

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA EN CAÑA DE AZÚCAR
(SACCHARUM OFFICINARUM L.) A LA FERTILIZACIÓN CON
DOS FUENTES NITROGENADAS, EN DOS ÉPOCAS Y DOS
FORMAS DE APLICACIÓN.

T E S I S

PRESENTADA ANTE LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
POR

CARLOS FERNANDO ESTRADA CASTILLO

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 1968

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Ing. Agr. René Castañeda Paz
Vocal 1o.	Ing. Agr. Mario A. Martínez G.
Vocal 2o.	Ing. Agr. Antonio A. Sandoval
Vocal 3o.	Lic. Fernando Tirado Barros
Vocal 4o.	Br. Hugo Font Quezada
Vocal 5o.	Br. Francisco Vallejo
Secretario	Ing. Agr. Fernando Luna O.

Tribunal que practicó el Examen General Privado

Decano	Ing. Agr. Eduardo D. Goyzueta
Examinador	Ing. Agr. Mario A. Martínez G.
Examinador	Ing. Agr. Edgar L. Ibarra A.
Examinador	Ing. Agr. Fernando Luna O.
Secretario	Ing. Agr. Carlos G. Aldana.

PRESENTACION

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Al tenor de lo prescrito por los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el alto honor de presentar ante vuestro ilustrado criterio, el trabajo de Tesis intitulado:

"EVALUACION DE LA RESPUESTA EN CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum officinarum* L.) A LA FERTILIZACION CON DOS
FUENTES NITROGENADAS, EN DOS EPOCAS Y DOS FORMAS DE APLICACION".

Al presentároslo como requisito previo para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRONOMO, en el Grado Académico de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS, confío en que merecerá vuestra aprobación.

Reiterándoos las muestras de mi más alta consideración y estima, me es grato suscribirme como vuestro servidor,

Carlos Fernando Estrada Castillo.

NOTA DE ACLARACION

Los trabajos experimentales llevados a cabo por el suscrito fueron dos: Uno de ellos denominado Ft. C.F. 5-65 "INVESTIGACION PRELIMINAR DE LA INFLUENCIA DEL AZUFRE EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR, CON DIVERSAS FUENTES NITROGENADAS" se llevó a cabo en la finca "Rancho María", Escuintla.

Este ensayo fué conducido hasta el final, pero por los vientos huracanados que azotaron la región y devastaron casi en su totalidad el cañal bajo tratamiento, ofreció datos no confiables para someterlos al respectivo análisis estadístico, por lo que no se incluye en el presente trabajo de Tesis, el cual se concretará al otro ensayo denominado "EVALUACION DE LA RESPUESTA EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) A LA FERTILIZACION CON DOS FUENTES NITROGENADAS, EN DOS EPOCAS Y DOS FORMAS DE APLICACION".

Carlos Fernando Estrada Castillo

RECONOCIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento al Departamento de Investigaciones Agrícolas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cuyos personeros Ingenieros Agrónomos Edgar Lionel Ibarra Arriola, Julio Aníbal Palencia Ortiz y el Asesor Ing. Agr. Mario Adolfo Martínez Gutiérrez, Director del citado Departamento, hicieron posible la realización del presente trabajo, con su dedicación, entusiasmo y acertada dirección técnica.

Al entonces Decano de la Facultad de Agronomía Ing. Agr. Eduardo D. Goyzueta V., por la amplia colaboración prestada para tal fin.

A la Compañía "Esso Central América" por el subsidio proporcionado para la ejecución de este proyecto.

Al propietario, Administrador, mayordomos, caporales y demás personal de campo de la finca "Rancho María", Escuintla, en cuyos terrenos se desarrolló esta Tesis.

A la firma "El Salto" S.A., por facilitar su Laboratorio de Análisis Químico y al personal técnico del mismo por su alto espíritu de colaboración.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. René Castañeda Paz
Ciudad Universitaria

Señor Decano:

Atentamente me permito informarle que he asesorado al
Br. Carlos Fernando Estrada Castillo, en la elaboración de su Tesis
de Grado para optar el Título de INGENIERO AGRONOMO.

Dicho trabajo intitulado "Evaluación de la Respuesta
en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a la fertilización, con
dos fuentes nitrogenadas, en dos épocas y dos formas de aplicación"
llena ampliamente los requisitos para ser aceptada como Tesis de Gra-
do, y constituye una efectiva aportación a la experimentación agrícola
de nuestro medio.

Respetuosamente.

Ing. Agr. Mario A. Martínez G.

DEDICO ESTE ACTO

A l recuerdo de mis Abuelos

José María Castillo Sáenz
Trinidad R. de Castillo S.

A la Sacrosanta Memoria de mi Madre

María del Carmen Castillo Recacochea

A mi Esposa

Ada Monzón de Estrada Castillo

A mi Hijo

Héctor Fernando Estrada Monzón

A mis Compañeros de Promoción

A mis Amigos y Compañeros de Trabajo

A la Facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos

A Quezaltenango, mi tierra natal

A mi Patria GUATEMALA

DEDICO ESTA TESIS

A los Ingenieros Agrónomos

Arturo Aguirre Escobar

Efraín Bran Muzunga

Jorge Benítez Coronado

Eduardo D. Goyzueta V.

Edgar Lionel Ibarra A.

Mario A. Martínez G.

Héctor E. Murga Guerra

Mario Molina Liardén

J. Aníbal Palencia O.

Leopoldo R. Sandoval V.

A los Agricultores Guatemaltecos en general.

