

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**Relación entre el contenido de Nitrógeno foliar
estimado con el Clorofilómetro y el rendimiento de
caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) y sacarosa,
con base en cinco tratamientos de fertilización nitrogenada.**

JOSÉ RICARDO MELÉNDEZ GARCÍA

Guatemala,
2004

**Relación entre el contenido de Nitrógeno foliar
estimado con el Clorofilómetro y el rendimiento de
caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) y sacarosa,
con base en cinco tratamientos de fertilización nitrogenada.**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**Relación entre el contenido de Nitrógeno foliar
estimado con el Clorofilómetro y el rendimiento de
caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) y sacarosa,
con base en cinco tratamientos de fertilización nitrogenada.**

**Trabajo de Graduación presentado por
José Ricardo Meléndez García para optar al título de
Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Agronómicas**

Guatemala,
2004

PREFACIO

Este trabajo de graduación empezó con la inquietud de aportar, de alguna manera a la industria azucarera un fertilizante hidrosoluble, el cual aumentaría la producción y bajaría los costos. El cultivo está actualmente atravesando bastantes problemas mundiales que directa o indirectamente afectan a esta Industria. Es por esto que se ve la necesidad de bajar los costos, siendo en este caso los costos de operación. Después, surge la idea de implementar una tecnología que se desconoce en Guatemala. Es el uso del Clorofilómetro. Este aparato ya se utiliza en Colombia y en algunos otros pocos países para poder controlar la nutrición de la planta directamente en el campo. Los ingenios azucareros utilizan los grados Brix para observar si la planta está bien o mal nutrida, pero es un control tardío ya que en ese momento no se puede corregir esa deficiencia. Es por eso que se utiliza el Clorofilómetro en países donde la caña de azúcar está más estudiada.

La realización de este trabajo involucró tiempo, así como el trabajo de muchos colaboradores. El trabajo en equipo, la buena planificación y la comunicación fueron pilares importantes en la elaboración del proyecto.

Para alcanzar los objetivos de estudio, hubo muchas personas que merecen un agradecimiento especial. Merece hacer mención especial la colaboración del Ingenio Magdalena, S.A., especialmente al Departamento de Investigación, por permitir utilizar sus propiedades para realizar el estudio, y a sus trabajadores que asistieron durante la elaboración del proyecto. También se merece un gran agradecimiento mi asesor de tesis, el Lic. Marco Tulio Urizar, quien me asesoró de una manera desinteresada de principio a fin, aportando sus conocimientos y experiencias para obtener resultados efectivos. También, debo agradecer por el apoyo incondicional, a mi familia y seres queridos. Por último agradezco a mis compañeros de promoción, especialmente a Nereida Aguilar y Álvaro González, que me apoyaron siempre y me ayudaron a que el trabajo fuera una realidad.

Se espera contribuir con una herramienta de trabajo eficaz, para tener mejores prácticas en campo y obtener más productividad.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	v
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. OBJETIVOS	5
A. General	5
B. Específicos	5
V. HIPÓTESIS	6
VI. REVISIÓN DE LITERATURA	7
A. Forma y función de las hojas fotosintéticas	7
B. Generalidades del cultivo de la caña de azúcar	7
1. Raíz	8
2. Tallo	8
3. Hoja	8
4. Inflorescencia	9
C. Constituyentes de la caña de azúcar	9
D. Fotosíntesis	10
E. Objetivos e importancia económica	11
F. Cómo se usan los fertilizantes	12
G. Fertilización de la caña de azúcar	13
H. Procesos para la obtención de azúcar	13
1. Preparación	13
2. Extracción	13
3. Depuración	13
4. Evaporación	13

5. Cristalización.....	14
6. Tachado.....	14
7. Centrifugación del jarabe.....	14
8. Recuperación de espumas.....	14
9. Segunda recuperación de espumas.....	14
10. Secado de la azúcar cristalizada.....	14
11. Embalaje de la azúcar cristalizada.....	14
I. Clorofilómetro.....	16
J. ¿Cómo realizar las lecturas con el Clorofilómetro?.....	17
K. Utilización del Clorofilómetro en trigo.....	17
L. Monitoreo de nutrición nitrogenada (Minolta SPAD 502).....	18
1. Lectura de clorofila en hoja (e Índice de Suficiencia de nitrógeno) con el cultivo V6.....	19
M. Tipo de suelo presente en el ensayo.....	19
1. Suelos del orden Molisol.....	20
a. Suborden Udol.....	20
1). Grande grupo Paleudol.....	20
2). Grande grupo Hapludol	20
N. N-Total (Polvo hidrosoluble de alta asimilación).....	20
1. Identificación del producto.....	20
2. Características físicas y químicas.....	20
3. Datos de riesgo de fuego, explosión y reactividad.....	21
4. Información general.....	21
5. Precaución.....	21
6. Precauciones y advertencias de uso.....	21
7. Primeros auxilios.....	22
8. Recomendaciones al médico.....	22
9. Datos de riesgo para la salud.....	22
10. Efectos de sobre exposición.....	22
11. Procedimiento de emergencias y primeros auxilios.....	22
12. Procedimiento ante fuga o derrame.....	22

13. Información sobre protección personal, manejo y almacenaje.....	23
14. Medidas de protección al medio ambiente.....	23
15. Recomendaciones de almacenamiento y transporte.....	23
16. Garantía.....	23
17. Forma de uso general.....	23
O. Variedades (CP 702086).....	24
1. Principales estaciones experimentales y sus siglas.....	24
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
A. Localización y descripción del área de estudio.....	25
1. Planicie Costera del Pacífico.....	25
B. Materiales.....	26
C. Métodos.....	27
VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	30
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
X. CONCLUSIONES.....	37
XI. RECOMENDACIONES.....	38
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	39
XIII. ANEXO.....	40
A. Cuadros.....	40
1. Análisis de varianza.....	40
2. r de Pearson.....	42
3. Prueba de diferencia honestamente significativa (DHS) de Tukey.....	44
4. Relación beneficio/costo.....	45
B. Gráficos.....	46
C. Fotografías tomadas en los diferentes muestreos.....	51
1. Segundo Muestreo.....	51
2. Tercer Muestreo, cosecha de la caña de azúcar.....	53
3. Clorofilómetro Minolta Spad 502.	55
D. Plano de la finca San Francisco (Lote No. 1420402).....	56
E. Boletas de campo utilizadas.....	56

LISTA DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Datos climatológicos de la zona experimental.....	26
2. Kilogramos de fertilizante por unidad experimental.....	27
3. Resultados obtenidos de diferentes mediciones.....	31
4. Resultados tratamiento No.1 (TonI/Ha).....	32
5. Análisis de varianza.....	32
6. Valores críticos de la r de Pearson según tratamientos.....	33
7. Valores de Q para las diferentes combinaciones de tratamientos.....	35
8. Relación beneficio-costo de los fertilizantes utilizados en los tratamientos.....	36
A-1. Mediciones clorofilométricas de los 5 tratamientos y su análisis de varianza.....	40
A-2. Nitrógeno (dosis) – Nitrógeno foliar.....	42
A-3. Nitrógeno foliar – Clorofilómetro.....	42
A-4. Nitrógeno (dosis) – Clorofilómetro.....	42
A-5. Nitrógeno foliar – Grados Brix.....	43
A-6. Nitrógeno – Grados Brix.....	43
A-7. Mediciones Clorofilómetro – Grados Brix.....	43
A-8. Mediciones Clorofilómetro – Rendimiento (Ton I/Ha).....	44
A-9. Grados Brix - Rendimiento (Ton I/Ha).....	44
A-10. Promedios de las mediciones clorofilométricas de las 13 plantas de cada tratamiento.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

	Página
Gráficos	
1. Corte ampliado de una caña	10
2. Puntos de acción de la planta.....	10
3. Diagrama de la obtención de azúcar.....	15
4. Clorofilómetro Minolta SPAD 502.....	19
5. Parcelas experimentales con los diferentes tratamientos asignados...	28
6. Regresión lineal entre el Nitrógeno y las medidas del Clorofilómetro	34
7. Regresión lineal entre las medidas del Clorofilómetro y TonI/Ha.....	34
8. Regresión lineal entre las medidas del Clorofilómetro y grados Brix..	35
A-1. Toneladas por hectárea de cada tratamiento.....	46
A-2. Mediciones clorofilométricas de cada tratamiento.....	46
A-3. Análisis foliar de cada tratamiento.....	47
A-4. Grados Brix de cada tratamiento.....	47
A-5. Ganancia y costos para obtener la relación beneficio/costo.....	47
A-6. Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y las medidas del Clorofilómetro.....	48
A-7. Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y el Nitrógeno foliar	48
A-8. Correlación entre el Nitrógeno foliar y los grados Brix.....	49
A-9. Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y los grados Brix..	49
A-10. Correlación entre las medidas del clorofilómetro y el rendimiento	50
A-11. Correlación entre los grados Brix y el rendimiento.....	50
A-12. Correlación entre las medidas del clorofilómetro y los grados Brix	51

RESUMEN

Los estimados de producción en los ingenios azucareros son de suma importancia, ya que por medio de estos, se puede llevar a cabo una proyección de la producción que se obtendrá en la próxima zafra, con el fin de planificar las operaciones en campo y fábrica. En el medio azucarero no existe la estimación de producción (grados Brix y tonelada de caña) desde el campo, ya que estos se basan en las toneladas de caña y libras de azúcar de la zafra anterior, y no lo relacionan con la óptima nutrición de la planta.

El motivo principal fue crear una herramienta de trabajo, que sea capaz de predecir la producción desde el contenido de nitrógeno de la planta en campo, siendo ésta el uso del Clorofilómetro. Para esto se utilizó un control, la urea como testigo comercial (46%N) a 318.5 Kg./Hectárea, tres diferentes concentraciones del fertilizante hidrosoluble N-Total (39%N) a 63.63, 79.54 y 106.50 Kg./Hectárea respectivamente, aplicado con bomba de aspersion, teniendo como objetivo encontrar la nutrición óptima de la planta. La variedad que se utilizará es la CP 702086. Se diseñó un control, cuatro tratamientos y seis repeticiones, siendo el diseño experimental bloques completamente al azar. Cada unidad experimental fue de 150 mts² y están localizadas en el Departamento de Escuintla, siendo éstas, propiedad del Ingenio Magdalena, S.A.

El análisis de varianza demostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y adentro de los tratamientos, pero individualmente se encontraron correlaciones muy bajas, en consecuencia el uso del Clorofilómetro tiene un bajo valor predictivo. En este caso se acepta la Hipótesis Nula.

En el tratamiento No.2 se aplicó la menor cantidad de Nitrógeno y se obtuvo el mayor rendimiento en toneladas por hectárea, la mayor concentración de Nitrógeno foliar y la mayor relación beneficio costo.

ABSTRACT

The estimates of production in the sugar mills are of most importance, since through them, a projection of production of the next harvest can be made. The projections are necessary to plan the operations to come in the field and in the factory. In the sugar environment there is no existence of estimate of production (°Brix and a ton of sugar cane) from the field, since what they take on account is the tons of sugar cane and pounds of sugar produced in the last harvest, and they don't relate it to the optimum nutrition of the plant.

The main objective was that of creating a tool of work that will be capable of predicting the production starting with the nitrogen content of the plant in the field, using then, the chlorofilometer. It was used a control, 318.5 Kg./Hectare of urea as a commercial witness (46%N), and 63.63, 79.54 and 106.50 Kg./Hectare of the hydro soluble fertilizer N-Total (39%N), applied with the use of a sprinkling pump, having as an objective to find the optimum functioning of the plant. The variety that will be used is that of the CP 702086. A control, four treatments and 6 repetitions were designed, being the experimental design of blocks completely at random. Every experimental unit had 150 mts² and are located in the Department of Escuintla. The land is owned by Sugar Mill Magdalena, S.A.

The analysis of the variant showed significant statistical differences, in and within all the treatments, but on individual basis very low correlations were found, as a consequence, the use of the chlorofilometer has a low predictive value. In this case the null hypothesis is accepted.

In the treatment number two, the larger quantities of nitrogen were applied and the best performance was obtained in tons per hectare, the greatest concentration of foliate nitrogen and the best cost related benefit.

I. INTRODUCCIÓN

El sector azucarero es de gran importancia en el medio, no solo por su contribución al desarrollo agrícola e industrial, sino también por su capacidad para crear gran cantidad de fuentes de trabajo, generación y captación de divisas, producción de alcohol para diferentes usos, componentes alimenticios para animales, bebidas gaseosas, levaduras, papel, y reposterías. La Agroindustria Azucarera de Guatemala genera más de 250 mil empleos. Entre ellos están cortadores de caña, pilotos, mecánicos, soldadores, electricistas, ayudantes, mano de obra calificada, asó como personal de apoyo administrativo, profesional y técnicos guatemaltecos, en sus diferentes actividades (Realidad Universitaria, 2003). El azúcar en las estadísticas de exportaciones indican un aumento del 13.51% respecto a los años 2002 y 2003. De enero a agosto del 2002, las exportaciones fueron de 77,765,050.94 millones de dólares y de enero a agosto del 2003, las exportaciones fueron de 88,269,242.46 millones de dólares. Estas dos cifras tienen la diferencia de 10,504,191.52 millones de dólares, siendo un incremento del 13.51% (Data Export, 2003). Es por esto que el sector azucarero tiene gran importancia en la economía guatemalteca.

Desafortunadamente los precios en el mercado local e internacional están cada día más bajos. Por lo consiguiente, los ingenios tienen que tomar medidas de reducción de costos, afinando bien sus operaciones en campo y fábrica. Una de las operaciones más importantes que se llevan a cabo en los ingenios, es la aplicación de fertilizantes. Esta operación es muy costosa, ya que se cuenta con un área demasiado extensa, abarcando gran parte de la Costa Sur.

