

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA PROMEDIO  
DE FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE  
AZÚCAR EN EL INGENIO ROSALES, SINDICATO  
DE COSTA RICA, MUNICIPIO DE CUERPACÁN, ESTADO  
DE SINALOA

TESTIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
PRESENTA

JOSE SOCORRO TIERINA CANTU

MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1978

T

SB229

:M6

T5

c.1



1080063257

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR, EN EL INGENIO ROSALES, SINDICATURA DE COSTA RICA, MUNICIPIO DE CULIACAN, ESTADO DE SINALOA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO  
PRESENTA

JOSE SOCORRO TIJERINA CANTU

INVENTARIADO  
AUDITORIA  
U. A. N.

MONTERREY, N. L.

JULIO DE 1978.

4234 *[Signature]*

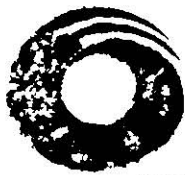
T  
SB229  
M6  
T5

040.633

FA19

1978

c.5



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad



BU Raúl Rangel Fitas  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

← Tesis

**Dedico esta tesis:**

**A mis Padres:**

**SR. FELICITOS TIJERINA PEREZ  
SRA. DOMITILA CANTU DE TIJERINA**

**A mi Esposa:**

**MARTHA IMELDA BARAJAS DE TIJERINA  
Por su gran apoyo moral.**

A mi Hijo  
ESTEBAN EDUARDO

A mis Hermanos:  
SIGIFREDO  
FRANCISCA  
MA. DEL REFUGIO  
ZARAGOZA  
LETICIA  
FELICITOS

**A mi asesor:  
ING. MARIO ZUÑIGA GUEVARA**

**Al Doctor:  
BONIFACIO ORTIZ VILLANUEVA  
Jefe de IMPA, por sus consejos**

**Al Personal del CRIAZU de Sinaloa**



## INDICE

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	1
LITERATURA REVISADA. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZUCAR	3
CLASIFICACION SISTEMATICA	6
DESCRIPCION BOTANICA	7
A) RAIZ	7
B) TALLO	8
C) HOJA	10
D) INFLORESCENCIA	11
ECOLOGIA DE LA CAÑA DE AZUCAR	13
ACCION DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA FISIO	
LOGIA DE LA CAÑA Y LAS FASES DE SU CICLO	14
FACTORES EDAFOLOGICOS	24
FUNCION DEL NITROGENO	26
DEFICIENCIA DE NITROGENO	26
FUNCION DEL FOSFORO	27
DEFICIENCIA DEL FOSFORO	28
FUNCION DEL POTASIO	29
DEFICIENCIA DE POTASIO	29
MATERIALES Y METODOS	41
RESULTADOS Y DISCUSION	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
RESUMEN	51
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	53
APENDICE A	57
APENDICE B	59

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA		PAGINA
1	Precipitación pluvial y temperaturas medias, registradas en el Ingenio "Rosales", sindicatura de Costa Rica, municipio de Culiacán, Sin. durante el desarrollo del experimento en el ciclo 1976-78.	42
2	Características físico-químicas de suelo y subsuelo. En donde se desarrolló el experimento, en el ciclo 1976-78. <sup>1</sup>	43
3	Tratamientos estudiados de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de la caña de azúcar en la zona del Ingenio "Rosales".	44
4	Rendimiento de caña, en toneladas por hectárea.	57
5	Análisis de regresión de la producción de caña en toneladas/Ha, con efecto lineal y cuadrático del nitrógeno.	58
6	Rendimientos de azúcar en toneladas por hectárea.	59
7	Análisis de regresión de la producción de azúcar en toneladas/Ha, con efecto lineal y cuadrático del nitrógeno.	60

**FIGURA****PAGINA**

- |   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Tamaño y distribución de las parcelas de los diferentes tratamientos.   | 46 |
| 2 | Respuesta de la caña de azúcar a las <u>apli</u> caciones de nitrógeno. | 61 |

