hipótesis nula, indicando que las muestras tienen distribución normal, proviniendo por lo tanto de una población normal.

Gráfico 29.



Prueba para Homogeneidad de Varianzas: Pesos de pollos versus Dosis

95% Bonferroni confidence intervals for standard deviations

Intervalos de confianza para la desviación estandar según Bonferroni

Dosis	N	Bajo	Desv Est	Superior
15%	50	239.376	300.431	399.066
20%	50	257.532	323.218	429.334
25%	50	302.234	379.323	503.858
Testigo	50	250.697	314.641	417.941

Prueba de Bartlett (distribución normal)

Prueba estadística = 3.13, p-value = 0.372

Prueba de Levene (cualquier distribución continua)

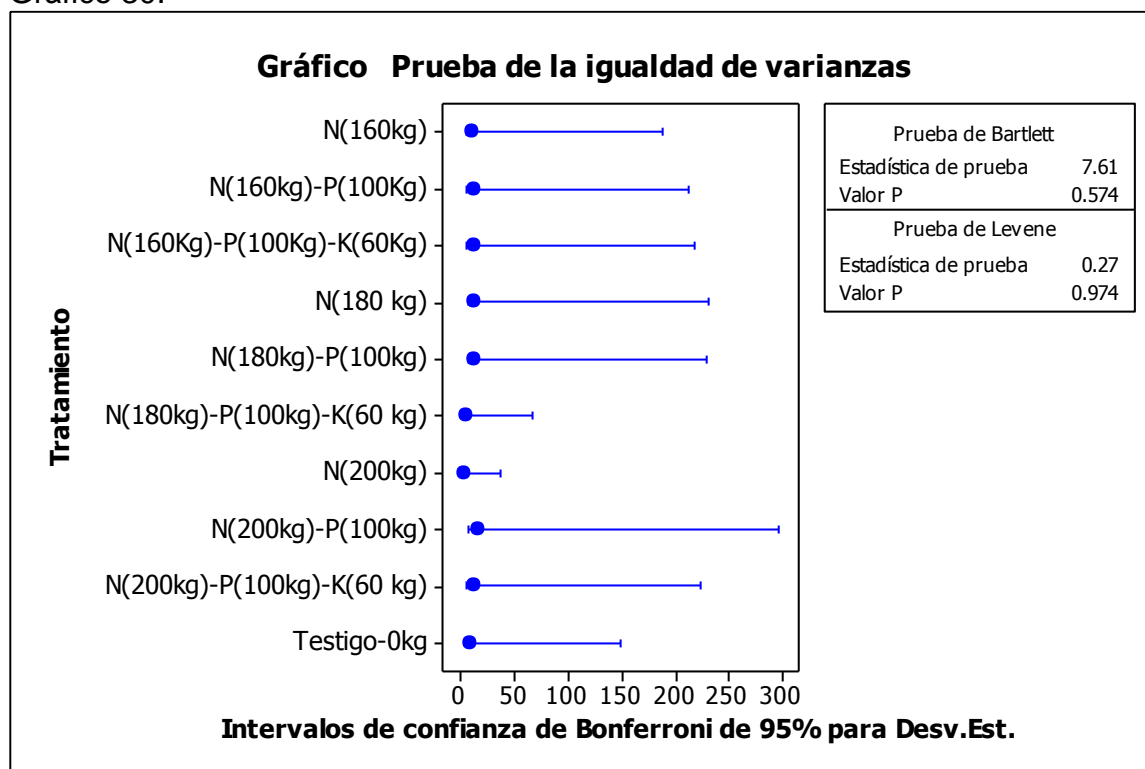
Prueba estadística = 1.24, p-value = 0.296

Prueba de Homogeneidad de Varianzas

Una de los supuestos fundamentales del análisis de varianza, es la homogeneidad de varianzas, que usa la prueba de la varianza para realizar la prueba de la hipótesis para la igualdad o la homogeneidad de varianzas, usando las pruebas de Bartlett.

La prueba de hipótesis planteada fue: H_0 : las varianzas son homogéneas, comparado con la alternativa H_a : las varianzas no son homogéneas, como los valores del nivel de significación son mayores de α , ($P=0.062$) para Bartlett, entonces aceptamos la hipótesis nula, indicando varianzas homogéneas, para cultivares y tratamientos.

Gráfico 30.



Requerimientos Climáticos:

El crecimiento está directamente relacionado con la temperatura. La temperatura óptima para la brotación (germinación) de los esquejes es 32 °C a 38 °C. La germinación disminuye bajo 25 °C, llega a su máximo entre 30 - 34°C, se reduce por sobre los 35 °C y se detiene cuando la temperatura se eleva por sobre 38°C.

Temperaturas sobre 38°C reducen la tasa de fotosíntesis y aumentan la respiración. Por otro lado, para la maduración son preferibles temperaturas relativamente bajas, en el rango de 12-14 °C, ya que ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña.

Requerimiento de agua y suelo:

Las condiciones ideales de suelo para el cultivo de la caña de azúcar son: suelo bien drenado, profundo, franco, con una densidad aparente de 1.1 a 1.2 g/cm³ (1.3 - 1.4 g/cm³ en suelos arenosos)

FENOLOGIA

a. MACOLLAJE: A partir de los tallos primarios se forman los secundarios y a partir de éstos se forman terciarios y así sucesivamente.

b. CRECIMIENTO DEL TALLO: Aumento de longitud de los entrenudos de los tallos. Bajo las condiciones climáticas de la costa el crecimiento inicial de los tallos es lento, luego es muy rápido, disminuyendo en la época de invierno, para después reiniciar el crecimiento.

c. INFLORESCENCIA: Aparición de la inflorescencia típica por encima de la hoja superior (hoja bandera).

d. FLORACION: Se abren las primeras flores. A veces esta fase no se puede observar ya que, usualmente, en este momento la caña de azúcar es cosechada.

e. MADURACION: Bajo nuestras condiciones la maduración es incentivada por la suspensión de los riegos (agoste). Se deberá anotar como inicio de maduración la fecha del comienzo del agoste.

El pH óptimo del suelo es cercano a 6.5, pero la caña de azúcar puede tolerar un rango considerable de acidez y alcalinidad del suelo (pH entre 5.0 y 8.5).

El número de riegos y el volumen de agua por riego dependerá, de la capacidad del suelo para retener el agua, de las condiciones climáticas, del estado vegetativo de las plantas y de los cultivares.

La caña de azúcar requiere de volúmenes que se estiman en 16 500 – 18 000 m³/ha (riego por goteo) y 28 000 – 32 000 m³/ha (riego por gravedad).