La siguiente investigación pretende introducir una tecnología completamente innovadora en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L, Var. CP 702086) en Guatemala. Se trata de introducir un fertilizante hidrosoluble, denominado N-Total, ya que éste es de bajo costo. Además, como punto más importante, se trata de introducir el uso del Clorofilómetro en el cultivo de la caña, ya que actualmente no se puede elaborar una proyección de producción desde campo, según los niveles de Nitrógeno en las hojas. Con esta tecnología se pueden tener indicadores de cuando una planta está bien nutrida para dar una producción de azúcar satisfactoria para el ingenio, estableciendo al mismo tiempo los estimados de producción.

Con los datos del Clorofilómetro se puede establecer la necesidad de realizar fertilizaciones estratégicas antes o durante el periodo de antesis, con el objetivo de incrementar el porcentaje de azúcar en la caña.

También se trata de erradicar los muestreos foliares elaborados en el laboratorio para la determinación de Nitrógeno en las hojas, por su alto costo y consumo de tiempo.

A diferencia de los análisis químicos que requieren la extracción de muestras y su posterior análisis en laboratorio, estos equipos permiten tomar una gran cantidad de lecturas en pocos minutos y determinar así el grado de suficiencia o deficiencia del cultivo respecto del Nitrógeno. El aparato cala la hoja con distintos haces de luz y detecta la calidad y nivel de tonos de verde, indicador directo del nivel de clorofila y expresa dicha medición en unidades adimensionales, que se relacionaron con el contenido de Nitrógeno en las hojas.

Se espera contribuir con una herramienta de trabajo eficaz, para tener mejores prácticas en campo y poder obtener más productividad en un ingenio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las plantaciones de caña de azúcar no se ha elaborado ninguna determinación del contenido de Nitrógeno foliar después de una aplicación de fertilizantes para establecer si existe una relación con el rendimiento en peso y sacarosa en el ingenio. Usualmente se determina el rendimiento en sacarosa, a partir de las mediciones en grados Brix, en el jugo de la caña antes de ingresar al ingenio.

El uso del Clorofilómetro es un procedimiento sencillo y práctico. Ésta tecnología puede contribuir a establecer las condiciones de la planta y poder predecir el rendimiento de azúcar desde el campo, a partir de la concentración de Nitrógeno en las hojas por medio de la lectura del aparato.

III. JUSTIFICACIÓN

En las plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L, Var. CP 702086) del ingenio Magdalena, sólo se utiliza la lectura en grados Brix, para determinar el rendimiento de azúcar (Sacarosa) antes de entrar al ingenio. El Clorofilómetro es un instrumento que puede proporcionar información valiosa desde los campos de producción, ya que brinda la concentración de Nitrógeno en las plantas de una forma fácil, sencilla y no destructiva.

Como no se cuenta con información del uso del Clorofilómetro en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L, Var. CP 702086) que ayuden a establecer el estado nutricional de las plantas después de un tratamiento de fertilización y que indiquen el rendimiento en azúcar en los ingenios de Guatemala, se hace necesario realizar esta investigación, donde se evaluarán cuatro tipos de fertilización aplicados.

IV. OBJETIVOS

A. General

◆ Determinar la relación entre el contenido de Nitrógeno foliar estimado con el Clorofilómetro y el rendimiento (TonI/Ha) de caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) y sacarosa, con base en cinco tratamientos de fertilización nitrogenada.

B. Específicos

◆ Establecer una relación entre el contenido de Nitrógeno foliar y su producción de caña y sacarosa, utilizando el Clorofilómetro.

◆ Determinar agroeconómicamente el mejor tratamiento para la producción de caña y rendimiento en sacarosa.

V. HIPÓTESIS

En la siguiente investigación se utilizaron dos hipótesis, siendo éstas las que se describen a continuación:

H₀: *Al utilizar 5 tratamientos de Nitrógeno para fertilización, es posible determinar el nivel de Nitrógeno Foliar utilizando el Clorofilómetro*

H₁: *Al utilizar 5 tratamientos de Nitrógeno para fertilización, no es posible determinar el nivel de Nitrógeno Foliar utilizando el Clorofilómetro.*

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Forma y función de las hojas fotosintéticas

Las hojas de las plantas superiores - la hoja oval del olmo, la hoja compuesta del helecho, la fina hoja del pasto - son todas captadoras de sol. No sólo han sido diseñadas hermosamente para este fin en su forma externa, sino en su arquitectura interna y en su posición relativa con el resto de la planta. En el árbol o el arbusto las hojas están dispuestas de manera que no producen demasiada sombra unas sobre las otras. Esto es especialmente notable en el helecho, donde las hojas siguen unas a otras a distintas alturas, permitiendo que muchas hojas crezcan muy próximas entre sí, sin que alguna deje de recibir la luz solar. En muchos casos las hojas se orientan hacia el sol en el transcurso del día, inclinándose más hacia un lado que hacia otro, de manera que la parte plana de la hoja siempre queda expuesta a los rayos. La anatomía interna de la hoja, ha sido construida maravillosamente para su función.

En la superficie superior de la hoja hay una capa de finas células transparentes, y debajo de las mismas existe otra capa de células que tienen forma de lápiz, todas erguidas sobre el extremo afinado y apuntando directamente al sol. Cada célula se halla revestida por muchos organelos, los cloroplastos, pequeñas estructuras ricas en clorofila, y esta capa en empalizada capta la luz. Debajo de la empalizada hay una capa celular esponjosa, donde se facilita el movimiento del dióxido de carbono, el oxígeno y el vapor de agua, debido a los generosos espacios entre las células. En la superficie inferior misma hay otra capa de células de revestimiento, atravesada por orificios. Estos últimos se abren y cierran por la acción de dos células guías que regulan el intercambio de gas y la pérdida de vapor de agua al ambiente externo. (<http://www.geocities.com/ohcop/lect11.html>)

B. Generalidades del cultivo de la caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum L*) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio, forma el azúcar.



1. Raíz. El sistema radicular de la caña funciona como anclaje para la planta y para la absorción del agua y los nutrientes minerales del suelo. Son de forma cilíndrica y están formadas por la cofia, el punto de desarrollo, la región de elongación y la región de pelos radiculares. La cofia es la encargada de darle protección al punto de desarrollo de los daños mecánicos puesto que las raíces continuamente llegan al contacto con partículas densas del suelo y con rocas.

2. Tallo. La caña de azúcar se desarrolla en forma de matas, procedentes de trozos del tallo, sus hábitos de desarrollo, son diferentes, pero en general producen tallos de 2 a 3 m de longitud por año, formando tres canutos por mes, con un aproximado de tallos de 1 hasta 23 por macolla, según la variedad, estos se dividen en primarios, secundarios y mamones. Los tallos también sirven como tejidos de transporte de agua y nutrientes extraídos del suelo para abastecer la punta que está en crecimiento. El tallo está compuesto por: la epidermis o corteza; los tejidos y fibras que se extienden en toda la longitud del tallo, poseen aproximadamente un **75%** de agua. Y está formado por dos partes diferentes que son nudos y entrenudos los que difieren o cambian con las diferentes variedades en longitud, diámetro, forma y color.

El tallo de la caña de azúcar se considera como el fruto agrícola, ya que en él se distribuye y almacena el azúcar. Se va acumulando en los entrenudos inferiores disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia la parte superior del tallo.

3. Hoja. Las hojas de la planta de caña son la fábrica donde las materias primas: agua, dióxido de carbono y nutrientes se convierten en carbohidratos bajo la acción de la luz del sol. Las hojas son láminas largas, delgadas y planas que miden generalmente entre 0.90 a 1.5 m de largo y varían de 1 a 10 cm de ancho, según la variedad. La vaina o parte inferior de la hoja que está pegada al tallo en el nudo es el soporte de la lámina de la hoja.

Es de forma tubular más ancha en la base y gradualmente se estrecha hacia la banda ligular. Las hojas están a menudo cubiertas con pelos y tienen numerosas aberturas que se conocen con el nombre de estomas.



4. Inflorescencia. Es una panícula formada por pequeñas flores perfectas y sedosas llamadas espigas. La floración es un proceso natural que ocurre cuando las plantas han completado su ciclo vegetativo para iniciar el período reproductivo. No todas las variedades de caña de azúcar florecen con la misma intensidad, ya que hay factores genéticos que regulan la floración y factores ambientales que a su vez la inducen.

C. Constituyentes de la caña.

Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser: (<http://www.revistaelproductor.com>)

Agua 73 - 76 %

Sacarosa 8 - 15 %

Fibra 11 - 16 %

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña. Otros constituyentes de la caña presentes en el jugo son:

Glucosa 0,2 - 0,6 %

Fructosa 0,2 - 0,6 %

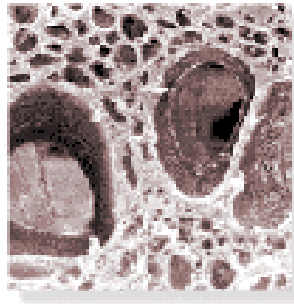
Sales 0,3 - 0,8 %

Ácidos orgánicos 0,1 - 0,8 %

Otros 0,3 - 0,8 %

Gráfico No.1

Corte ampliado de una caña



Corte ampliado de una caña en donde se pueden apreciar los canales que corren a lo largo del tallo llevando los alimentos y el agua.

(<http://www.revistaelproductor.com>)

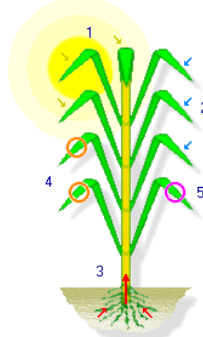
D. Fotosíntesis

El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado.

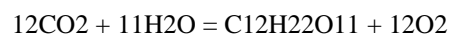
La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar [1], la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire [2] y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra [3], para formar sacarosa [4] que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra [5]. (<http://www.revistaelproductor.com>)

Gráfico No.2

Puntos de acción de la planta



dióxido de carbono + agua = sacarosa + oxígeno.



(<http://www.revistaelproductor.com>)

E. Objetivos e importancia económica

El incremento en la producción de caña por manzana requiere la conjugación de varios factores que actúan simultáneamente para lograr mayores tonelajes. Para aumentar y conservar los rendimientos del campo cañero es indispensable impulsar la fertilización procurando aplicar las dosis adecuadas y efectuar las prácticas apropiadas al cultivo, principalmente el combate de las malas hierbas. (Silverio Flores, 1976)

La caña de azúcar consume anualmente grandes cantidades de elementos minerales y el cultivo continuado de caña sobre caña empobrece el suelo que, a pesar de todo, contiene por lo general los nutrimentos esenciales para el desarrollo vegetativo de esta planta; sin embargo para lograr mayores beneficios económicos es necesario aplicar abonos químicos, considerando que la falta de alguno de los elementos que actúan en el crecimiento de la planta es un factor limitante que quebranta el efecto de los otros nutrimentos.

Cada vez que observamos las estadísticas sobre la producción de caña de cada ingenio, la primera impresión es tratar de diferenciar las zonas que tienen mayor y menor rendimiento por manzana; luego al evaluar los posibles factores que intervienen en la resultante de esta producción, confirmamos que en los lugares que tiene menores rendimientos son operantes las condiciones de baja fertilidad del suelo, deficiencia de humedad, mal drenaje, falta de control de malas hierbas, daños por plagas, y fallas de administración en el manejo de las fincas. Aunque todos estos factores influyen en determinada proporción, quizá el más importante sea el que se relaciona con la baja fertilidad del suelo.

El productor sabe que debe invertir dinero para hacer dinero y esto es particularmente cierto con relación al uso de fertilizantes; ya que al aplicar las dosis adecuadas, la caña vegeta mejor, crece más sana, exuberante y produce mayores tonelajes. Los fertilizantes aseguran también un mejor aprovechamiento del agua y del suelo, el sistema radicular de la planta puede aumentar y esto es más importante en lugares donde llueve poco o donde la caña tiene que regarse.

Se reconoce que el fertilizante cuesta dinero, pero se paga por sí solo, es un dicho popular y cierto. En la mayoría de los casos, si los productores siguen las recomendaciones de los técnicos de las estaciones experimentales pueden lograr una

ganancia equivalente al doble de capital invertido. La experiencia adquirida en muchos lugares, basada en miles de ensayos prácticos, ha subrayado la necesidad de impulsar el empleo de fertilizantes y en el caso de la caña, el agricultor se debe familiarizar con la cuantificación de los gastos por abonamiento en términos de toneladas de caña equivalentes a la inversión; de modo que si el aumento de la cosecha por efecto de la fertilización fue de 20 toneladas y el abono alcanza a pagarse con el precio de 12, quedan 8 toneladas como ganancia. . (Silverio Flores, 1976)

F. Como se usan los fertilizantes

Tal como se indicó con anterioridad, la mayoría de los suelos que se cultivan con caña en la vertiente del Océano Pacífico son pobres en Nitrógeno, muestran marcadas deficiencias en Fósforo y están bien abastecidos en Potasio; a su vez son ricos en materia orgánica, por lo cual siempre responden favorablemente a la fertilización nitrogenada; desde hace muchos años se tiene la buena costumbre de incorporar al suelo la basura o paja de la caña al término de la cosecha; no se efectúa la quema de los campos y en algunas fincas utilizan la cachaza para mejorar la fertilidad de los terrenos.

Los suelos de la mayoría de las fincas, son de buena calidad, responden bien a la fertilización y producen incrementos del 30% o más en comparación con campos no abonados; desde luego que dicho comportamiento depende fundamentalmente de aplicar el fertilizante en la dosis adecuada, en la época conveniente para el mejor desarrollo de las plantas y en una posición tal, que pueda ser fácilmente asimilado por las raíces.