## INTRODUCCION

La importancia económica y social que representa el cultivo y la industrialización de la caña de azúcar en Sinaloa, tiene como base lo siguiente: estar situada en una región estratégica para abastecer una gran parte de la demanda interna del noroeste y del norte de la República; producir aproximadamente 230 mil toneladas de azúcar, equivalente al 9% de la producción nacional; tener la caña en el batey, un precio atractivo por tonelada según el porcentaje de sacarosa, calculado en función de los precios de garantía que tienen el arroz, el maíz, el frijol, el sorgo y el frijol de soya; cubrir 35 mil hectáreas de riego de las cuales 22 mil son ejidales; dar empleo a 10,500 jefes de familia, de los cuales 4,500 son agricultores (3,500 ejidatarios), 3,100 cortadores, 2,450 obreros y 450 técnicos y directivos.

Durante las zafras 1974, 1975 y 1976 los valores representativos de la productividad, fueron los siguientes: los rendimientos medios de campo en toneladas por hectárea, fueron superiores (87.13, 82.00 y 82.30) a los correspondientes del país (68.11, 64.4 y 62.70); en tanto que los porcentajes de extracción de azúcar en fábrica (7.52, 7.31 y 7.96), mejores en 1976, han estado por debajo de los promedios nacionales (8.63, 8.73 y 9.31); originan que los rendimientos en toneladas de azúcar por hectárea (6,500, 5,989 y 6,557), ha-

yan sido ligeramente mayores a los obtenidos a nivel nacional (5,800, 5,621 y 5,859), en las zafras que se analizan.

Tomando en consideración lo anterior, la Comisión Nacional de la Industria Azucarera, a través del Centro Regional de Investigaciones y Adiestramiento Azucarero del Noroeste (CRIAZU), estableció a partir de 1974-1976, experimentos de fertilización con la finalidad de incrementar los rendimientos de campo y fábrica, mediante el uso adecuado de los fertilizantes con base a la mayor redituabilidad de la inversión de los mismos.

Siendo el objetivo del presente estudio la determinación de las mejores dosis de fertilización para las diferentes variedades, de acuerdo a las características de los suelos en explotación, para de esta manera, proporcionarle al productor cañero las dosis y fuentes de los insumos más adecuados para que el cultivo le resulte atractivo.

LITERATURA REVISADA  
ORIGEN DE LA CAÑA DE AZUCAR

Es originaria de Nueva Guinea, según lo han precisado - las expediciones organizadas por Australia, Holanda y Estados Unidos. Sin embargo se afirma que la India es el país - de origen de la caña y de la Industria del Azúcar.

El primer escrito inequívoco sobre la caña de azúcar se encuentra en el manuscrito "Ahtarva Veda" que data de 5 mil años antes de la Era Cristiana. "Lo he coronado con caña de azúcar para que no me guarde aversión". Los escritores chinos del siglo VIII A. de J., afirman que los conocimientos sobre la Caña de Azúcar y sus productos proceden de la India. En el código Budista Pratimokshá escrito en el siglo VI antes de Jesucristo, se encuentra la primera mención del azúcar. El emperador chino "Tsai Heng" mandó enviados a la India para aprender el arte de la fabricación del azúcar.

La caña fué llevada de la India a Persia, por Alejandro hacia el año 327, A. de J. El año 640 de la Era Cristiana - los arabes conquistaron Persia y la llevaron a Egipto 70 años más tarde y luego la llevaron a España por el año 741. Cristóbal Colón en su segundo viaje a las Indias Occidentales (1493) la llevó a Santo Domingo, probablemente de España, de ahí se propagó a las Antillas y a toda la América Latina.

Para el cultivo comercial y la creación de híbridos mejorados se cuentan 3 variedades naturales del género *Saccharum* y sus 2 antecesores silvestres:

*Saccharum officinarum*.- Cañas nobles originarias de Melanesia.

*Saccharum barberi*.- Caña India originaria de la región central norte de la India.

*Saccharum sinense*.- Caña china originaria del Continente Asiático.