C O N T E N I D O

Presentación	
Reconocimiento	
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
MATERIAL Y METODOS	12
Localización	12
Material experimental	12
Metodología Estadística	13
RESULTADOS EXPERIMENTALES	14
DISCUSION DE RESULTADOS	17
CONCLUSIONES	21
RECOMENDACIONES	21
RESUMEN	22
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION

El azúcar constituye un importante renglón de la economía nacional, por el lugar que inmediatamente después del café y el algodón, ocupa como producto de exportación. Señalada así su significancia, es conveniente mediante trabajos de investigación como el presente, obtener de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) condiciones que aunen los factores óptimos de alto rendimiento en sacarosa y máximo tonelaje por unidad de superficie cultivada. Para obtener tales resultados, en nuestro medio, donde la investigación en relación a caña de azúcar ha sido muy escasa, es necesario efectuar ensayos en lugares que ecológicamente, representen gran parte de la zona cañera, para rendir al final, resultados confiables, provenientes de una ordenada aplicación del método científico al cultivo bajo tratamiento, y que puedan ser utilizados en gran mayoría por los agricultores interesados.

El logro de materia prima con alto contenido de sacarosa y que acompañe a ello un alto tonelaje, son los factores ideales cuya consecución tratan de obtener los trabajos experimentales, para adecuar la inversión con la utilidad, en lo que al agricultor toca, y armonizar asimismo, la demanda mundial de azúcar con una adecuada producción de materia prima, conteniendo los factores ideales citados con anterioridad. Señalados los objetivos fundamentales del trabajo investigativo, cabe agregar que su cultivo, procesamiento e industrialización constituyen fuentes de trabajo para la mano de obra guatemalteca, debiendo existir preocupación para que tal rubro la-

boral, si no se impulsa para que vaya en aumento, por lo menos debe re-
mozarse mediante las nuevas técnicas derivadas de la investigación para
que mantenga su status, aún afrontando valladares originados de los con-
venios internacionales, de los cuales Guatemala es signataria. Al tratar
de obtener óptimas cosechas en lo concerniente al cultivo de la caña de
azúcar, debemos encauzar nuestros pasos, en pos de un adecuado mante-
nimiento de nutrientes dentro del substrato donde se desarrolla la vida
vegetal generada natural o artificialmente; es precisamente la fertilidad
del suelo la que debe preservarse a toda costa, ya que el incremento de
la producción incide lógicamente, en una mayor absorción de nutrientes
contenidos en la solución del suelo. En el caso específico que nos
ocupa, si bien es cierto que a través de las lluvias y tormentas atmos-
féricas, a más de las bacterias nitrificantes, el suelo arable absorbe grandes
cantidades de Nitrógeno, también lo es que las prácticas culturales dadas
por la mano del hombre a los cultivos implican un mayor aprovechamiento
de nutrientes, lo que trae como lógica consecuencia la necesidad de que
la misma mano del hombre, coadyuve mediante adecuadas prácticas de
fertilización o abonamiento, a mantener la fertilidad del suelo, para que
la respuesta del mismo a través de las cosechas sea altamente satisfac-
toria. Al incrementar o mantener la fertilidad del suelo, debe también pen-
sarse en que a más de los beneficios económicos que representa tanto
para el agricultor como para el país en general, se está contribuyendo
de manera directa a preservar la riqueza natural de algo tan importante

que como el suelo arable, ha de ser vital para el desarrollo de generaciones futuras, por el grande incremento de población que las mismas contemplan.

Existe el convencimiento de que con la ejecución del presente trabajo experimental, se ha dado un paso muy firme dentro de la concatenación de escaños científicos a recorrer, a efecto de que los beneficios de la investigación sean palpables y concretos dentro del cultivo, procesamiento e industrialización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) El trabajo de investigador agrícola, en un país como el nuestro, tiene vastas proyecciones y una amplia repercusión, así dicho, sea pues esta tesis profesional Universitaria, una contribución al desarrollo de las Ciencias Agrícolas y una obra de orientación para la agricultura, bastión de nuestra economía y simiente de nuestra nacionalidad.

REVISION DE LITERATURA

En cualquier lugar del globo, la fertilidad natural del suelo es considerada como un fenómeno muy singular de características especiales, ya que cada tipo de suelo contiene con limitaciones, cantidades variables de elementos nutritivos, necesarios para el mejor rendimiento de los cultivos (1). Estos aunados a la lixiviación y a la erosión extraen grandes cantidades de nutrientes de la solución de suelo, haciendo que algunos cultivos, sean considerados rentables, únicamente dentro de un corto período de tiempo, tal como acontece con las denominadas "cañas de soca"; de donde se establece la perentoria necesidad de reincorporar al suelo los nutrientes que a través de cosechas, lixiviación y erosión, le han sido extraídos. (19)

Si la necesidad nutritiva de las plantas es satisfecha mediante fertilización con Nitrógeno, adecuando ésta a la aplicación de fósforo y potasio y que responda a las exigencias del cultivo, puede entonces aquella, considerarse efectiva (6) teniendo especial cuidado de no sobrepasar la dosis, para evitar en primer término la "quema" de la planta y seguidamente eliminar el riesgo de que la misma "se vaya en vicio" como se denomina corrientemente el excesivo crecimiento en follaje del cultivo bajo tratamiento.

Partiendo de la premisa que el contenido de elementos nutritivos, en estado asimilable, dentro de la solución de suelo, constituye el factor determinante de la producción, pueden utilizarse para determinado cultivo,

resultados obtenidos en otros ensayos experimentales, haciendo la salvedad de que sus requerimientos de nutrientes son completamente variables, del uno al otro. Por lo antes expuesto cabe señalar que en un cultivo como el maíz (*Zea mays*) se han efectuado ensayos de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, en la costa del Pacífico, que en gran parte constituye la zona cañera nacional y en ésta, al igual que en otros cultivos anuales, se ha obtenido respuesta favorable únicamente a la aplicación del elemento Nitrógeno (10).