Con base en los resultados de los estudios efectuados en varios países y tomando los datos sobre análisis de los suelos, análisis de las hojas y tallos de las plantas y de los experimentos de campo con N-P-K, se ha determinado que la dosis media que necesita la caña para que haya una buena respuesta a los fertilizantes fluctúa entre 105 a 126 kilogramos de Nitrógeno por manzana (equivalente a 5 –6 quintales de urea); para los suelos deficientes en Fósforo conviene aplicar de 60 a 80 kilogramos de P₂O₅ por manzana (equivalente a 3-4 quintales de superfosfato triple); y para los suelos pobres en Potasio, se recomienda aplicar dosis de K₂O, iguales a las del Nitrógeno. (Silverio Flores, 1976)

G. Fertilización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L)

La planta de caña posee altos requerimientos nutricionales en consideración a su elevada capacidad de extracción, remoción de nutrientes del suelo y a su alta producción de materia verde y seca. Se ha demostrado en la práctica que este cultivo rápidamente agota los suelos, siendo necesario un programa adecuado de fertilización, que restituya al suelo lo extraído por la planta, y lo que haya perdido a través de la materia prima cosechada y procesada en el ingenio. Para una buena fertilización en el cultivo se recomienda realizar análisis de suelo previo a la siembra y análisis foliar a los cuatro meses de edad, para conocer el estado nutricional de la planta. A la falta de dichos análisis se recomienda la siguiente fertilización: 308 lb/mz. (97.02 kg/Ha) de Nitrógeno, 123 lb/mz. (39.29 Kg/Ha) de Fósforo, 154 lb/mz. (49.20 Kg/Ha) de Potasio.

Debido a que el Nitrógeno es muy volátil se recomienda su fracción en tres aplicaciones, estudios en Taiwán reportan que por cada dos kg. de Nitrógeno, se obtiene una tonelada de caña, pero hay que tener mucho cuidado con su exceso, ya que puede ocasionar una maduración muy tardía. En cuanto a Fósforo se tiene reporte que es poco móvil en el suelo por eso hay que aplicarlo todo a la siembra y más cerca de la planta. El Potasio se fracciona en dos aplicaciones porque se lava muy fácilmente y se recomienda aplicarlo una vez cada tres años.

H. Procesos para la obtención de azúcar

Para extraer la sacarosa hay que efectuar las operaciones siguientes:

1. Preparación: cañas cortadas, despedazadas y desfibradas se utilizan dos máquinas corta cañas y a veces un shredder y/o un desfibrador. (Silverio Flores, 1976)

2. Extracción: guarapo mas bagazo. Las cañas pasan a los trapiches donde son trituradas, se obtiene así el guarapo, caldo o jugo azucarado y el bagazo constituido este por residuos fibrosos, se practica allí la inhibición compuesta para agotar el bagazo.

3. Depuración: caldo claro. El jugo contiene un gran número de impurezas que se eliminan por tamizado y por calentamiento suave, si se desea azúcar blanca se añade, en esta fase cal y anhídrido sulfuroso.

4. Evaporación: jarabe o melado. El jugo claro o melado se concentra en los evaporadores de baja presión, luego al vacío parcial y a temperaturas sucesivas de 108, 100, 80 y 55°, el agua se elimina en forma de vapor, quedando el jarabe.

5. Cristalización: cristales de azúcar mas aguas madres. El jarabe se transforma en una masa pastosa, que contiene cristales de azúcar y un líquido mas o menos espeso y viscoso, llamado agua madre, en calderas de cochura con baja presión y a 55 grados.

6. Tachado: agrandamiento de los cristales.

7. Centrifugación del jarabe: azúcar de primera mas espumas. Los cristales de azúcar y las espumas pasan a una centrifugadora con sulficalado, para separar el jarabe del azúcar blanco, en el caso contrario, sin sulficalado, se separa el jarabe del azúcar moreno.

8. Recuperación de espumas: miel de primera mas espumas. Estos jarabes o cachazas son concentrados, luego centrifugados una vez mas, se obtiene azúcar de segundo chorro o miel de primera y melote. (Silverio Flores, 1976)

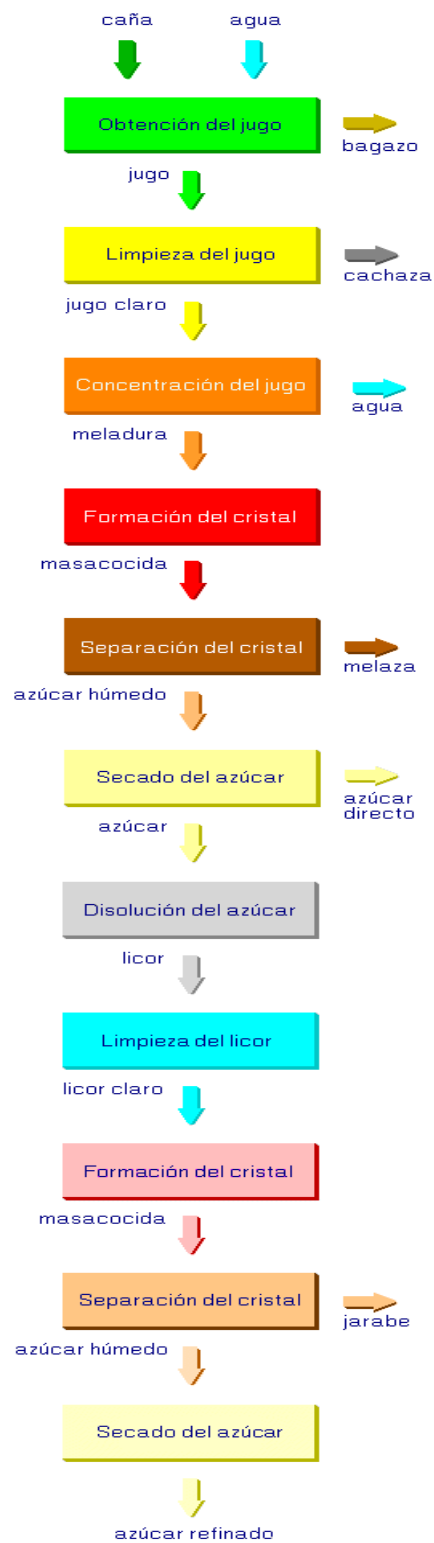
9. Segunda recuperación de espumas: miel negra o azúcar de tercera calidad mas melaza. El melote es concentrado luego centrifugado de nuevo, se obtiene azúcar de tercer chorro o miel negra y melaza. Este tercer chorro es reducido otra vez en pasta o refundido para ser introducido en el primer chorro.

10. Secado de la azúcar cristalizada: Todos los azúcares cristalizados se secan separadamente.

11. Embalaje de la azúcar cristalizada: Los azúcares cristalizados son embalados en sacos para ser consumidos en esta forma en los países productores pero la mayoría de las veces son enviados a fábricas que después de una serie de operaciones de refinación, son transformados en azúcar refinada, vendida a los consumidores en forma de trozos o cubitos de azúcar mas cristal o sémola. (Silverio Flores, 1976)

Gráfico No.3

Diagrama de la obtención de azúcar



I. Clorofilómetro

La relación que guarda el contenido de Nitrógeno dentro de la planta, con la intensidad del color verde de sus hojas, es el principio en el que se basan los Clorofilómetros para detectar posibles déficits de este nutriente.

(<http://www.magromail.net>)

A diferencia de los análisis químicos que requieren la extracción de muestras y su posterior análisis en laboratorio, estos equipos permiten tomar una gran cantidad de lecturas en pocos minutos y determinar así el grado de suficiencia o deficiencia del cultivo respecto del Nitrógeno. El aparato cala la hoja con distintos haces de luz y detecta la calidad y nivel de tonos de verde, indicador directo del nivel de clorofila y expresa dicha medición en unidades adimensionales.

Es necesario tener en cuenta que el nivel de verdor de un cultivo de maíz, puede variar en función de otros factores distintos de la disponibilidad de Nitrógeno. Diferentes híbridos presentan distinta intensidad de verde, aun cuando no haya limitaciones de Nitrógeno.

Otros factores que influyen en la medición son el estado vegetativo en que se encuentra el cultivo, la humedad al momento de la medición, la densidad de plantas, la presencia de daños en la hoja por insectos o enfermedades y la intensidad de la luz ambiente al momento de realizar la medición.

Es difícil tomar el valor indicado por el Clorofilómetro como un umbral para fertilizar o no. Lo usual es mantener una franja del cultivo sin limitaciones de Nitrógeno, es decir con fertilizaciones adecuadas y continuas, para luego tomar varias muestras del cultivo comparándolas con esta franja.

De esta manera se puede obtener una serie de datos que indiquen la respuesta del cultivo en forma posterior a la fertilización, por comparación con aquella franja que no sufrió limitaciones de Nitrógeno.

Existe un problema con las mediciones a tener en cuenta. En un cultivo de maíz las plantas cambian de color a medida que el ciclo del cultivo avanza y se acentúa la absorción de Nitrógeno.

Es necesario realizar las mediciones en la misma época. La aplicación del Spad o Clorofilómetro está orientada más bien al control de programas de fertilización en

cultivos de maíz, midiendo si las dosis fueron las correctas o por el contrario no se llegaron a cubrir las necesidades del cultivo. (<http://www.magromail.net>)

J. ¿Cómo realizar las lecturas con el Clorofilómetro?

Los mejores datos con el Clorofilómetro con el objeto de evaluar las aplicaciones de fertilizantes en caña se obtienen de un planteo de muestras y mediciones que reflejen la variabilidad de situaciones que se pueden presentar en el lote. (<http://www.magromail.net>)

Para tener registros adecuados se hace necesario, por lo menos tomar mas de 30 lecturas con el mismo equipo, en las mismas condiciones (mismo día, hora, etc). En el campo medir siempre la misma posición de hoja. Se recomienda tomar la hoja más nueva, recién expandida. Luego de elegida la hoja a muestrear, las lecturas siempre se deben tomar en un punto intermedio entre una inserción y el extremo, y a la mitad entre el borde y la nervadura central.

Por otro lado se debe tener en cuenta que la temperatura y humedad ambiente también condicionan las lecturas del Clorofilómetro. Si se utiliza una franja testigo, en la práctica esto no influye, siempre y cuando todas las muestras se tomen en el mismo momento y bajo las mismas condiciones.

Entre otras ventajas, puede mencionarse que las lecturas no son afectadas por un consumo de lujo, ya que la planta producirá solamente la clorofila necesaria, independientemente de la cantidad de Nitrógeno en exceso que haya en la planta. Las mediciones para llevar un control, pueden programarse semanalmente.

(<http://www.magromail.net>)

K. Utilización del Clorofilómetro en trigo

Utilizando el Clorofilómetro y comparando las diferencias de lecturas entre una franja testigo altamente fertilizada contra el cultivo normal puede conocerse las necesidades de fertilización nitrogenada que necesita el cultivo. Estos datos además pueden ser complementados con análisis de Nitrógeno total en hoja, correlacionando las lecturas de los dos sistemas de medición. (<http://www.magromail.net>)

Las mediciones son correctas y con sentido, siempre y cuando se trabaje con una sola variedad, tanto en la franja con alta fertilización como el resto del cultivo. Las lecturas con el Spad, deben hacerse en la parte mas ancha de la hoja, a mitad de distancia entre la nervadura central y el borde, teniendo en cuenta de evitar problemas sanitarios o

de otro tipo, que afecte el color real de la hoja. Otra posibilidad es tomar tres lecturas, en la base, en el medio y en el extremo, para luego promediarlas.

Si se combinan datos de más de una variedad los índices de correlación obtenidos dejan de tener sentido. Existen en trigo diferentes variedades, con características únicas en el color de hoja, situación que dificulta relacionar los valores obtenidos.

Con los datos del Clorofilómetro se puede establecer la necesidad de realizar fertilizaciones estratégicas antes o durante el periodo de antesis, con el objeto de incrementar el porcentaje de proteína en grano. (<http://www.magromail.net>)

L. Monitoreo de Nutrición Nitrogenada (Minolta® SPAD 502)

La determinación del contenido de N-NO₃ en el suelo y en la base de los tallos de la planta de maíz al estadio V6 son métodos apropiados para diagnosticar las necesidades de fertilización nitrogenada. Sin embargo, una desventaja común a tales métodos es el esfuerzo requerido para la obtención de la muestra, procesamiento de la misma y el tiempo demandado para el análisis. El contenido de clorofila en la hoja de maíz está estrechamente y positivamente relacionado a la concentración de N en la hoja y, por lo tanto, refleja la condición nitrogenada del cultivo. El medidor de clorofila SPAD 502 es un instrumento que permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja y por ende, el estado nutricional del cultivo a través de una simple lectura. (http://ceres.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/agro103_44.pdf)

El medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 mide la concentración relativa de clorofila por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm (longitud de onda fotosintéticamente activa) y 940 nm.

En ambos años, las lecturas fueron tomadas de una hoja por planta en 20 plantas por parcela, aproximadamente a la mitad de la distancia entre el tallo y el ápice de la hoja y a la mitad de la distancia entre el borde de la hoja y el nervio medio.