*Saccharum spontaneum*.- Caña silvestre delgada originaria de los trópicos pero con algunas variedades en la zona templada del Asia Central.

*Saccharum robustum*.- Caña silvestre, gruesa, recolectada por primera vez por Brandes y Jesweit en 1928 en Nueva Guinea.

A fines de 1887 el Dr. Soltwedel de la Estación Experimental de Java (POJ) observó la germinación de la semilla verdadera de la caña y 6 meses después en 1888 Harrison Bowell, de la Estación Botánica de Barbados dieron informaciones semejantes.

La Estación Experimental de Hibridación de Coimbatore - India, se estableció en 1912 y en 1915 obtuvo la Co. 205 primera variedad comercial cruce del *Saccharum officinarum* y -

**Saccharum barberi.**

La Industria Azucarera en la Nueva España. Cortés hacia 1519 trajo la caña de Cuba a San Andrés, Tuxtla, Veracruz, y para el año de 1524 inició la instalación del primer trapiche, que empezó sus operaciones el 17 de septiembre de 1538 y funcionó durante 57 años, hasta 1595, cuando se incendió y no fué reconstruído. Este es el primer lugar donde se cultivó la caña en México.

De San Andrés, Tuxtla, Cortés llevó la caña a Coyoacán donde se llegó a montar un trapiche, pero las heladas durante el invierno hicieron abandonar su cultivo. Coyoacán fué el segundo lugar donde se sembró caña en México.

Cortés entonces buscó un lugar de mucho menor altitud y escogió Tlaltenango, Morelos, que fue el tercer lugar.

El clima de Cuernavaca no fue satisfactorio para el cultivo y en 1567 Dn Martín Cortés, trasladó el ingenio a Atlacomulco, cuarto lugar donde se cultivó la caña.

A la Hacienda de Jalmolonga, Edo. de México corresponde el quinto lugar.

El cultivo de la caña se extendió después, por la Ruta



de los Galeones, de México a Acapulco, siendo de mencionarse en el Estado de Morelos, las haciendas de Temixco, El - Puente, San José Vista Hermosa y San Gabriel. De aquí se extendió el cultivo de la caña y la fabricación de azúcar a muchos otros lugares.

Blumenkron en su Album de la Industria Azucarera de México (1951) menciona las oscilaciones que siguen:

Epoca de Prosperidad	1537-1570
Epoca de Estancamiento	1571-1802
Epoca de Depresión	1803-1808
Epoca de Prosperidad	1809-1811

A la terminación de la dominación española la industria azucarera quedó destruída (5).

#### CLASIFICACION SISTEMATICA

REINO:	Vegetal
DIVISION:	Espermatofitas ó Fanerógamas.
SUB-DIVISION:	Angiospermas.
CLASE:	Monocotiledóneas
ORDEN:	Glumales.
FAMILIA:	Gramineae.
SUB-FAMILIA:	Panicoideae.

TRIBU:	Andropogoneae.
SUB-TRIBU:	Saccharininae.
GENERO:	Saccharum (L).
ESPECIES:	Officinarum
	Sinense
	Barberi
	Robustum
	Spontaneum (12).

#### DESCRIPCION BOTANICA

La descripción de los principales órganos de la caña de azúcar comprende:

A).- RAIZ. Es fibrosa, cilíndrica y se adelgaza hacia el punto de crecimiento que esta formado por:

- a).- La cofia en el extremo que protege el punto de crecimiento.
- b).- El punto de crecimiento que es la región donde la división de las células tiene lugar.
- c).- La región de alargamiento, donde las células aumentan grandemente su longitud.
- d).- La región de los pelos radiculares donde el alargamiento de la raíz cesa, para cubrirse de pelos, aumentando en forma considerable la superficie de absorción del agua y minerales.

Durante los primeros meses la caña vive de las reservas que contienen el entrenudo y de las raíces que brotan de la banda de raíces y a partir del tercero la nutrición de la planta depende de sus propias raíces.