Para mantener en estado remunerativo los cañales de soca y producir en general un rendimiento mucho mayor en ellos, que el observado en cañales de plantilla, en Waialaa, Hawái (5) se ha producido en 4 años un incremento del 41% en lo que al uso del nitrógeno respecta, y un 288% en la utilización de potasio, de tal manera que en la actualidad los promedios de fertilización de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea son los siguientes:

N-----330 Kg./Ha

P-----168 "

K-----350 "

Con relación a lo anterior no debe pasarse por alto el tipo de suelo y la posible interacción de otros elementos dentro de la solución del mismo.

Es proverbial la riqueza del Potasio en la zona cañera de los Estados Unidos Mexicanos, así como también lo es su pobreza en Nitrógeno y sus ligeras deficiencias de fósforo (2). Dichos elementos fósforo y pota-

sio si no van acompañados del nitrógeno raramente dan respuesta. Sin embargo en Cuba (4) la interacción del Nitrógeno y del potasio se ha manifestado satisfactoriamente con aplicaciones de Nitrato potásico (15-0-10) a razón de 400 kg/ha., siendo en esa proporción como ha dado una mayor rentabilidad. Cuando la aplicación del elemento nitrógeno ha sido baja, el potasio -según se demostró en Perú (15) - no ha tenido incidencia alguna en el rendimiento, pero todo lo contrario ha sucedido cuando las aplicaciones de Nitrógeno han estado contenidas en medias y altas dosis.

La acción del fósforo se manifiesta muy débilmente, aún cuando la interacción del nitrógeno y potasio sea significativa, tal como acontece en suelos pobres con altas dosis de nitrógeno, específicamente en Puerto Rico (16) y otras partes del globo (17).

La variabilidad del suelo debe ser controlada a través de un adecuado diseño experimental, ya que por esa falta de previsión, Reyes (12) informa que en México, en ensayo de diferentes fuentes nitrogenadas, a saber: Sulfato de amonio, Aquamonio y amoníaco aplicados a razón de 100 Kg/ha., de caña cultivada, no se observó diferencia significativa entre tratamientos ni entre repeticiones, tomando en consideración que en las 78 Has., que abarcó el experimento, existió mucha variabilidad de suelo, a más de que para una correcta aplicación de la metodología estadística, el número de repeticiones logrado, no fué el requerido para tal fin.

El nitrógeno ocupa un lugar preponderante en lo que atañe a la obtención de un alto tonelaje; en Argentina, Menimato (8) indica que el alza

del rendimiento bruto va acompañada de un ligero descenso en el contenido de sacarosa, acción que disminuye con la edad del cañal bajo corte. La ligera baja de sacarosa es compensada ampliamente con el crecimiento de plantas sanas y vigorosas, resistentes al acame y a los ataques de virus, hongos e insectos; plantas que desarrollan más rápidamente con menor número de fallas en el surco produciendo por ende cepas de mayor longevidad y un mayor rendimiento de caña, a más de lograrse la conservación de la fertilidad dentro del suelo cultivable. Al escogerse la fuente nitrogenada, el agricultor debe de tomar muy en cuenta una serie de factores tendientes hacia la valorización de aquella entre ellos se señala la economía, dosificación, mayor o menor rapidez de acción, sistema de aplicación, facilidad de manipuleo, concentración, efectos secundarios o interacción de otros elementos que la fuente pueda tener en su composición (8). Resultados provenientes de ensayos efectuados en la Estación Experimental Agrícola de Tucumán, República de Argentina, sirven a Ulivarri (20) para indicar que el nitrógeno es el elemento principal para el incremento en la producción de caña por hectárea, así como que del fósforo y del potasio no se han obtenido resultados positivos, aún cuando para tal fin, se han efectuado numerosos ensayos experimentales. De las recomendaciones provenientes de Tucumán, se ha establecido una dosis media de 50 a 60 kilogramos de Nitrógeno por hectárea, ya que en Argentina la utilización de fuentes nitrogenadas constituye una

frecuente práctica de abonamiento.

Para condiciones medias de suelo y rendimientos previos que oscilan entre 75 y 125 toneladas por Hectárea, Lozano (7) indica que en Hawai para obtener rendimientos mayores de 185 toneladas por Hectárea, se hace necesario cada vez elevar el nivel de fertilización de tal manera que las cantidades aplicadas son con frecuencia el doble de las precedentes. Véase por ejemplo, la siguiente tabla de aplicación:

Cañales no Irrigados

N----- 55-110 Kg/Ha.

P₂O₅----- 35-65 "

K₂O----- 90-135 "

Cañales bajo riego

N----- 90-180 Kg/Ha

P₂O₅----- 50-100 "

K₂O-----100 -195 "

Lo anterior opera al aplicarse fertilizantes simples.

Cuando se trata de fertilizantes compuestos, en el primero de los casos citados deberá aplicarse de 500 a 800 Kg/Ha. de la fórmula 12-8-18 y en cañales bajo riego de 550 a 1,000 Kg/Ha., de la fórmula 12-12-21 ó 12-8-18. Molina Llardén (9) indica que "la caña debe de encontrar suficiente potasa asimilable en los suelos en primer término, así como calcio y luego fósforo". De experimentos realizados en Hawai señala que 100 Kg. de

azúcar producidos en el Ingenio levantan del suelo:

N-----	12.7	libras
P ₂ O ₅ -----	8.2	"
K ₂ O-----	35.23	"
Ca-----	37.0	"

y dejan botados en el suelo, en los cogollos -desechos de la cosecha- las siguientes cantidades:

N-----	20.2	libras
P ₂ O ₅ -----	6.5	"
K ₂ O-----	27.9	"
Ca-----	66.5	"