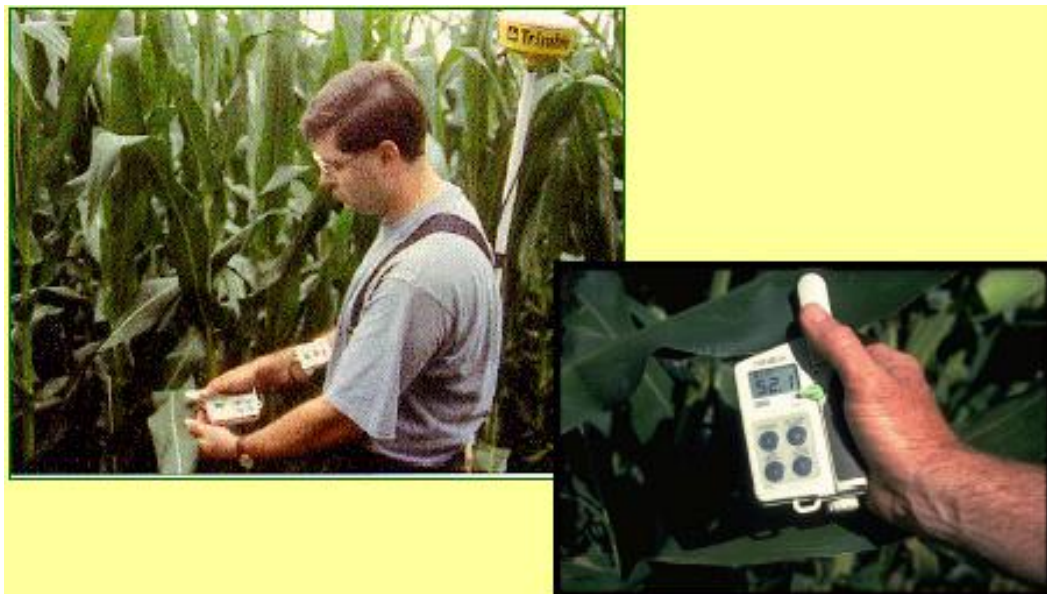
Se calcula el índice de suficiencia de N (ISN) como la relación entre la lectura de clorofila de cada unidad experimental y el valor promedio de lectura del tratamiento, que teóricamente no tuvo deficiencia de N (la dosis de 210 kg de N ha⁻¹ en ambos años). El uso de dicho índice permite eliminar las diferencias en el valor de lectura que pueden surgir del uso de diferentes híbridos, factores ambientales y otros que afecten el contenido de clorofila. Se calcula el rendimiento relativo (RR) como la relación entre el

rendimiento de cada unidad experimental y el rendimiento promedio más alto observado. Los valores absolutos de clorofila y el ISN fueron correlacionados con el rendimiento relativo. (http://ceres.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/agro103_44.pdf)

1. Lectura de clorofila en hoja (e Índice de Sufficiencia de Nitrógeno) con el cultivo en V6. Los datos de las lecturas absolutas de clorofila que se obtienen con un medidor Minolta SPAD 502 sugieren un rango crítico de 50,2 a 51,2 unidades SPAD. No obstante, debido a la marcada influencia que pueden ejercer tanto el híbrido empleado como la temperatura ambiente sobre las lecturas de clorofila, la utilización de este umbral puede conducir a interpretaciones erróneas. Para evitar las interferencias introducidas por esos dos factores, en algunos ensayos se dispuso de parcelas o franjas en las que el maíz no tuvo limitaciones de Nitrógeno desde el inicio del ciclo. (<http://www.agrobit.com.ar>)

Gráfico No.4

Clorofilómetro Minolta SPAD 502



(<http://www.ppifar.org/>)

M. Tipo suelo presente en el ensayo

El suelo presente en el ensayo es franco-arenoso. En la clasificación de suelos pertenece a los Molisoles.

Por definición, los Molisoles, orden al que pertenecen la mayor parte de los suelos de alta saturación de bases o cationes. Por esa razón, cien años de agricultura son

insuficientes para causar un empobrecimiento que pueda detectarse en términos de mostrar respuestas a la fertilización con estos cationes, aun cuando las evidencias son importantes para el Potasio en varias series agrícolas (Conti, 2000). La actividad agrícola mucho más antigua y extensa en los molisoles de las praderas de Hungría, Ucrania y Norteamérica ha hecho que ese mecanismo de pérdida y extracción actuara por más tiempo, por lo que hoy en día requieren de aplicaciones regulares de Potasio para producir económicamente. También por definición de Orden, los Molisoles poseen un horizonte rico en materia orgánica. (www.fertilizar.org 2004)

1. Suelos del orden Molisol. Son suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedón mólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios; tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados suficientemente de bases, principalmente Ca y Mg. Presentan topografía que varía entre ligeramente inclinada a extremadamente empinada. Se ha reconocido un solo suborden: Udol.

a. Suborden Udol. Molisoles usualmente húmedos; no presentan propiedades hidromórficas a través del perfil y pueden tener horizontes argílicos o cámbricos. Dentro de este suborden se han definido dos grandes grupos: el Paleudol y el Hapludol.

1). Grande grupo Paleudol. Molisoles con perfiles genéticamente bien evolucionados y caracterizados por la presencia de un horizonte argílico. Presentan topografía ligeramente inclinada a inclinada.

2). Grande grupo Hapludol Molisoles superficiales a moderadamente profundos, de topografía con pendientes generalmente muy pronunciadas; horizonte cámbico.(www.oas.org 2000)

N. N-Total (Polvo hidrosoluble de alta asimilación)

1. Identificación del producto

Manufacturado por:	FERTILIZANTES B&Q
Nombre comercial:	N-TOTAL
Fórmula:	39-0-0
Nombre químico común:	Fertilizante Nitrogenado en Polvo

2. Características físicas y químicas

Apariencia y olor:	polvo blanco con olor amoniacal
--------------------	---------------------------------

Punto de ebullición:	no aplica
Presión vapor:	no aplica
Vapor densidad:	no aplica
Gravedad específica:	no aplica
Solubilidad de agua:	100% Soluble
pH:	6.5-7

3. Datos de Riesgos de Fuego Explosión y Reactividad

Punto de ignición:	no aplica
Medios de extinción de fuego:	auto extinguable
Riesgos inusuales de fuego o explosión:	no aplica
Riesgos de productos de combustión:	ninguno
Consideraciones de compatibilidad:	estable
Incompatibilidad con:	agentes oxidantes y Peróxidos
Peligro de polimerización:	no aplica
Riesgos de descomposición en productos:	Ninguno
Condiciones a evitar:	no aplica

4. Información general. Es una fórmula nutricional desarrollada para proporcionar el Nitrógeno que requiere el cultivo. Puede ser aplicado en presiembra, banda lateral, riego por goteo, micro aspersión, avance frontal, pivote central, riego rodado, por compuertas, side roll, por cañón, en hidroponía, en avión, helicóptero o inyectado al suelo cuando este tiene humedad.

No es fitotóxico cuando se utiliza a la dosis y en la forma recomendada. Es compatible con la mayoría de los agroquímicos en uso actualmente, salvo que sean de reacción alcalina. Recomendamos el hacer una prueba de compatibilidad en pequeña escala antes de aplicarlo en forma extensiva.

5. Precaución. No se transporte junto a productos alimenticios, ropa o forraje, manténgase fuera del alcance de los niños y animales domésticos. No almacenar en casa alimentación.

6. Precauciones y advertencias de uso. Utilice overol, lentes protectores, guantes y botas de hule, para evitar el contacto directo, no coma, beba o fume durante la aplicación. No trate de destapar con la boca las boquillas obstruidas, utilice una herramienta

adecuada al terminar la jornada de trabajo y cambiarse después del trabajo. No aplique en horas de calor intenso, ni cuando la velocidad del viento supere los 15 km/hr.

7. Primeros auxilios. Si cae en los ojos, lave con agua corriente durante 15 minutos cuando menos, si la contaminación ha sido dérmica, solamente lave con agua la parte afectada y no es necesario ningún tratamiento médico. Cuando el producto ha sido ingerido se deberá de provocar el vómito inmediatamente. También provoca irritación ocular.

8. Recomendaciones al médico. En caso de ingestión, provoque el vómito y tratamiento sintomático.

9. Datos de riesgos para la salud

OSHA límite de exposición permisible	no aplica
ACGCH valor límite de umbral	no aplica
Carcinogenicidad	no aplica

10. Efectos de sobre exposición

Grave	Vapores irritantes en ojos y membranas de mucosas. El contacto del material con la piel puede causar moderada irritación.
Crónico	Exposición frecuente puede inducir a una dermatitis en individuos sensibles.
Primera ruta de Exposición	Contacto con la Piel

11. Procedimiento de Emergencia y Primeros Auxilios

Ojos	Enjuagar con agua corriente por lo menos 15 minutos. Si hay irritación.
Piel	Lavar con agua y jabón, si persiste la irritación consultar al médico.
Ingestión	Consultar al médico.
Condiciones médicas reconocidas como a gravables por exposición	No se conocen.

12. Procedimiento ante fuga o derrame. Pasos que se deben tomar en caso de fuga en el envase: Se barre, se junta y se desecha de acuerdo a las leyes locales de sanidad.

Manténgase alejado de la fuente de flamas o chispas. No se derrame el producto en los sistemas de drenaje municipales o donde pueda contaminar el agua potable

13. Información sobre protección personal, manejo y almacenaje

Equipo protección personal	Guantes de protección y lentes de seguridad.
Prácticas apropiadas de higiene	Lavarse cuidadosamente después de manejar el producto.
Ventilación	Se recomienda ventilación mecánica.
Restricción	Manténgase lejos del fuego o chispas.
Precauciones de manejo y almacenaje	Almacene en lugar fresco, bien ventilado lejos de reactivos químicos, contener envases bien cerrados y etiquetados.

14. Medidas de protección al medio ambiente. Este producto no es flamable y en caso de derrame es necesario lavar con agua. Destruya los envases vacíos y entierrelos en una zona deshabitada. No contamine ríos, corrientes o cuerpos de agua.

15. Recomendaciones de almacenamiento y transporte. Este producto debe ser guardado en bodegas ventiladas y frescas en sus envases originales y sellados, los envases parcialmente utilizados deberán cerrarse y guardarse en la bodega.

16. Garantía. El manejo, transporte, almacenaje, dosificación y aplicación de este producto, quedan fuera del control del fabricante. El fabricante (o sus distribuidores) no se responsabilizan del uso, ni de los resultados del producto. El fabricante garantiza la composición exacta del producto.

17. Forma de uso general. N-TOTAL por su forma líquida y su facilidad de aplicación, previene, combate y corrige las deficiencias nutricionales de boro, influyendo en forma definitiva en la absorción balanceada de los demás nutrientes, ya que es altamente asimilable por la planta. Es un producto que puede ser aplicado desde la época de plántula, en cultivos agrícolas, y está recomendado para ser aplicado a una gran variedad de cultivos como: Aguacate, ajo, arroz, algodón, brócoli, caña de azúcar, cacahuate, cebolla, chile, coliflor, durazno, frijol, sandía, fresa, maíz, lechuga, manzano, melón, nogal, pepino, papa, repollo, sorgo, soja, tomate, trigo, vid, zanahoria, etc.(Asesoría B&Q 2003)

O. Variedades (CP 702086)

El género *Saccharum* comprende seis especies, que difieren por su desarrollo vegetativo, su riqueza en azúcar y su resistencia ante las enfermedades. El desarrollo del cultivo de la caña noble (*Saccharum officinarum*) ha acarreado fuertes ataques de parásitos y enfermedades que han hecho necesarias hibridaciones con *S. Robustum*, *S. Spontaneum* y *s. Barberi*, poseedoras de genes de rusticidad, adaptabilidad, rendimiento en peso y firmeza en el rebrote. Los híbridos producidos son designados por la sigla de la estación seleccionadora seguida a menudo del año de cruzamiento y del número de clon.

Ejemplo: B-43-62 es el 62 clon seleccionado en 1943 por la estación de Barbados.

1. Principales estaciones experimentales y sus siglas

Barbado, Antillas Británicas	B
Canal Point y Louisiana, USA	Cp y L
India, Coimbatore	Co
Hawai	H
Natal, África del Sur	N
Natal-Coimbatore	Nco
Proesftation Oost Java	POJ
Queensland	Q

(Cultivos Extensivos de Exportación 2001)

Por lo consiguiente la variedad CP 702086 pertenece a Canal Point, USA. El híbrido es el 7020 y se obtuvo en el año 1976. En América Latina se acostumbra poner de último el año

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización y descripción del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en el Ingenio Magdalena S.A. El ingenio está situado en el Km. 105.5 hacia el parcelamiento Los Ángeles, en el Municipio de La Democracia, Escuintla. Las coordenadas del ingenio son las siguientes: Latitud 14°07'12" Norte y Longitud 90°57'58" Oeste. Las fincas proveedoras administradas por el ingenio suman la cantidad de 29,028 ha., contando las de caña y de ganado. (Leonel Mérida, 2002)

El ingenio está limitado al Norte por las fincas Santa Marta y Los Amigos, al Sur la finca Santa Ricarda y el parcelamiento El Pilar, Al Este con el río Achiguate, y al Oeste con las fincas San Patricio y Santa Cristina. Las vías de acceso al Ingenio Magdalena son las siguientes: Por el cruce al parcelamiento Los Ángeles hacia la finca Buganvilla, otro por el municipio de La Democracia, pasa por la finca Kabanú y finca Los Amigos. El medio de comunicación más utilizado por el ingenio es el radio, teléfono, correo electrónico y fax. La Democracia, siendo la cabecera municipal, se encuentra a 17 kilómetros del ingenio, siendo 11 kilómetros de carretera asfaltada y 5.5 km. de terracería. La ciudad capital se encuentra a 105.5 km. del Ingenio Magdalena, S.A., siendo 99 km. asfaltados y 6.5 km. de terracería. En la finca denominada San Francisco, lote no.1420402, es donde se encuentran las unidades experimentales. Ésta se encuentra en el Km. 127, ruta hacia Sipacate, Escuintla. (Leonel Mérida, 2002)

El clima es producto de los factores astronómicos, geográficos y meteorológicos, adquiriendo características particulares por la posición geográfica y topografía del país. Climáticamente se ha zonificado al país en seis regiones perfectamente caracterizadas por el sistema de Thorntwaite. (<http://www.insivumeh.gob.gt>)

Entre la zona climática que se ubica el lugar de experimentación es la siguiente:

1. Planicie costera del Pacífico. Esta región también se extiende desde el departamento de San Marcos hasta el de Jutiapa, con elevaciones de 0 a 300 metros SNM. Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo con deficiencia durante parte del año, los registros de temperatura son altos. En esta región existen climas de género cálido sin estación fría bien definida. Con carácter húmedo con

invierno seco, variando a semiseco. Con invierno seco, la vegetación varía de bosque a pastizal en el sector oriental. (<http://www.insivumeh.gob.gt>)