En los suelos compactados y pobres en fósforo el sistema radicular queda localizado en la capa superficial del suelo. En suelos normales en los primeros 20 centímetros se concentra el 50% de las raíces, hasta los 30 el 70%, a los 40 centímetros el 82% y a los 60 centímetros se concentra el 85% de las raíces, solamente la octava parte de los pelos radiculares se desarrollan a los primeros 30 centímetros alrededor de la planta y son más numerosos a distancias de 90 a 120 centímetros.

Las funciones de la raíz son anclar y sostener la planta, la absorción e introducción al tallo del agua y los nutrientes minerales del suelo. Los factores que afectan el desarrollo de la raíz son: Temperatura, aereación, humedad, acidez, textura y tipo de suelo y subsuelo, según sea su fertilidad.

B).- TALLO.- Es de secciones más o menos cilíndricas dividido en canutos con una yema lateral cada uno y termina en una yema apical que es la primordia del crecimiento. Tiene una porción subterránea que se adelgaza rápidamente y que está -

formada por canutos más cortos de cuyas yemas brotan tallos secundarios que producen a su vez los terciarios.

Las partes del canuto son: nudo, que es el extremo inferior donde se inserta la vaina de la hoja; la banda de raíces que incluye la yema y varias hileras de primordias radiculares o puntas de las raíces. El meristemo intercalado o anillo de crecimiento que es una región angosta donde se produce el alargamiento de los entrenudos, el tallo que es de diámetro variable y de 2 a 5 metros de longitud, dependiendo de la variedad. Las funciones del tallo son: emitir las hojas, conducir el agua y los nutrimentos del suelo a las hojas donde se realiza la fotosíntesis, transportar los alimentos elaborados en las hojas a las partes de la planta donde se necesitan para su desarrollo, y almacenar el azúcar y otras sustancias.

En la sección del tallo se distinguen: la corteza exterior, formada por capas de fibra lignificada que dan resistencia a la caña y protección a los tejidos interiores, el parénquima interno formado por células de pared delgada que almacenan azúcares, los haces fibrovasculares que se extienden longitudinalmente a lo largo del entrenudo y a veces pasan al siguiente canuto.

Los componentes de la caña moledera son de 73 a 76% de

agua, de 24 a 27% de sólidos formados por fibra y sólidos - solubles.

C).- HOJA.- Es una lámina delgada plana de 90 a 150 centímetros de longitud y de 1.5 a 10 centímetros de ancho, según la variedad. Tiene una nervadura central que le da resistencia y en el envez existen numerosas aberturas microscópicas o "estomas" para la respiración y transpiración que se abren cuando hay suficiente luz y humedad y se cierran con la oscuridad y la sequía.

La hoja está insertada al tallo a través de una vaina tubular que envuelve al canuto y que se angosta hacia arriba desarrollando unas salientes llamadas "aurículas". En su interior en la línea de unión con la base de la lámina de la hoja se forman unas membranas denominadas "ligulas". El exterior de la vaina y la lámina de la hoja con frecuencia están cubiertos de pelos o "ahuates"; la caña llega a tener de 10 a 15 hojas verdes.

La hoja desempeña tres funciones:

- a) La formación de carbohidratos por el fenómeno de la fotosíntesis.
- b) Las síntesis de los carbohidratos en compuestos nitrogenados y otros alimentos.
- c) La transpiración (12).

D).- INFLORESCENCIA.- La inflorescencia o flecha es una panocha muy ramificada cuya forma y tamaño son características de la especie, y a veces de la variedad. Está constituida por un eje principal al cual se insertan los ejes laterales primarios que, a su vez, comportan unos ejes secundarios y a veces terciarios. Esta ramificación está más desarrollada en la base que en el vértice. Las espiguillas están dispuestas por pares en cada articulación. Una es sésil (sentada) y la otra pedunculada. Están rodeadas de largos pelos que dan a la inflorescencia un aspecto sedoso o afelpado.