Después de una serie de cálculos tendientes a demostrar costos de fertilización Molina Llardén dice así: "para evitar un desembolso tan considerable, podría establecerse una especie de rotación en las parcelas de la propiedad, es decir, un año se puede sembrar un cierto número de parcelas del cañal con leguminosas y las otras con abonos químicos complementando la siembra de leguminosas; luego el otro año, se cambiará sembrando leguminosas donde se haya abonado con abonos químicos y donde se sembró leguminosas complementarlo con abonos del comercio". Coincide pues el citado autor nacional en señalar la importancia del Nitrógeno para el desarrollo del cañal, porque no otra cosa puede colegirse de la rotación con leguminosas, ya que éstas a través de las bacterias nitrificantes que existen en sus nódulos (*Rizobium*, *clostridium*, *azotobacter*, etc.) incorporan nitrógeno al suelo arable. Prácticas de este tipo, con magnífi-

cos resultados han sido efectuadas en cañales de soca de la finca Sabana Grande, Escuintla, propiedad de la Universidad de San Carlos, intercalando entre surcos Frijol-Arroz (*Phaseolus calcaratus*) sembrado al voleo.

Wilson & Richer (22) manifiestan que en la Unión Americana, los principales fertilizantes nitrogenados sólidos son el sulfato amónico, el nitrato amónico y sus mezclas; el nitrato de sodio, la urea y el fosfato amónico. Se ha incrementado en los últimos años el uso del amoníaco anhidro líquido con 82% de Nitrógeno, éste al ser aplicado es rápidamente utilizado por las plantas. Asimismo se ha intensificado el uso del agua amoniacal y de las soluciones de amoníaco con nitrato amónico o con urea.

También señalan lo económico que es la producción de leguminosas para incorporar nitrógeno al suelo, mediante la inoculación de la cosecha de leguminosas, aún cuando ésta ya haya sido cultivada antes. Citando a Parker, Allen y Ahlgren, dice: "La inoculación de la semilla de leguminosas con la bacteria adecuada para la formación de nódulos, es una de las más importantes de las buenas prácticas agrícolas, y produce beneficios reales. Permite establecer una buena población de plantas en terrenos pobres y mejora la calidad de la cosecha, especialmente en lo que se refiere a su contenido de proteínas. Aumentan los rendimientos y se conserva el Nitrógeno del suelo".

Ochse (11) dice que solamente los suelos muy fértiles desmontados recientemente o las tierras pantanosas recién rehabilitadas no necesitan fertilizantes. En todos los demás suelos la caña responde a la fertilización produciendo

do un mayor tonelaje , de donde se deriva la vital importancia que la misma tiene cuando se desea obtener máximo rendimiento. Esta situación se cree que es bien conocida y sin embargo los fertilizantes son utilizados únicamente en cerca del 20% de la superficie mundial sembrada con caña. Ello es debido en primer lugar al desconocimiento que existe entre los productores acerca de las bondades de la fertilización y al conformismo reinante en tal medio de producción, con cierto número, mínimo por cierto, de toneladas de caña por hectárea, a más del temor al "excesivo" costo de la fertilización.

Para finalizar la presente revisión de Literatura y por considerarla de importancia, cito literalmente la conclusión contenida en la página 62 de la "Revista de Agricultura de Puerto Rico" (14): "La Caña de azúcar necesita abonos para su producción óptima. Sin embargo, el efecto del abono aplicado no puede alcanzar los niveles más altos, a menos que el agricultor use las variedades de caña superiores; que mantenga estas libres del ataque de insectos y enfermedades y que siembre las mismas en terrenos bien preparados y drenados. Si se proporcionan las cantidades adecuadas, el abono que se aplique a la caña producirá rendimientos satisfactorios, lo cual se reflejará en aumentos en producción de caña de azúcar por acre. Si por falta de conocimiento o recursos no es posible proporcionar a la caña las mejores condiciones para su crecimiento, que ésta necesita, no es de esperarse que retoños viejos o enfermos desarrollados sin agua suficiente o en predios excesivamente húmedos, puedan producir caña y azúcar eficientemente".

MATERIALES Y METODOS

LOCALIZACION

El presente trabajo se llevó a cabo en terrenos de la finca "Rancho María", localizada en el municipio de Escuintla, Departamento de Escuintla, a 200 metros sobre el nivel del mar, 14 grados 15 minutos Latitud Norte y 91 grados 50 minutos Longitud Oeste.

El clima es cálido-húmedo con temperatura media de 25 grados centígrados y una precipitación pluvial promedio de 3000 mm. anuales, distribuidos principalmente de Mayo a Octubre.

Según Holdrige, el área ecológica corresponde a la Zona Tropical Húmeda.

Los suelos, sin estructura o con una estructura granular corresponden a la serie Guacalate, tipo Franco a Franco-arcilloso, según Simmons et al. (16).

El área experimental acusa pendientes menores del 5%.

MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó una siembra comercial de caña de la variedad Barbados 37-172; con un corte a 1.8 M. de espaciamiento entre surcos.

El área total fué de 2,880 metros cuadrados.

Las labores culturales fueron las acostumbradas en la región.

El fertilizante se aplicó superficialmente a partir del mes de Junio en dos épocas; la primera cuando la planta tenía una altura de 0.25 M.

a 0.30 M. y la segunda aplicación 60 días después, de acuerdo a los tratamientos seleccionados que se indican en la Metodología Estadística.

No se aplicó riego, en los meses de "sequía" de noviembre a Marzo.

La cosecha se efectuó en el mes de Mayo de 1966 cortando y pesando el área neta de cada parcela. Asimismo, de cada parcela se tomaron muestras al azar, para análisis químico a fin de determinar porcentaje de Sacarosa, porcentaje de Pureza y Rendimiento de azúcar por Tonelada de caña. El análisis de laboratorio se efectuó por el método de sub-acetato de Pb. seco, refiriéndose a los datos a las tablas de Schmitz y tomando en cuenta el factor de eficiencia del Ingenio.