Cuadro No.1

Datos climatológicos de la zona experimental

Localidad	Elevación (Msnm).	temperaturas C°	Absolutas	Precipitación	Brillo Solar	Humedad Relativa	Vel. Viento	Evaporación
		Max - Min	Max - Min	Milímetros	Total/Hrs/ Promedio Mes.	en %	Kms/hr.	en Milímetros
Departamento de Escuintla :								
Escuintla	730	29.4 - 18.1	36.5 - 10.0	3124.8	-99	79	-99	96.3
Escuintla,El chupadero	270	33.4 - 21.2	38.2 - 17.2	2755.3	-99	75	-99	-99
Sta. Lucia Cotz. Camantulul	280	31.9 - 19.1	35.8 - 13.8	3516.1	-99	78	-99	128.4
Sipacate	70	32 - 20.1	36.3 - 18.3	2600	-99	76	-99	-99
Tiquisate	70	34.1 - 21.2	38.1 - 16.5	2016	-99	75	-99	-99

(<http://www.insivumeh.gob.gt>)

B. Materiales

El siguiente contenido trata de ilustrar el equipo y los materiales que se utilizaron para la ejecución de la investigación:

1. Semilla de caña de azúcar, variedad CP 702086.
2. Un quintal del fertilizante hidrosoluble, N-Total (39-0-0-2.5S)
3. Un quintal de fertilizante Urea (46-0-0)
4. Bomba de aspersión, marca Matabi de cuatro galones.
5. Cubeta de cinco galones.
6. Un beaker de 500 ml.
7. Un agitador de mezcla.
8. Clorofilómetro Minolta Spad
9. Boleta de campo

10. 1 lapicero
11. Tabla Shannon
12. Balanza digital
13. Refractómetro
14. Machete

C. Métodos

Se evaluaron cinco tratamientos que consistieron en tres diferentes dosis del producto comercial. N-Total (39_N-0_P-0_K-2.4_S), un testigo comercial, siendo en este caso Urea (46_N-0_P-0_K) y un control absoluto, el cual no llevó ninguna aplicación de fertilizante. La urea se incorporó al suelo y el N-Total se aplicó con bomba de aspersión. En este caso no se utilizó boquilla, ya que la aplicación se localizó al sistema radicular de la planta. Se utilizaron seis repeticiones para estos cuatro tratamientos. Las dosis del N-Total en los diferentes tratamientos se elaboraron según las relaciones con el testigo comercial. Las relaciones fueron las siguientes: 1:5, 1:4 y 1:3.

Cuadro No. 2

Kilogramos de fertilizante por unidad experimental

Tratamiento	Kg. de N/Ha.	Fertilizante (kg /Ha).	Tamaño Unidad Exp. (mts. ²)	Total Unidades Exp. /Tratamiento	Kg. de Fertilizante/Unidad Exp.
T1 (UREA)	146.51	318.5	150	6	4.78
T2	24.82	63.63	150	6	0.95
T3	31.02	79.54	150	6	1.19
T4	41.53	106.5	150	6	1.60

El diseño experimental que se utilizó en la investigación es completamente al azar, con 4 tratamientos, teniendo cada tratamiento seis repeticiones. Las variables de respuesta se evaluarán utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij}= Variable respuesta de las 24 unidades Experimentales.

U= Efecto de la Media General.

T_i= Efecto de iesimo tratamiento..

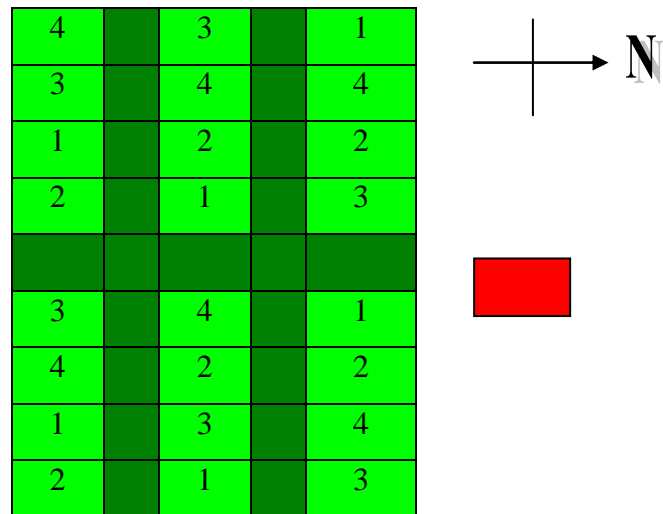
E_{ij}= Efecto del error Experimental.

La variable que se utilizarán como independiente son las concentraciones de los fertilizantes, y las variables dependientes son las lecturas del Clorofilómetro, Nitrógeno foliar, grados Brix, rendimiento de caña en toneladas/hectárea y por último Costos en Campo.

El análisis de los resultados se evaluó a través del programa Windows Excel. Por cada parcela de un tratamiento se evaluaron 13 plantas sanas. Cada tratamiento tiene 6 parcelas. A cada planta se le efectuaron 9 muestreos, tres en cada sector, siendo los sectores la parte baja, media y alta de la planta. De estos 9 muestreos se obtuvo un promedio, representativo de la planta. Los muestreos totales, por todas las parcelas del tratamiento fueron de 702 muestras. Como son cuatro tratamientos aparte del control, se tomaron un total de 2,808 muestras con el Clorofilómetro, teniendo así datos representativos. Se tienen que sumar las 702 muestras que se le efectuaron al control. El total de muestras son de 3,510. A estos valores se le efectuó un Análisis de Varianza, se le hará la prueba de F y la r de Pearson para relacionar los diferentes resultados, como las Dosis, Análisis Foliar, Mediciones del Clorofilómetro, rendimiento y grados Brix.

Gráfico No.5

Parcelas experimentales con los diferentes tratamientos asignados



Nota: cada parcela contiene 10 surcos , sembrados a distanciamiento de 1.5, y cada surco es de 10 metros de largo. Cada Parcela esta dividida por un surco muerto de por medio. A la parcela de control no se le aplicó ningún fertilizante y esta está dividida en 6.

La parcela bruta es la parcela que contiene 10 surcos de 10 metros de largo, sembrados a un distanciamiento de 1.5m. entre surco. El área de la parcela bruta es de 150 mts.². La parcela neta es la cual tiene 8 surcos centrales de 8 metros de largo. Se omiten 2 metros de surco en los extremos. El área de la parcela neta es de 96 mts.².

Para calcular el peso en toneladas por Hectárea de cada tratamiento se hizo a base de muestreos. A continuación se presentan los pasos que se siguieron para obtener este dato:

1. Para obtener el tonelaje por tratamiento, a cada parcela experimental se muestreo el 4,5,6 surco, evitando efecto borde.
2. A cada surco de estos tres se les contó los mamones y cañas molederas, haciendo un promedio.
3. Según la cantidad de mamones y molederos de cada parcela se calculaba el porcentaje mamones por molederos.(1-10)
4. Ya teniendo este dato se pesaban y se sumaban los pesos para luego sacar el peso por tallo.
5. Se sumaban los promedios de mamones y molederos de cada parcela y se dividen entre 30 (cada surco es de 10 metros), obteniendo tallos por metro.
6. A este dato se multiplicaba los metros lineales de la hectárea que son 6,666 metros.
7. Ya teniendo los tallos por hectárea se multiplicaba por el peso por tallo. Este dato se dividía en 2000 (libras en una tonelada Inglesa) libras obteniendo las toneladas por hectárea.
8. Se debe tomar en cuenta que solo se cosecharon 6 repeticiones de los tratamientos, siendo el número representativo.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño experimental que se utilizó en campo fue bloques completamente al azar, en cambio en los análisis de los datos se utilizó el diseño completamente al azar. En los resultados se eliminó el efecto de las repeticiones, ya que estas se agruparon a través de promedios.

Los resultados totales que se obtuvieron de los tratamientos (dosis kg/Ha, concentración de Nitrógeno foliar en porcentaje, peso/peso,(p/p), promedios de mediciones del Clorofilómetro en unidades adimensionales, tonelada inglesa de caña por hectárea y por último el promedio de grados Brix) en las parcelas experimentales fueron los siguientes:

Cuadro No.3

Resultados obtenidos de diferentes mediciones

Tratamientos	Dosis (kg/Ha)	CONC. N (p/p) %	Clorofilómetro	TON/Ha	°Brix
1	318.15	2.2	25.5	164.18	22.25
2	63.63	2.3	26.2	179.41	21.5
3	79.54	1.8	26.55	162.67	21.5
4	106.05	1.8	27.16	153.62	22.5
Control	-----	-----	24.86	161.23	20.1

Nota: Las gráficas se pueden observar en el Anexo, Gráficos.

Las toneladas inglesas por hectárea se obtuvieron a base de muestreos, ya que no se pudo cosechar de la manera convencional, que es la quema. De las 6 repeticiones se tomó un promedio representativo del tratamiento. A continuación se presenta el tratamiento No.1 como ejemplo de los datos que se requieren para obtener las toneladas por hectárea:

Cuadro No.4
Resultados del tratamiento No.1

Promedios		Sumatoria	Total peso	CÁLCULOS			
Ma.	Mo.	Total	Ma-Mo	Peso/Tallo	Tallos/Metro	Tallos/Ha	TON/Ha
61.0	524.0	585.0	34	3.4	19.5	129987	220.98
56.0	333.0	389.0	36	3.6	12.97	86435.8	155.58
60.0	394.0	454.0	29	2.9	15.13	100878.8	146.27
48.0	476.0	524.0	23	2.3	17.47	116432.8	133.9

Se realizó un análisis de varianza para los 4 tratamientos y el control, obteniendo la distribución muestral de F. La distribución muestral de F proporciona todos los posibles valores de F junto con la P(F) de cada uno de ellos al suponer que se realiza, como en este caso, un muestreo aleatorio en la población. Los resultados son los siguientes:

Cuadro No.5
Análisis de varianza

Fuente	SC	GI	S ²	F _{obt}
Entre Grupos (Tratamientos)	42.5	4	10.62	2.97
Dentro de los Grupos (Error Experimental)	214.27	60	3.57	
TOTAL	256.67	64		

Nota: Los resultados en detalle se pueden ver en el anexo, Cuadros.

La prueba de F de Fischer obtenida fue de 2.97, siendo la F crítica con 60 grados de libertad igual a 2.52. Siendo la F obtenida mayor que la crítica se establece que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y en consecuencia hay un efecto de los diferentes tipos de tratamientos de Nitrógeno con los valores del Clorofilómetro obtenidos.

También se efectuaron correlaciones entre los tratamientos de:

Nitrógeno (dosis)-Nitrógeno foliar

Nitrógeno foliar - Clorofilómetro

Nitrógeno (dosis)- Clorofilometro

Nitrógeno foliar - grados Brix

Nitrógeno (dosis) – grados Brix

Clorofilómetro - grados Brix

Clorofilómetro – Ton/Ha

Grados Brix – Ton/Ha

Los valores de correlaciones entre los tratamientos anteriormente descritos son los siguientes:

Cuadro No.6

Valores críticos de la r de Pearson según tratamientos

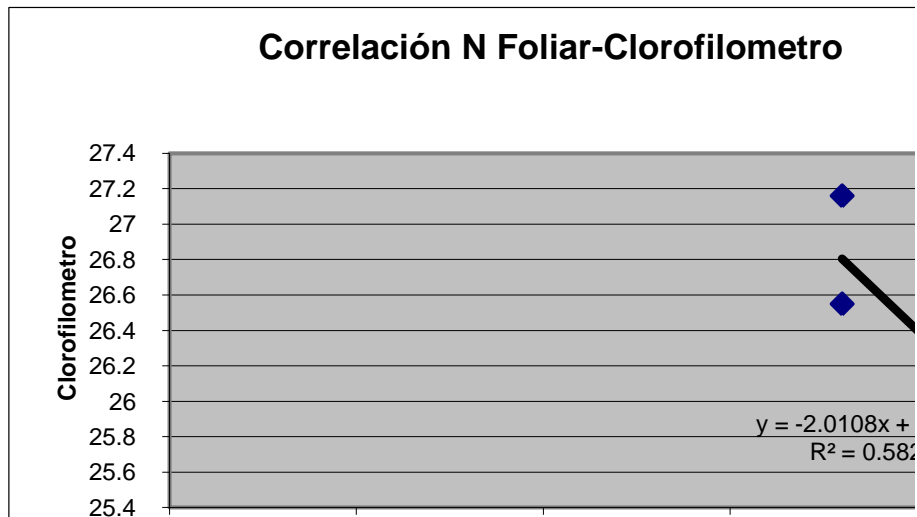
Tratamientos (x-y)	r de Pearson
Nitrógeno (dosis)-Nitrógeno foliar	0.3350
Nitrógeno foliar - Clorofilómetro	-0.76303
Nitrógeno (dosis)- Clorofilometro	-0.7268
Nitrógeno foliar - Grados Brix	-0.2305
Nitrógeno (dosis) – Grados Brix	0.5248
Clorofilómetro - Grados Brix	0.15689
Clorofilómetro – Ton/Ha	-0.50124
° Brix – Ton/Ha	-0.7221

Nota: Las operaciones donde se obtuvieron los siguientes resultados se pueden observar en el anexo, Cuadros.

La r crítica de Pearson a $P = 0.05$, con $gl = 2$ es de 0.9500, la cual me indica que ninguna combinación de los tratamientos presentan diferencias estadísticamente significativas. Se acepta la hipótesis nula, ya que en ninguna de las combinaciones, la r obtenida es mayor que la r crítica. A continuación se presenta la gráfica donde se demuestra que no hay correlación entre las concentraciones de Nitrógeno foliar y las lecturas del Clorofilómetro:

Gráfico No.6

Regresión lineal entre el Nitrógeno Foliar y las medidas del Clorofilómetro



Nota: Para apreciar los demás graficas de las otras correlaciones, ver Anexo

Se puede apreciar que la linea de regresión es negativa, lo cual nos indica que no hay posibilidad que estas dos variables puedan tener correlación.