La flor es bisexuada de un solo óvulo. La semilla de caña es extremadamente pequeña, siendo en realidad, un fruto o carióspside.

El estímulo que ha de transformar la yema apical vegetativa del tallo en yema floral reproductiva requiere, para ser suficiente cierto número de condiciones acumulativas, - que deben repetirse durante un lapso de días para ser eficaces.

Las principales condiciones que crean este estímulo - son:

- a) Duración del día próxima a 12:30 horas, pudiendo - ser hasta 12:00 horas.

- b) Temperatura mínima superior a 18°C.
- c) Humedad suficiente de la planta.
- d) Perfecto estado vegetativo del sistema foliar.

Si estas condiciones se interrumpen natural o artificialmente, la flor puede abortar completamente volviendo al estado vegetativo, parcialmente (no apertura o esterilidad de las semillas).

La duración del día está condicionada a la estación y a la latitud. Para latitudes que oscilan entre 0° y 10°C, la duración del día es casi constante y no alcanza nunca las 12:30 horas.

La diferencia existente entre un día y otro aumenta a medida que se está más lejos del ecuador: o sea que, en latitudes ligeramente superiores a 10°C, el número de días sucesivos que duran alrededor de 12:30 horas es el máximo. En estos lugares la floración es muy extensa. Hay 49 días con una duración que va de 12:30 a 12:00 horas en una latitud de 10°C, mientras que no hay más que 38 en una latitud de 20°C y 24 en una latitud de 30°C. La intensidad de la floración va disminuyendo cuando la latitud aumenta a partir de 10°C, para desaparecer prácticamente en una latitud de 30°C.

La época de aparición de las flores dependerá de la latitud y en el ecuador tendrá lugar en el equinocio, un mes - más tarde de 10° a 20°C, y dos a tres meses después del equinocio, en latitudes situadas entre 20° y 30°C (4).

## ECOLOGIA DE LA CAÑA DE AZUCAR

La caña de azúcar es una planta que tolera climas relativamente variados. Tiene exigencias climáticas diferentes en el curso de las dos fases principales de su ciclo: crecimiento y maduración. El crecimiento puede ser retardado o - incluso suspendido por dos factores climáticos; el frío y la sequía. La madurez no se consigue por el exceso de lluvias o por las altas temperaturas nocturnas.

El área natural de la caña de azúcar corresponde a las regiones lluviosas de las zonas intersubtropicales situadas por debajo de ciertas alturas.

Algunas partes de la caña de azúcar se hielan a partir de 0°C y la intensidad de los daños es proporcional a los - fríos. Por otra parte, el crecimiento de la caña es nulo a 15°C, prácticamente nulo a 18°C y solo es normal por encima de 20°C. El límite de altitud es de aproximadamente 700 me - tros en los trópicos y más de 1000 metros en el ecuador.



## ACCION DE LOS FACTORES CLIMATICOS SOBRE LA FISIOLOGIA DE LA CAÑA Y LAS FASES DE SU CICLO

Los factores climáticos que deben tomarse en cuenta son los siguientes:

- a) Temperatura y cantidad de calor.
- b) Luz.
- c) Humedad y régimen de lluvias.
- d) Viento.
- e) Factores de situación.

- a) Temperatura y cantidad de calor.

La temperatura del suelo depende de la del aire y de la protección contra los rayos del sol proporcionada por las hojas de la caña en cultivo o por la paja seca después de la zafra.

### 1.- Acción de la temperatura del aire sobre la fisiología de la caña.

El cero vegetativo, por debajo del cual no se efectúa ningún cultivo, no ha sido aún determinado con exactitud. Ciertos autores lo sitúan en 16°C, otros un poco por debajo, pero lo cierto es que por debajo de 20°C el crecimiento es muy lento mientras que entre los 30 y 34°C alcanza su punto

máximo.

La asimilación clorofílica aumenta de 23 a 32°C para de crecer luego, mientras que la respiración máxima se sitúa en tre 36 y 38°C. Según esto, por encima de 33°C la adquisi- - ción de materia seca disminuye para quedar anulada completa- mente a cierta temperatura. Esto es cierto si la cantidad de luz que recibe la planta es insuficiente.