METODOLOGIA ESTADISTICA

Se seleccionaron 8 tratamientos distribuidos en un diseño de Bloques al Azar con 4 repeticiones. Dichos tratamientos son los siguientes:

1. Urea, 200 kgs. N/Ha., $\frac{1}{2}$ dosis al principio y $\frac{1}{2}$ dosis 60 días después aplicada en banda superficial al lado del surco.
2. Urea, 200 kgs. N/Ha., dosis completa al principio, aplicada en banda superficial al lado del surco.
3. Urea, 200 kgs. N/Ha., $\frac{1}{2}$ dosis al principio y $\frac{1}{2}$ dosis 60 días después aplicada al voleo sobre la superficie de la mesa.
4. Urea, 200 kgs. N/Ha., dosis completa al principio, aplicada al voleo sobre la superficie de la mesa.
5. Nitrato de Amonio, 200 kgs. N/Ha., $\frac{1}{2}$ dosis al principio y $\frac{1}{2}$ dosis 60

días después, aplicada en banda superficial al lado del surco.

6. Nitrato de Amonio, 200 kgs. N/Ha., dosis completa al principio aplicada en banda superficial al lado del surco.
7. Nitrato de Amonio, 200 kgs. N/Ha., $\frac{1}{2}$ dosis al principio y $\frac{1}{2}$ dosis 60 días después, aplicada el voleo sobre la mesa.
8. Nitrato de Amonio, 200 kgs. N/Ha., dosis completa al principio aplicada al voleo sobre la mesa.

La parcela total ocupó un área de 90 metros cuadrados (9 M. x 10 M., con 6 surcos de 10 metros de longitud, cada uno separados a 1.80 metros). El área para toma de datos fué de 57.6 metros cuadrados (7.2 M. x 8 M. con 4 surcos de 8 metros de longitud cada uno).

Las variables analizadas estadísticamente fueron: Peso de Caña, peso de azúcar y Rendimiento de azúcar por toneladas de caña.

El peso de azúcar se obtuvo a par tir del peso de caña y rendimiento de azúcar por parcela efectiva.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Estos resultados se refieren a datos sobre Peso de Caña, en toneladas métricas por hectárea; Rendimiento de Azúcar por tonelada de caña y peso de azúcar en tonelada métricas por hectárea.

En los tratamientos con Urea se observó el mayor y el menor Peso de caña y azúcar; en tanto que en los tratamientos con Nitrato de Amonio, hubo menos variación.

El mayor peso promedio de Caña y Azúcar (cuadros Nos.1 y 7) se observó cuando se aplicaron 200 Kg. de Nitrógeno por Hectárea, proveniente de Urea, en dos épocas, media dosis al inicio del ensayo y media dosis 60 días después. El menor peso correspondió a la misma fuente nitrogenada y dosis, sólo que aplicando los 200 Kgs. de Nitrógeno una sola vez al inicio del ensayo.

Los pesos de caña y azúcar obtenidos para las fuentes Urea y Nitrato, así como para las épocas de aplicación, son similares; aunque levemente mayores los pesos que corresponden al Nitrato y a la aplicación dividida, como se observa en los cuadros Nos.2 y 8.

En relación a la forma, con la aplicación al voleo en dosis divididas, se obtuvieron los mayores Pesos de Caña y Azúcar, sin embargo cuando se usa esta forma en dosis única, al principio del ensayo, se obtuvieron los menores pesos (Cuadros Nos.2 y 8).

Conforme el análisis de Variancia (Cuadros No.3 y 9) las diferencias indicadas anteriormente no fueron significativas, por lo que estadísticamente los resultados son similares indistintamente para las fuentes, épocas y formas de aplicación.

En el tratamiento con Nitrato de Amonio en dosis de 200 Kg. de Nitrógeno por Ha., aplicado en dosis dividida, al voleo, se observó el mayor rendimiento de azúcar por tonelada de caña (Cuadro No.4). El menor rendimiento correspondió al tratamiento de Urea en dosis de 200 Kg. de nitrógeno por Ha., aplicado al voleo, en dosis completa al inicio del ensayo.

Al igual que para el peso de caña, los rendimientos de azúcar obtenidos para las fuentes Urea y Nitrato, son similares; aunque es levemente mayor el rendimiento que corresponde al nitrato y a la aplicación dividida, como se observa en el cuadro No.5.

En relación a la forma, en la aplicación en banda con dosis completa, se obtuvo el mayor rendimiento. El menor rendimiento se obtuvo con la aplicación al voleo, también en dosis completa (Cuadro No.5).

Conforme el análisis de variancias (Cuadro No.6) las diferencias indicadas anteriormente no son significativas, por lo que estadísticamente, los resultados son similares indistintamente para las fuentes, épocas y formas de aplicación.

CUADRO No.1
PESO DE CAÑA EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
1	104.77	122.17	74.05	80.66	381.65	95.41
2	127.85	100.51	121.23	89.88	439.47	109.87
3	131.00	132.10	136.59	95.63	495.32	123.83
4	106.34	100.59	111.54	61.28	379.75	94.94
5	118.00	115.72	104.45	114.61	452.78	113.19
6	107.29	135.49	85.55	117.92	446.25	111.56
7	104.53	93.74	115.16	123.20	436.63	109.16
8	113.90	100.51	99.17	108.31	421.89	105.47

C U A D R O No.2.

PESO DE CAÑA EN T.M/Ha. PARA LAS FUENTES

Dosis y Formas de Aplicación Especificadas.