También, se obtuvieron los valores predictivos bajos, de las relaciones Clorofilómetro-Toneladas/Hectárea y Clorofilómetro - ° Brix. A continuación se demuestran las gráficas de estas relaciones:

Gráfico No.7

Regresión lineal entre las medidas del Clorofilómetro y Toneladas/Hectárea

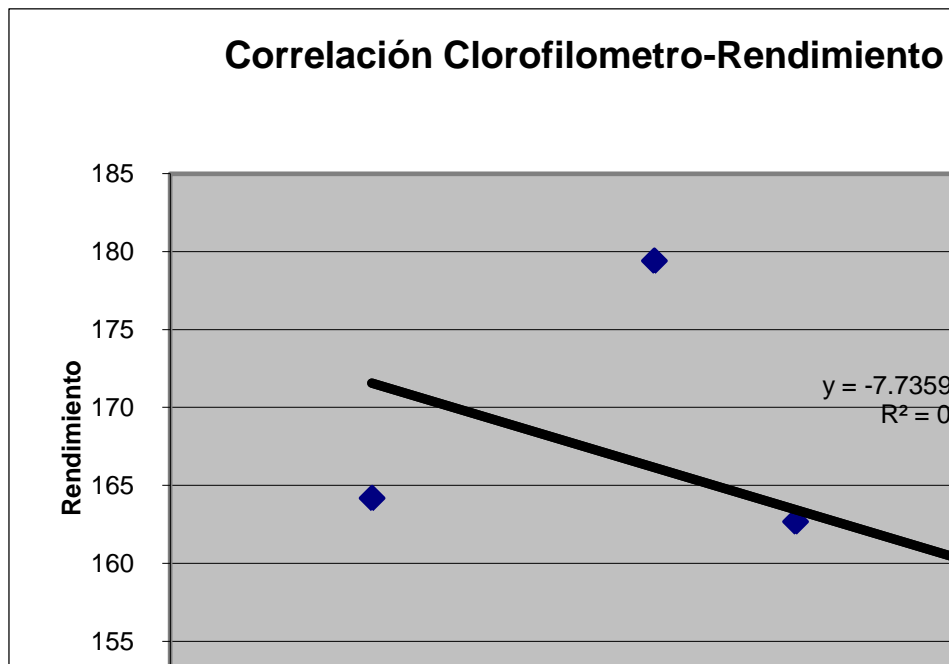
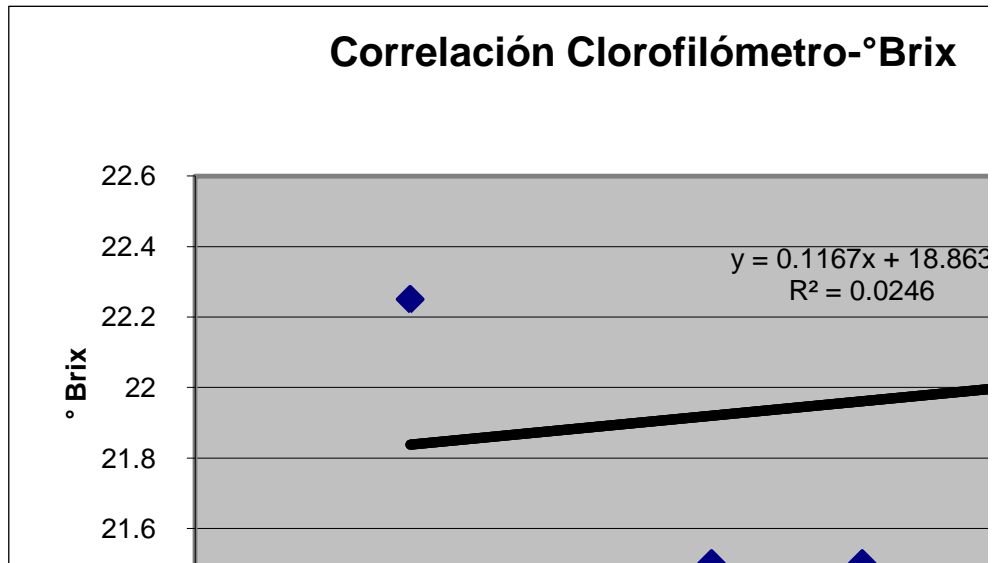


Gráfico No.8

Regresión lineal entre las medidas del Clorofilómetro y ° Brix



Para establecer si entre los tratamientos existen diferencias significativas, se realizó la prueba de diferencia honestamente significativa (DHS) de Tukey. Esta prueba está diseñada para comparar todas las parejas posibles de medias, al mantener en α al error de Tipo 1 para el conjunto completo de comparaciones. El estadístico calculado para esta prueba es Q. Los valores de las combinaciones de tratamientos se describen a continuación:

Cuadro No.7

Valores de Q para las diferentes combinaciones de tratamientos

Combinaciones de tratamientos	Valor Q
T1-T2	1.340635
T1-T3	2.014827
T1-T4	3.163943
T2-T3	0.674192
T2-T4	1.823307
T3-T4	1.149116
C-T1	1.224799
C-T2	2.565435
C-T3	3.239626
C-T4	4.388742

Nota: Para saber cómo se calculó la Q se puede ver en el Anexo, Cuadros.

Con 60 grados de libertad y una $k=2$ la Q crítica es de 2.3. Los tratamientos T1-T4, C-T3, C-T4 tienen diferencias estadísticamente significativas. Ya que la relación Nitrógeno foliar – Clorofilometro no tiene diferencias significativas y ninguna relación, se debe efectuar la relación de beneficio costo de los fertilizantes utilizados en el experimento. Las relaciones de los fertilizantes se describen a continuación:

Cuadro No.8

Relación beneficio-costo de los fertilizantes utilizados en los tratamientos

Fertilizantes	Dosificación (Kg/Ha)	Relación %
Urea (Trat 1)	318.15	42
N-Total (Trat2)	63.63	46
N-Total (Trat3)	79.54	43
N-Total (Trat4)	106.05	39.2

Nota: Los cálculos se pueden apreciar en el Anexo, Gráficos y Cuadros.

Se puede observar que el Tratamiento No.2 es el que tiene una mayor relación beneficio-costo. Esto se debe ya que con ese tratamiento se obtiene más tonelaje y hay menos gastos en los costos, por lo consiguiente es el que más se recomienda para emplear.

X. CONCLUSIONES

1. El análisis de varianza demuestra que los diferentes tipos de tratamiento inducen cambios estadísticamente significativos.
2. No existe una correlación entre las *medidas del Clorofilómetro - rendimiento* y las *medidas del Clorofilómetro - sacarosa*.
3. Las correlaciones encontradas entre los tratamientos de Nitrógeno y las lecturas del Clorofilómetro, las lecturas del Nitrógeno foliar y el Clorofilómetro son relativamente bajas, en consecuencia, el uso del Clorofilómetro para determinar concentración de Nitrógeno foliar tiene un bajo valor predictivo.
4. El tratamiento No.1 donde se aplicó la mayor cantidad de Kg./Ha se obtuvieron las lecturas más bajas del Clorofilómetro y con el tratamiento 2, el cual se aplicó la menor cantidad de Kg./Hectárea, se obtuvo el mayor rendimiento en tonelada/hectárea y la mayor concentración de Nitrógeno foliar.
5. El tratamiento No.4 junto con el tratamiento No.3 se encontró una concentración igual de N foliar, pero además, en el tratamiento 4 se encontraron las lecturas del Clorofilómetro más altas pero el rendimiento en toneladas de caña por hectárea fue el más bajo.(Ver Gráficos, Anexo No.1)
6. El tratamiento No.2 se recomienda para utilizar en el cultivo de la caña de azúcar, ya que tiene la relación beneficio/costo más alta (46%).
7. Únicamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas con sus grupos de medias, en los tratamientos No. 1 y No. 4 y el control con los tratamientos No. 3 y No. 4.
8. La hipótesis nula se acepta.

XI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con este tipo de estudios para establecer mejores dosis de fertilización y fertilizantes en las plantaciones de caña de azúcar.
2. Utilizar el Clorofilómetro y el refractómetro antes de fertilizar, durante la fertilización y previo a la cosecha, para obtener mejores puntos de referencia y una mejor predicción en el rendimiento de azúcar.
3. Determinar siempre la relación beneficio/costo de los diferentes tipos de fertilización para lograr una reducción en los costos y un aumento en las utilidades.
4. Capacitar al personal de los ingenios en el uso del Clorofilómetro y refractómetro (°Brix) para una mejor determinación en los datos y establecer el aprovechamiento por la planta de los fertilizantes.
5. Aumentar el número de plantas a muestrear en cada parcela. (Mínimo 30 plantas)
6. Verificar el contenido de Nitrógeno en los fertilizantes para tener certeza que se está aplicando en las dosis establecidas.
7. Revisar metodologías semejantes del cultivo en otros países.
8. Identificar bien las parcelas en la elaboración del ensayo.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Fauconnier, R., *et al.* 1975. *La Caña de Azúcar, técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Editorial Blume. Barcelona, España, págs. 405.
- 2- Flores, Silverio. 1976. *Manual de Caña de Azúcar*. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, INTECAP. Guatemala, págs. 172.
- 3- Mérida Hernández, Leonel Arnoldo. 2002. *Informe Técnico, Documentación de procedimientos de aplicación de herbicidas y madurantes en caña de Azúcar Saccharum officinarum en el IMSA, La Democracia, Escuintla*. Práctica Profesional Supervisada, Universidad de San Carlos de Guatemala. Quetzaltenango, Guatemala, págs. 56.
- 4- Pagano, Robert. 1999. *Estadística para las Ciencias del Comportamiento*. International Thomson Editores S.A. de C.V.. Quinta Edición, México, págs. 549.
- 5- Van Holde, Mathews. 1990. *Biochemistry*. The Benjamín/Cummings Publishing Company, Inc. Estados Unidos de América, págs. 1128.
- 6- Direcciones visitadas en Internet:
<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm>
<http://www.magromail.net>
<http://www.revistaelproductor.com>
<http://www.perafan.com>
<http://www.geocities.com/ohcop/lect11.html>
http://ceres.agro.unlp.edu.ar/revista/PDF/agro103_44.pdf
http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/agricultura/maiz/AG_000012mz.htm
<http://www.ppifar.org/>
<http://www.fertilizar.org/>
<http://www.oas.org/>

XIII. ANEXO

A. Cuadros

Nota: En hoja adjunta se puede observar el Cronograma de Actividades

1. Análisis de Varianza. Los datos a continuación pertenecen a las medidas clorofilométricas. Los datos son un promedio de las plantas que se analizaron en cada parcela. Se evaluaban 13 plantas en cada parcela, es por eso que n=13.

Cuadro A-1

Mediciones Clorofilométricas de los 5 tratamientos y su análisis de varianza

Control	X2	Trat No.1	X2	Trat No.2	X2	Trat No.3	X2	Trat No.4	X2
28.36	804.29	21.95	481.681	26.02	677.108	24.52	601.339	24.33	591.976
26.57	705.965	24.87	618.627	28.32	802.043	23.65	559.191	30.74	945.05
25.36	643.13	27.48	754.876	26.86	721.32	24.88	619.042	26.07	679.471
24.12	581.774	27.25	742.714	27.99	783.171	29.36	862.238	29.61	876.818
24.78	614.048	25.05	627.642	29.38	863.054	27.69	766.521	28.60	817.96
24.23	587.093	24.97	623.612	23.99	575.689	26.69	712.593	25.57	653.796
25.68	659.462	28.26	798.847	23.44	549.338	25.88	669.516	25.40	645.16
24.56	603.194	25.16	632.802	22.85	522.249	25.22	636.16	27.43	752.588
22.36	499.97	24.59	604.477	24.33	591.841	26.86	721.37	26.11	681.79
24.12	581.774	27.06	732.454	24.60	605.023	29.39	863.87	27.46	754.113
24.71	610.584	25.46	648.127	24.65	607.486	26.01	676.578	25.91	671.242
23.45	549.903	25.99	675.278	30.22	913.383	27.08	733.056	26.30	691.544
24.89	619.512	23.45	549.772	28.03	785.401	28.03	785.712	29.56	873.531
PROMEDIOS									
24.860	620.054	25.502	653.14	26.20	692.085	26.558	708.245	27.160	741.157
SUMATORIAS									
323.19	8060.70	331.53	8490.91	340.67	8997.11	345.26	9207.19	353.09	9635.04

Suma Total X	1693.73
Suma Total X2	44390.94

Promedio XG = (la gran media) media general de todos los datos.

$$XG = \frac{\sum X}{N}$$

$$\frac{1693.73}{65} = 26.05$$

Cálculo de F_{obt}

Paso No.1. Cálculo de la suma de cuadrados entre grupos SC_B (Tratamientos)

$$SC_B = \left[\frac{(\sum X_1)^2}{N} + \frac{(\sum X_2)^2}{N} + \frac{(\sum X_3)^2}{N} + \dots + \frac{(\sum X_k)^2}{N} \right] - \frac{(\sum X)^2}{N}$$

$$SC_B = \left[\frac{(323.19)^2}{13} + \frac{(331.53)^2}{13} + \frac{(340.67)^2}{13} + \frac{(345.26)^2}{13} + \frac{(353.09)^2}{13} \right] - \frac{(1693.73)^2}{65} = 42.5$$

Paso No.2 Cálculo de la suma de cuadrados dentro de los grupos SC_w (Error experimental)

$$SC_w = \sum_{\substack{\text{Todos} \\ \text{Los} \\ \text{Datos}}} X^2 - \left[\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \frac{(\sum X_3)^2}{n_3} + \dots + \frac{(\sum X_k)^2}{n_k} \right]$$

$$SC_w = 44,390.94 - \left[\frac{(323.19)^2}{13} + \frac{(331.53)^2}{13} + \frac{(340.67)^2}{13} + \frac{(345.26)^2}{13} + \frac{(353.09)^2}{13} \right] = 214.27$$