FUENTE	Dosis Completa		Sub-Total	$\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{2}$	Dosis		Sub-Tot.	TOTAL
	banda	voleo		banda	voleo			
UREA	109.87	94.94	102.40	95.41	123.83	109.62	106.01	
NITRATO	111.56	105.47	108.51	113.19	109.15	111.18	109.85	
	110.71	100.20	105.46	104.30	116.49	110.40	107.93	

C U A D R O No.3
ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO DE CAÑA

F. V.	G. L.	S. C.	C.M.	F.
TOTAL	31	9747.54		
REPETICIONES	3	1168.17	389.39	n.s.
TRATAMIENTOS	7	2552.07	364.58	n.s.
FUENTES (F)	1	117.66	117.66	n.s.
EPOCAS (E)	1	195.13	195.13	n.s.
F. x E.	1	41.58	41.58	n.s.
FORMAS (f)	1	5.64	5.64	n.s.
F. x f.	1	278.83	278.83	n.s.
E. x f.	1	1030.60	1030.60	n.s.
F. x E. x f.	1	882.63	882.63	n.s.
ERROR	21	6027.30	287.01	

C U A D R O No.4

RENDIMIENTO DE AZUCAR EN KILOGRAMOS POR TONELADA

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
1	98.00	98.00	91.50	96.00	383.50	95.87
2	90.50	94.00	100.50	96.50	381.50	95.37
3	91.50	94.50	90.00	102.50	378.50	94.62
4	81.00	96.00	96.00	99.50	372.50	93.12
5	103.00	85.00	97.50	95.00	381.00	95.25
6	90.50	96.50	96.50	100.50	384.00	96.00
7	104.50	102.00	95.00	83.00	384.50	96.12
8	99.50	91.00	90.00	95.00	375.50	93.87

CUADRO No.5

RENDIMIENTO DE AZUCAR EN KILOGRAMOS POR TONELADA
METRICA DE CAÑA, PARA LA FUENTE, DOSIS Y FORMA DE
APLICACION ESPECIFICADA.

FUENTE	Dosis completa		Sub- total	$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	Dosis		Sub- total	TOTAL
	banda	voleo		banda	voleo			
UREA	381.50	372.50	754.00	383.50	378.50	762.00	1516.00	
NITRATO	384.00	375.50	759.50	381.00	384.50	765.50	1525.00	
	765.50	748.00	1513.50	764.50	763.00	1527.50	3041.00	

CUADRO No.6

ANALISIS DE VARIANCIA DEL RENDIMIENTO DE AZUCAR

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.
TOTAL	31	956.97		
REPETICIONES	3	10.16	3.39	n. s.
TRATAMIENTOS	7	32.59	4.65	n. s.
FUENTES (F)	1	2.53	2.53	n. s.
EPOCAS (E)	1	6.12	6.12	n. s.
F. x E.	1	0.13	0.13	n. s.
FORMAS (f)	1	11.22	11.22	n. s.
F. x f.	1	2.59	2.59	n. s.
E. x f.	1	9.31	9.31	n. s.
F. x E. x f.	1	0.69	0.69	n. s.
ERROR	21	914.22	43.53	

CUADRO No.7

PESO DE AZUCAR EN TONELADAS METRICAS POR HECTAREA

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					
	I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
1	10.27	11.97	6.78	7.74	36.76	9.19
2	11.57	9.45	12.18	8.67	41.87	10.47
3	11.99	12.48	12.29	9.80	46.56	11.64
4	8.61	9.66	10.71	6.10	35.08	8.77
5.	12.15	9.89	10.18	10.89	43.11	10.78
6	9.71	13.07	8.26	11.85	42.89	10.72
7	10.92	9.56	10.94	10.23	41.65	10.41
8	11.33	9.15	8.93	10.29	39.70	9.92

CUADRO No.8

PESO DE AZUCAR EN TONELADA METRICA/HECTAREA PARA LAS FUENTES,
DOSIS Y FORMAS DE APLICACION ESPECIFICADAS

FUENTE	Dosis Completa		Sub-Total	$\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{2}$ Dosis		Sub-Tot.	TOTAL
	banda	voleo		banda	voleo		
UREA	41.87	35.08	76.95	36.76	46.56	83.32	160.27
NITRATO	42.89	39.70	82.59	43.11	41.65	84.76	167.35
	84.76	74.78	159.54	79.87	88.21	168.08	327.62

C U A D R O No.9
ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO DE AZUCAR.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.
TOTAL	31	87.13		
REPETICIONES	3	9.43	3.14	n. s.
TRATAMIENTOS	7	23.71	3.39	n. s.
FUENTES (F)	1	1.57	1.57	n. s.
EPOCAS (E)	1	2.28	2.28	n. s.
F. x E.	1	0.55	0.55	n. s.
FORMAS (f)	1	0.09	0.09	n. s.
F. x f.	1	1.83	1.83	n. s.
E. x f.	1	10.49	10.49	4.08
F. x E. x f.	1	6.90	6.90	n. s.
	21	53.99	2.57	

Primeras Muestras.

Experimento s/n.

Localidad: Finca "Rancho María", Escuintla. Experimento s/n.

DISCUSION DE RESULTADOS:

El nitrato de amonio contiene 33.5% de Nitrógeno. De tal porcentaje, el 50% se encuentra en forma nítrica y el 50% restante en forma amoniacal, es decir que cuenta con el ión nitrato y con el ión amonio, que según Russell (13) son las únicas que presentes o aplicadas en el suelo son asimiladas por la planta.

A la Urea, Lozano (7) la señala como el fertilizante nitrogenado sólido de mayor concentración, que no ejerce ninguna acción sobre la reacción del suelo, que debido a su alta solubilidad y fácil asimilación foliar es utilizada corrientemente en aspersiones nutritivas, acompañada ocasionalmente de parasiticidas. Señala también que al ser aplicada como fertilizante debe tener muy baja cantidad de biuret. Asimismo Lozano indica que el nitrato de amonio es un producto, que para ser utilizado como fertilizante simple cuenta con varias limitaciones "a causa de su higroscopicidad y del peligro de explosión".

Los doctores A. Jacob y H. von Uexkull (6) indican que prácticamente los únicos compuestos nitrogenados importantes en el suelo y asimilados por la planta, son el nitrato y el amonio. Al respecto cabe citar nuevamente que el nitrato de amonio cuenta con nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal. Más adelante señalan también, que compuestos nitrogenados de elevado peso molecular, como los aminoácidos, pueden ser asimilados foliar y

radicularmente por las plantas; pero que carecen de importancia dentro de la fertilización nitrogenada de los vegetales, excepción hecha de la Urea, que mediante la acción de la enzima conocida como Ureasa es transformada al estado amoniacal. La Urea se encuentra dentro del grupo clasificado según Lozano (7) como fertilizantes amidos y cuyo nitrógeno (amídico) resulta no ser aprovechado directamente por la planta, ya que su absorción por la misma se efectúa luego de haber experimentado un cambio químico en el suelo.

Como puede verse fácilmente, hay una equiparación de bondades y limitaciones, en lo referente tanto a la aplicación de Urea como de nitrato amónico. Concretando Russell (13) dice que "NO IMPORTA MUCHO LA FORMA EN QUE SE APLICA EL NITROGENO: EL NITRATO ES LA ÚNICA FORMA PRESENTE EN CONCENTRACION APRECIABLE EN LA SOLUCION DE SUELO PARA SER ABSORBIDA POR LA PLANTA". La cita anterior se basa en que los iones amonio añadidos se oxidan rápidamente a nitrato, y los fertilizantes concentrados orgánicos nitrogenados, como urea, sangre desecada y otros tienen que descomponerse primero, dando amoníaco, el cual habitualmente se oxida a nitrato tan rápidamente como se forma.

Con respecto a las épocas de aplicación únicamente puede aconsejarse la dosis dividida, ya que hay mayor posibilidad de absorción por la planta en la cantidad de nutrientes, tomando en consideración que parte del fertilizante se moviliza dentro del suelo, parte se pierde por percolación y parte se fija en el coloide del suelo. Principalmente cuando se aplica Nitrato se

debe tener en cuenta su gran movilidad y peligro de percolación debido a las lluvias y agua de riego. En lo concerniente a la forma de aplicación; al voleo sobre la mesa o en banda superficial al lado del surco, tampoco se observó diferencia significativa, debido quizá a la gran movilidad del nitrógeno en el suelo. Ya se indicó que cualesquiera forma nitrogenada tiene a nitrato y que este ión es muy movable. A más de lo anterior, las aplicaciones fueron efectuadas cuando ya la caña contaba con un sistema radicular perfectamente efectivo para absorción de nutrientes.

El objetivo fundamental de este estudio es el de comparar diferentes fuentes, épocas y formas de aplicación del fertilizante, por lo que al no incluirse testigo sin fertilizante, no es posible establecer diferencias entre parcelas fertilizadas y no fertilizadas. En el supuesto de que en el área donde se efectuó este ensayo, el nitrógeno aumente la producción de caña o azúcar y al no mostrar diferencia significativa los tratamientos seleccionados; lo conveniente para el cañicultor es escoger la fuente y la forma de aplicación con un criterio básicamente económico; analizando el valor de la unidad de Nitrógeno, de cada fuente; y el costo de su aplicación para cada forma. Es mi opinión que en lo que respecta a la época, el fertilizante debe de aplicarse en dosis dividida la primera a la siembra y la segunda cuarenta a sesenta días después.

De acuerdo con el criterio económico para escoger la fuente, se nota que sí se opta por una dosis de 200 Kilogramos de Nitrógeno por Hectárea; el precio actual de la unidad de N, para nitrato de amonio sería de aproxima-

damente Veinticuatro centavos de quetzal, lo que hace un total de Q48.00/Ha.

Para la Urea el costo de la unidad de Nitrógeno sería de aproximadamente Veintiséis centavos de quetzal, lo que hace un total de Q52.00/Ha. Observándose una diferencia a favor del Nitrato de Amonio de Q4.00/Ha. En una caballería o sean 45 hectáreas, tal diferencia sería de Q180.00. Esta cantidad podría servir al agricultor-cañicultor, para adquirir 45 sacos de nitrato de amonio; de 50 Kilogramos cada uno; suficientes para fertilizar 3.75 hectáreas más, cultivadas con Caña de Azúcar, siempre bajo dosis de 200 Kg. de N/Ha.

CONCLUSIONES

1. Los pesos de caña y azúcar obtenidos para las fuentes Urea y Nitrato de Amonio, fueron siempre superiores al rendimiento promedio del país, indistintamente para las épocas y formas de aplicación.
2. Las diferencias de peso de caña y azúcar entre las dos fuentes nitrogenadas no fueron significativas, sin embargo hubo mayor variación entre las parcelas tratadas con Urea, en tanto que los resultados de las parcelas tratadas con Nitrato de Amonio fueron más uniformes.
3. El rendimiento de azúcar, para las fuentes Urea y Nitrato de Amonio, obtenido en el presente ensayo, fué siempre superior al promedio nacional, indistintamente para las épocas y formas de aplicación, lo cual es una aparente indicación de que hay respuesta favorable de la Caña de Azúcar hacia la aplicación de Nitrógeno.
4. La acción de la Urea y el Nitrato de Amonio sobre el rendimiento de azúcar fué similar, ya que se observó uniformidad en los resultados provenientes de ambos tratamientos.

RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones anteriores puede el cañicultor fertilizar indistintamente con Urea o Nitrato de Amonio, en banda superficial al lado del surco o al voleo; en dosis completa o en dosis dividida.

Tal como se señaló en la discusión anterior, el factor más importante a tomar en cuenta, sería entonces el económico.