Paso No. 3 Cálculo de la Suma de Cuadrados, SC_t (Total)

$$SC_t = \sum_{\substack{\text{Todos} \\ \text{Los} \\ \text{Datos}}} X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}$$

$$SC_t = SC_w + SC_B$$

$$SC_t = 44,390.94 - \frac{(1693.73)^2}{65} = 256.67$$

$$= 42.5 + 214.27 = 256.67$$

Paso No. 4 Cálculo de los grados de libertad para cada estimación

$$gl_B = k - 1 = 5 - 1 = 4 \text{ (Numerador)}$$

$$gl_w = N - k = 65 - 5 = 60 \text{ (Denominador)}$$

$$gl_t = N - 1 = 65 - 1 = 64$$

Paso No. 5 Cálculo de la estimación de la varianza entre grupos, S_B²

$$S_B^2 = \frac{SC_B}{gl_B}$$

$$S_B^2 = \frac{42.5}{4} = 10.62 \text{ (NUMERADOR)}$$

Paso No. 6 Cálculo de la estimación de la varianza dentro de los grupos, S_w²

$$S_w^2 = \frac{SC_w}{gl_w}$$

$$S_w^2 = \frac{214.27}{60} = 3.57 \text{ (DENOMINADOR)}$$

Paso No.7 Cálculo de la F_{obt}

$$F_{obt} = \frac{S_B^2}{S_w^2}$$

$$F_{obt} = \frac{10.62}{3.57} = 2.97$$

$$F_{crit} = 2.52$$

2.97 es mayor que 2.52, por lo consiguiente si hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos

2. r de Pearson

Para calcular la r de Pearson se utiliza la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\Sigma XY - \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y)}{N}}{\sqrt{\left[\frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N}\right] \left[\frac{\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{N}}{N}\right]}}$$

Cuadro A-2

Nitrógeno (dosis)-Nitrógeno foliar

Dosis(x)	N foliar (y)	x2	y2	Xy
318.15	2.2	101219.4	4.84	699.93
63.63	2.3	4048.777	5.29	146.349
79.54	1.8	6326.612	3.24	143.172
106.05	1.8	11246.6	3.24	190.89
567.37	8.1	122841.4	16.61	1180.341

$$r = \frac{1180.341 - \frac{(567.37)(8.1)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{122841.4 - \frac{(567.37)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{16.61 - \frac{(8.1)^2}{4}}{4}\right]}} = 0.3350$$

Cuadro A-3

Nitrógeno foliar - Clorofilómetro

N foliar (x)	Clorofilómetro(y)	x2	y2	Xy
2.2	25.5	4.84	650.25	56.1
2.3	26.2	5.29	686.44	60.26
1.8	26.55	3.24	704.9025	47.79
1.8	27.16	3.24	737.6656	48.888
8.1	105.41	16.61	2779.258	213.038

$$r = \frac{213.038 - \frac{(8.1)(105.41)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{16.61 - \frac{(8.1)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{2779.258 - \frac{(105.41)^2}{4}}{4}\right]}} = -0.76303$$

Cuadro A-4

Nitrógeno (dosis)- Clorofilómetro

Dosis(x)	Clorofilómetro (y)	x2	y2	Xy
318.15	25.5	101219.4	650.25	8112.825
63.63	26.2	4048.777	686.44	1667.106
79.54	26.55	6326.612	704.9025	2111.787
106.05	27.16	11246.6	737.6656	2880.318
567.37	105.41	122841.4	2779.258	14772.04

$$r = \frac{14772.04 - \frac{(567.37)(105.41)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{122841.4 - \frac{(567.37)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{2779.25 - \frac{(105.41)^2}{4}}{4}\right]}} = -0.72681$$

Cuadro A-5
Nitrógeno foliar - Grados Brix

N- foliar (x)	° Brix (y)	x2	y2	Xy
2.2	22.25	4.84	495.0625	48.95
2.3	21.5	5.29	462.25	49.45
1.8	21.5	3.24	462.25	38.7
1.8	22.5	3.24	506.25	40.5
8.1	87.75	16.61	1925.813	177.6

$$r = \frac{177.6 - \frac{(8.1)(87.75)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{16.61 - \frac{(8.1)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{1925.81 - \frac{(87.75)^2}{4}}{4}\right]}} = -0.23055$$

Cuadro A-6
Nitrógeno (dosis) – Grados Brix

Dosis (x)	° Brix (y)	x2	y2	Xy
318.15	22.25	101219.4	495.0625	7078.838
63.63	21.5	4048.777	462.25	1368.045
79.54	21.5	6326.612	462.25	1710.11
106.05	22.5	11246.6	506.25	2386.125
567.37	87.75	122841.4	1925.813	12543.12

$$r = \frac{\Sigma 12543.12 - \frac{(567.37)(87.75)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{122841.4 - \frac{(567.37)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{1925.813 - \frac{(87.75)^2}{4}}{4}\right]}} = 0.5248$$

Cuadro A-7
Mediciones Clorofilómetro – Grados Brix

Clorofilómetro (x)	° Brix (y)	x2	y2	Xy
25.5	22.25	650.25	495.0625	567.375
26.2	21.5	686.44	462.25	563.3
26.55	21.5	704.9025	462.25	570.825
27.16	22.5	737.6656	506.25	611.1
105.41	87.75	2779.258	1925.813	2312.6

$$r = \frac{\Sigma 2312.6 - \frac{(105.41)(87.75)}{4}}{\sqrt{\left[\frac{2779.25 - \frac{(105.41)^2}{4}}{4}\right] \left[\frac{1925.81 - \frac{(87.75)^2}{4}}{4}\right]}} = 0.1568$$

Cuadro A-8
Mediciones Clorofilómetro – Rendimiento (TonI/Ha)

Clorofilómetro (x)	Tonelaje (y)	x2	y2	Xy
25.5	164.18	650.25	26955.07	4186.59
26.2	179.41	686.44	32187.95	4700.542
26.55	162.67	704.9025	26461.53	4318.889
27.16	153.62	737.6656	23599.1	4172.319
105.41	659.88	2779.258	109203.7	17378.34

$$r = \frac{\Sigma 17378.34 - (105.41)(659.88)}{4} = -0.5012$$

$$\sqrt{\frac{[2779.25 - \frac{(105.41)^2}{4}]}{4} \frac{[109203.7 - \frac{(659.88)^2}{4}]}{4}}$$

Cuadro A-9
Grados Brix – Rendimiento (TonI/Ha)

° Brix (x)	Tonelaje (y)	x2	y2	Xy
22.25	164.18	495.0625	26955.07	3653.005
21.5	179.41	462.25	32187.95	3857.315
21.5	162.67	462.25	26461.53	3497.405
22.5	153.62	506.25	23599.1	3456.45
87.75	659.88	1925.813	109203.7	14464.18

$$r = \frac{\Sigma 14464.18 - (87.75)(659.88)}{4} = -0.7221$$

$$\sqrt{\frac{[1925.81 - \frac{(87.75)^2}{4}]}{4} \frac{[109203.7 - \frac{(659.88)^2}{4}]}{4}}$$

3. Prueba de diferencia honestamente significativa (DHS) de Tukey

Se define mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{obt} = \frac{X_i - X_j}{\sqrt{S_w^2/n}}$$

Cuadro A-10
Promedios de las mediciones Clorofilométricas
de las 13 plantas de cada tratamiento

Control	Trat No.1	Trat No.2	Trat No.3	Trat No.4
24.86077	25.50256	26.205057	26.5583333	27.16047

Se obtuvieron los datos de las parejas entre tratamientos de la siguiente manera:

$$T1-T2 \quad \frac{26.205057 - 25.50256}{0.5240} = 1.34$$

T1-T3	$\frac{26.5583 - 25.50256}{0.5240} = 2.0148$
T1-T4	$\frac{27.1604 - 25.50256}{0.5240} = \mathbf{3.1639}$
T2-T3	$\frac{26.205057 - 26.5583}{0.5240} = 0.6741$
T2-T4	$\frac{27.1604 - 26.2050}{0.5240} = 1.8233$
T3-T4	$\frac{27.1604 - 26.5583}{0.5240} = 1.1491$
C-T1	$\frac{25.5025 - 24.8607}{0.5240} = 1.2247$
C-T2	$\frac{26.2050 - 24.8607}{0.5240} = 2.5654$
C-T3	$\frac{26.5583 - 24.8607}{0.5240} = \mathbf{3.2396}$
C-T4	$\frac{27.1604 - 24.8607}{0.5240} = \mathbf{4.3887}$

4. Relación beneficio/costo. Para el cálculo de la relación, se calcularon los costos del CAT (Corte, Alce y Transporte) y el costo de Fertilización, que es el que nos interesa. El CAT se calculó conforme el área en donde está ubicado el ensayo. A los datos obtenidos se le tiene que incluir otros pequeños gastos, pero en este caso, no se tomaron en cuenta (Por Ejemplo, madurantes, limpia de malezas, limpia de rondas, control de plagas y enfermedades, etc). Los datos se calcularon de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Dinero por Hectárea según el tonelaje (Q/Ha)} * 100}{(\Sigma \text{Costos CAT y Fertilización})} = \text{Relación}$$

Tratamiento No.1

$$\frac{\mathbf{Q11,492.6}}{\mathbf{Q 8,056.96}} * 100 = \mathbf{42.6\%}$$

Tratamiento No.2

$$\frac{\mathbf{Q12,558.7}}{\mathbf{Q 8,570.65}} * 100 = \mathbf{46.53\%}$$

Tratamiento No.3

$$\frac{\mathbf{Q11,386.90}}{\mathbf{Q 7,933.55}} * 100 = \mathbf{43.52\%}$$

Tratamiento No.4

$$\frac{Q_{10,753.4}}{Q_{7,722.18}} \times 100 = 39.2\%$$

B. Gráficos

Gráfico A-1
Toneladas por hectárea de cada tratamiento

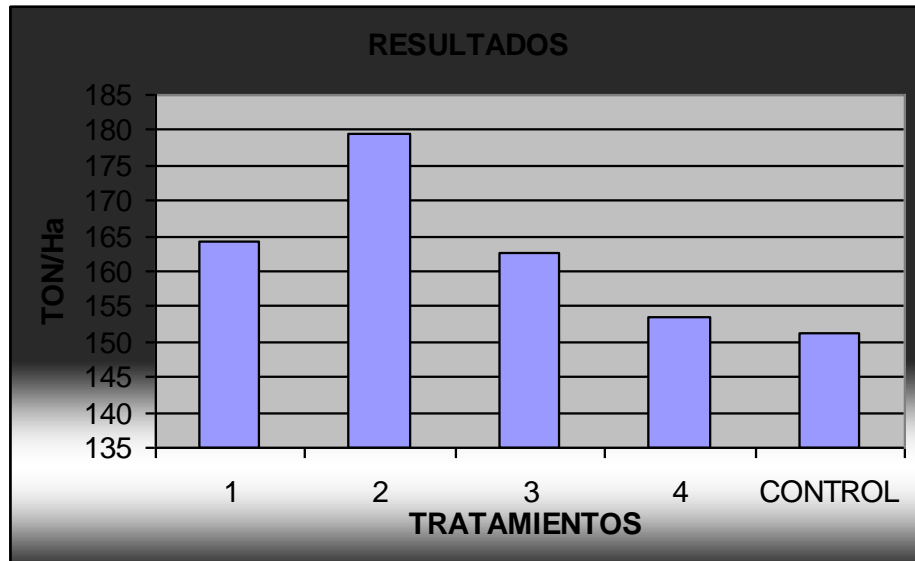


Gráfico A-2
Mediciones Clorofilométricas de cada tratamiento



Gráfico A-3
Análisis foliar de cada tratamiento



Gráfico A-4
Grados Brix de cada tratamiento



Gráfico A-5
Ganancia y costos para obtener la relación Beneficio-Costo

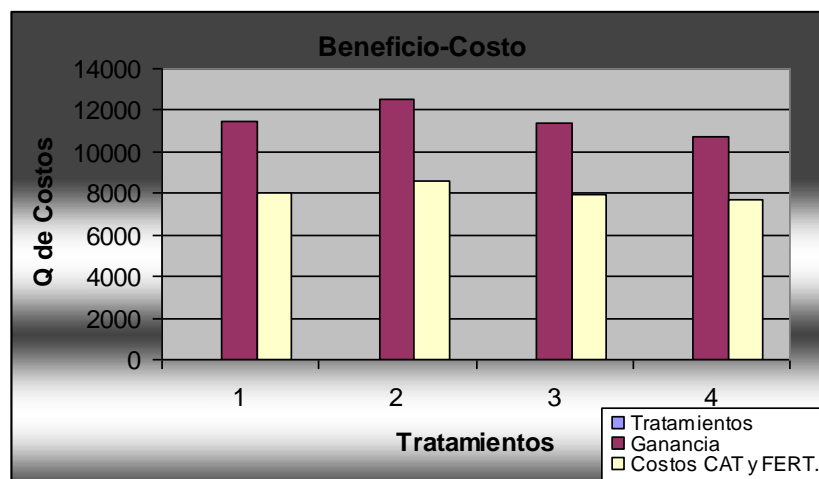


Gráfico A-6

Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y las medidas del Clorofilómetro