RESUMEN

El presente ensayo tuvo por objeto como su nombre lo indica, evaluar la respuesta en Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a la fertilización con 2 fuentes nitrogenadas, en 2 épocas y 2 formas de aplicación.

Para el efecto se utilizó un Diseño Experimental de Bloques al Azar con 4 repeticiones y 8 tratamientos.

Este ensayo se localizó en un área comercial de caña de azúcar, con un corte; de la variedad Barbados 37-172 cultivada en hileras separadas entre sí 1.8 metros; en suelos de la Serie Guacalate, tipo franco a franco-arcilloso.

El área experimental acusó pendientes menores del 5%.

El ensayo se inició en el mes de Junio de 1965 y finalizó, en su fase de campo, en Mayo de 1966.

Los datos analizados fueron Peso de Caña, así como la estimación del Rendimiento de Azúcar por tonelada de caña molida; para lo cual, fué necesario determinar % de Pureza y % de Sacarosa, por el método del Sub-acetato de Pb. seco.

Los resultados del análisis estadístico indicaron que no hubo diferencia significativa tanto para las 2 fuentes nitrogenadas (Urea y Nitrato de Amonio) como para las épocas y formas de aplicación (Dosis completa o dividida; al voleo o en banda superficial al lado del surco).

El Peso de Caña y Rendimiento de Azúcar observados en este ensayo experimental, fueron superiores al promedio del país. Por lo anterior es aparente que

el Nitrógeno tuvo un efecto favorable sobre dichas características. Ahora bien, la decisión de la fuente de Nitrógeno y forma de aplicación, según este trabajo dependerá de los aspectos económicos.

Carlos Fernando Estrada Castillo

Vo. Bo.

Ing. Agr. Mario F. Martínez G.
ASESOR

Imprimase

Ing. Agr. René Castañeda Paz
DECANO

BIBLIOGRAFIA

1. BENITEZ CORONADO, Jorge. Evaluación de la respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) a la fertilización con Nitrógeno. Propsa. Guatemala. Guatemala 1966.
2. GALLARDO, A. G. La investigación de la Caña de Azúcar en México. Memorias de la Quinta Conferencia Internacional de Técnicos y Consultores del Instituto Azucarero Veracruzano. México pp. 213-215, 1961.
3. GUATEMALA. Dirección General de Estadística. Producción Agropecuaria 1964/65. Datos Preliminares 1966.
4. HANK, F. N. y DICKINSON, W. E. Conocimientos y Experiencia con Potasa en el Cultivo de la Caña de Azúcar. Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba. Boletín Oficial. La Habana. 13 (3), 1954.
5. HUMBERT, R. P. Applying Basic Facts in Sugar-cane Fertilization. Detp. Agron. Exp. Sta. Hawaiian Sugar Planter's Assoc. Honolulu, Hawaii. pp. 44, 1953.
6. JACOB, A. y UEXKULL von, H. Fertilización. Traducción española por L. López Martínez de Alba, Holanda pp. 48, 1964.
7. LOZANO, Miguel J. Los suelos y su manejo. Agricultura de las Américas. Howard W. Sams & Co. Kansas City. Missouri U.S.A. 1966.
8. MENIMATO O., Rubén. Consideraciones Generales sobre la Rentabilidad de la Fertilización de la Caña de Azúcar en Tucumán con Nitrato Natural de Chile. Suplemento IDIA No.8. Argentina, pp.59-60, 1962.

9. MOLINA LLARDEN, Mario. Agronomía y Agricultura. Ed. Universitaria. Vol. 17. Guatemala. Guatemala 1957.
10. ORTIZ M., Oscar. Experiencias sobre Fertilización en Guatemala. Dirección General de Investigación y Control Agropecuario. Boletín Técnico No.15, pp. 1-7, 1965.
11. OCHSE, J. J. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Vol. II. Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. Editorial Helio México, México D. F. México 1965.
12. REYES CANO, Rogelio. Resultados de la Experimentación con Fertilizantes dentro de la Zona de Abastecimientos del Ingenio San Cristóbal y Anexos, S. A. Cuarta Conferencia Internacional de Consultores y Técnicos de la Industria Azucarera. Veracruz, México. pp 115-116, 1962.
13. RUSSELL SIR E. JOHN. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas. Traducción española por Gaspar González y González. 2a. ed. Colección Ciencia y Técnica. Edit. Aguilar. Madrid, España 1959.
14. REVISTA DE AGRICULTURA DEL PUERTO RICO. Volumen XLVI No.1, Enero-Junio 1959.
15. RIOS, B. B. y BARRIOS, T. H. Abonamiento de la Caña de Azúcar. Ed. Med. Peruana, Lima, Perú. 1953.
16. SAMUELS, G. The Method of Foliar Diagnosis as Applied to Sugarcane. Editorial Universitaria de Puerto Rico. 1955.

17. SANCHEZ, Pedro A. Estudios sobre Fertilización en la Caña de Azúcar. Memoria Anual de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba. Vol. 24, 1950.
18. SIMMONS, C.L., TARANO, J. M. y PINTO, J.H. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional. Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura. Ministerio de Agricultura. Editorial del Ministerio de Educación Pública "José de Pineda Ibarra". Guatemala, C.A. 1000 p. 1959.
19. UNION PANAMERICANA. Estudio sobre Fertilizantes, División de Desarrollo Económico. Departamento de Estudios Económicos y Sociales. Washington D. C. pp. 23, 1961.
20. ULIVARRI de, R.F. La Fertilización en los Cultivos de la Caña de Azúcar. Suplemento IDIA No.8, Argentina, pp. 53-54, 1962.
21. VITON, A. Perspectiva de la Producción, 1970. Sugar y Azúcar 59 (1) 54, 1964.
22. WILSON & RICHER. Producción de Cosechas. Centro Regional de ayuda Técnica. A.I.D. Ed. Continental S.A. México D.F. México, 1965.