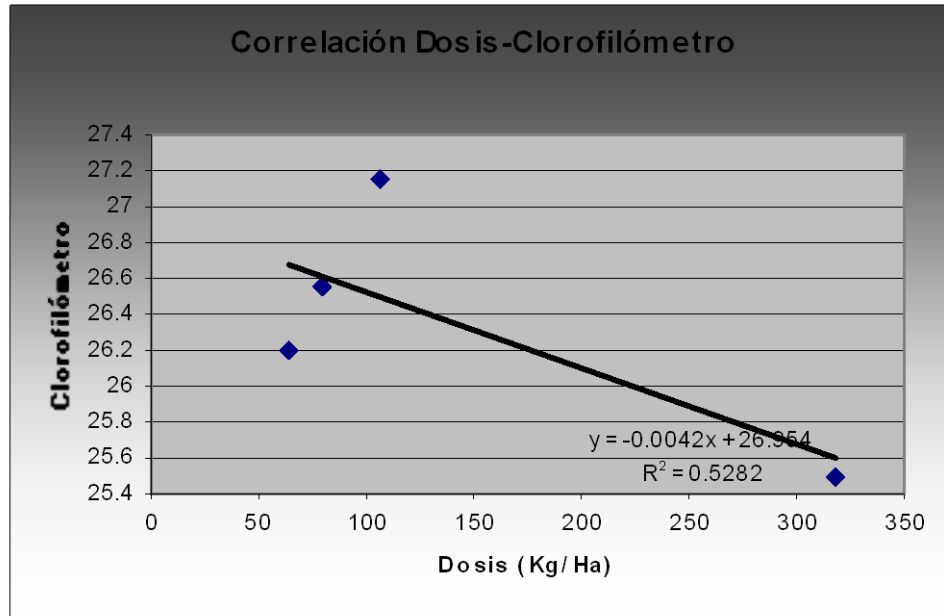


Gráfico A-7

Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y el Nitrógeno foliar

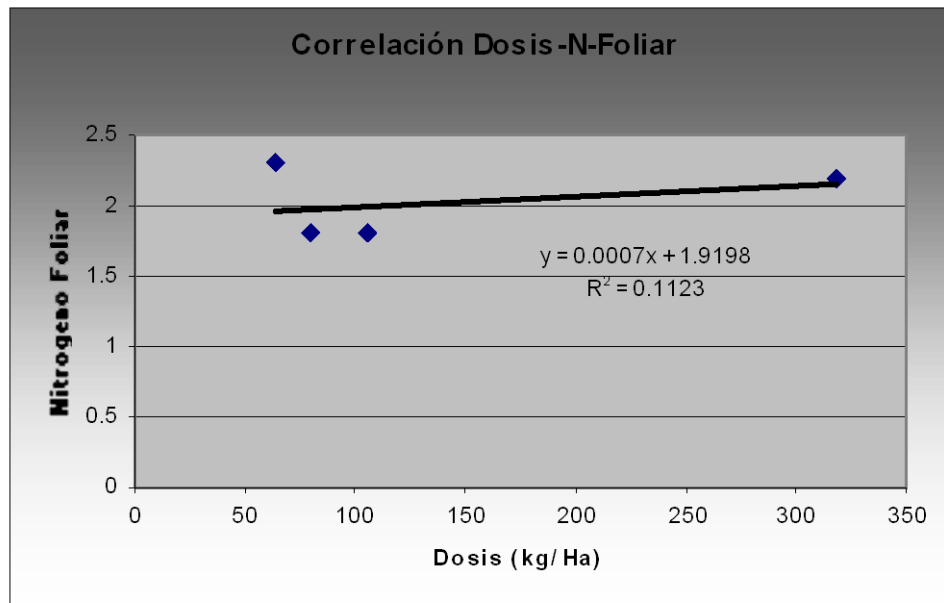


Gráfico A-8
Correlación entre el Nitrógeno Foliar y los Grados Brix

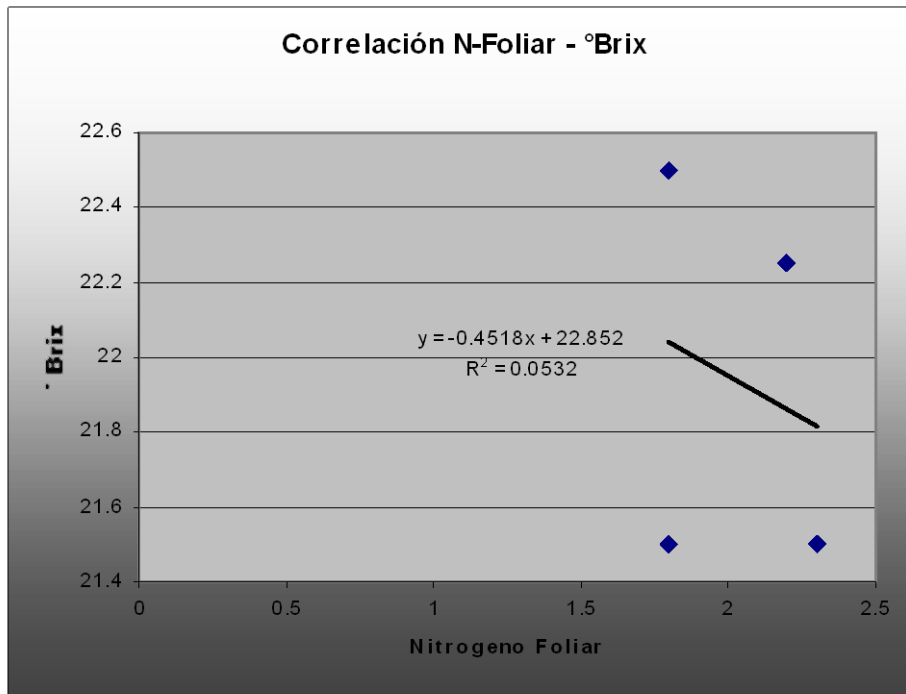


Gráfico A-9
Correlación entre los tratamientos de Nitrógeno y los Grados Brix

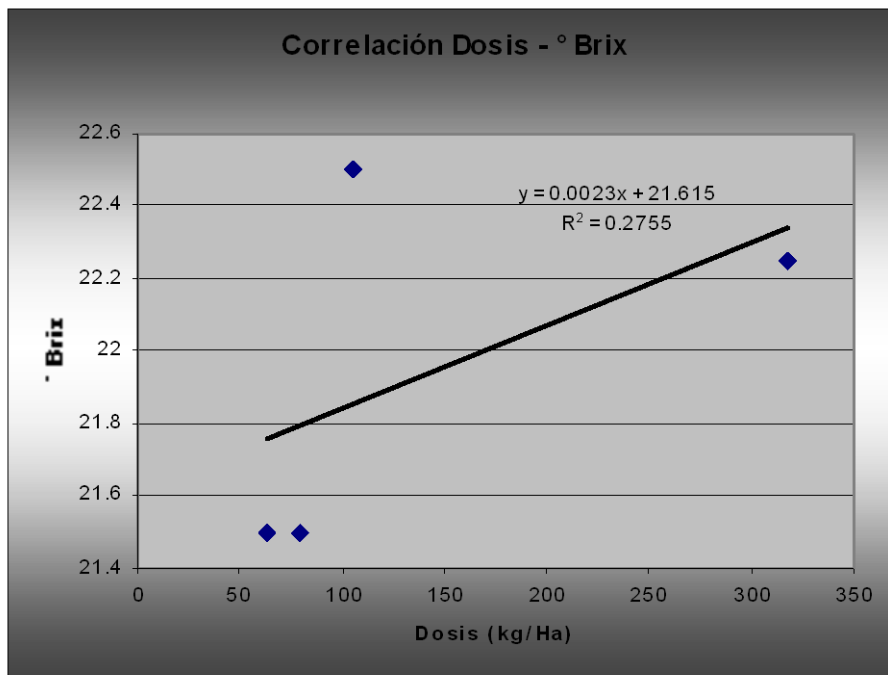


Gráfico A-10

Correlación entre las medidas del Clorofilómetro y el rendimiento

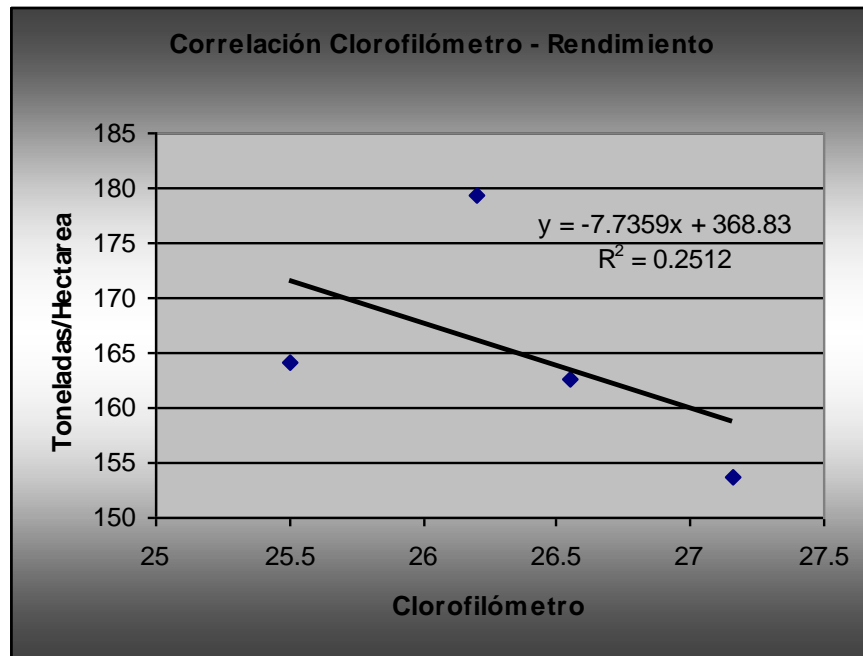


Gráfico A-11

Correlación entre los grados Brix y el rendimiento

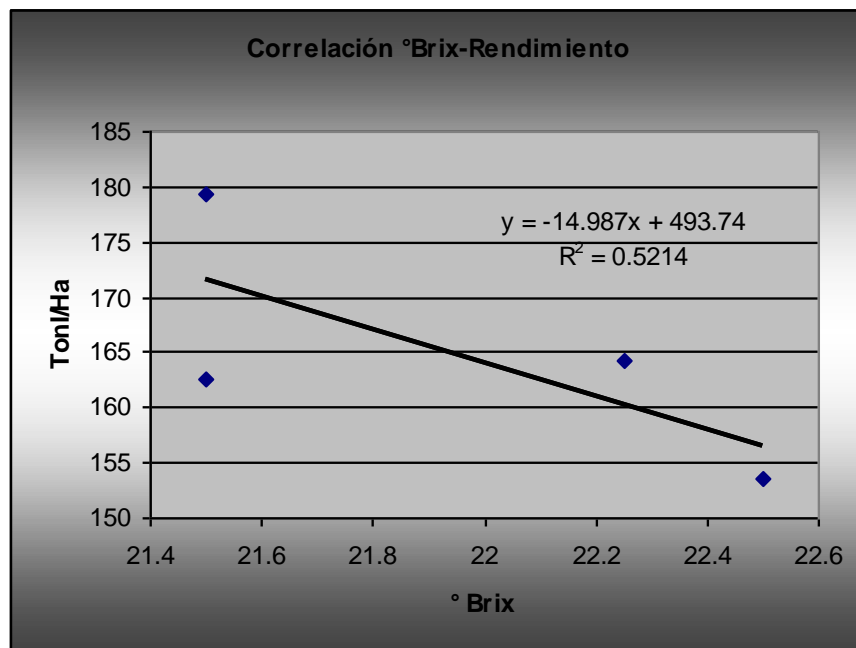
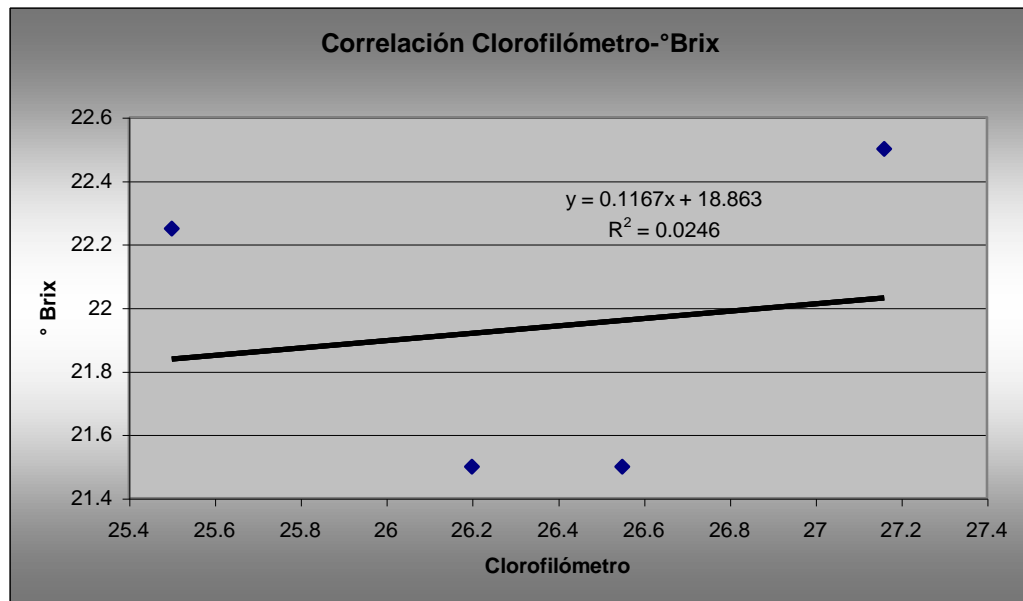


Gráfico A-12
Correlación entre las medidas del Clorofilómetro y los grados Brix



C. Fotografías tomadas en los diferentes muestreos

1. Segundo Muestreo



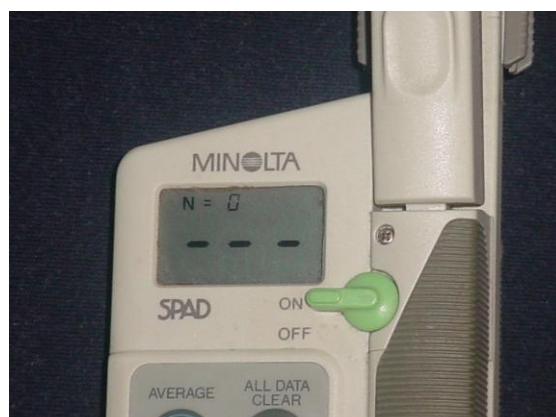


2. Tercer Muestreo, cosecha de la caña de azúcar.





3. Clorofilómetro Minolta Spad 502



D. Plano de la Finca San Francisco (Lote 1420402)
(Nota: Ver plano adjunto)

E. Boletas de Campo Utilizadas
(Nota: ver hojas adjuntas)