Se cree que por encima de 35°C el crecimiento es en rea lidad muy lento, para anularse a los 38°C.

## 2.- Efectos de las heladas.

Las partes más jóvenes, las más acuosas y las menos pro tegidas por la caña se hielan cuando la temperatura desciende de por debajo de 0°C.

Bastando para ello un espacio de tiempo muy corto. Los daños dependen de la duración del frío como de la temperatu- ra mínima registrada. Variando, según la variedad y el esta do del cultivo.

La helada rompe las células jóvenes produciendo la ne- crosis con la cual las hojas se pudren o se secan. Distin- guiéndose diversas intensidades de las heladas.

Una helada débil solo dañará a las hojas más jóvenes, - que se secarán y luego serán reemplazadas por otras nuevas y sanas. Presentándose en este caso un retraso en el creci- - miento y la maduración.

Una helada media mata la yema terminal de la caña que - se ennegrece y se pudre. Las yemas laterales situadas en la parte más alta se desarrollan. Produciéndose un paro total en el crecimiento vegetativo mientras que la maduración que- da alterada por este desarrollo imprevisto de las yemas late- rales.

Una helada fuerte afecta a las yemas del tallo siendo - más grave en cuanto mayor es el número de yemas afectadas. - Las yemas de la parte baja del tallo son las más antiguas y por lo tanto, las más maduras y más resistentes. Produciéndose se en cada yema una podredumbre en el tallo en el que la sa- carosa y la pureza disminuyen mientras que aumentan la aci- dez y la glucosa.

La transpiración aumenta con la temperatura durante el día para disminuir por la noche. A temperaturas elevadas, - la caña tiende a disminuir su transpiración, por el cierre - de sus estomas. Pero si el agua falta en las raíces cuando la planta se halla en plena vegetación en presencia de calo- res intensos, se presenta la desecación total o parcial de

las hojas más jóvenes.

La absorción del agua por las raíces está relacionada con la temperatura del suelo y por consecuencia con la del aire. Esta absorción, que es máxima con un aire de 28 a - 30°C, es nula de 10 a 15°C: es la sequía fisiológica conocida en invierno en las regiones subtropicales.

### 3.- Efectos de la temperatura en las diferentes fases del ciclo de la caña.

Germinación.- Las temperaturas mínimas necesarias para la germinación dependen de la variedad. Por debajo de 20°C la germinación es muy lenta, es óptima entre 26 y 33°C.

Por encima de 40°C la germinación es mala, siendo necesario en este caso enterrar más la semilla para protegerla de la acción del sol.

Ahijamiento.- A igual edad y bajo idénticas condiciones de luz, este es muy reducido por debajo de 20°C y a partir de 32 a 35°C, es recomendable en la época fresca, cubrir la semilla con poca tierra con el fin de aumentar la temperatura de las yemas germinales subterráneas que han de desarrollarse.

**Crecimiento.**- La longitud de los entrenudos, su diámetro y su número aumentan a medida que la temperatura media se eleva por encima de 20°C, de este modo la longitud de la caña y el volúmen del tallo son más importantes a 25°C que a 21°C.

**Maduración.**- Existe una relación estrecha entre las bajas temperaturas y el contenido de azúcar en la caña. Los productos de la protosíntesis son utilizados para la formación de sacarosa cuando el crecimiento es retardado.

#### b) Luz.

La planta utiliza la luz solar gracias a la fotosíntesis, debiendo tomarse en cuenta dos aspectos: La intensidad de la luz, que depende de la nebulosidad y de la humedad de la atmósfera, y su duración, que depende de la latitud y de la estación.

#### 1.- Efectos de la luz sobre la fisiología de la caña.

La asimilación clorofílica es proporcional a la intensidad y a la duración de las radiaciones luminosas.

La absorción del agua es sensiblemente igual a la transpiración, ya que, en comparación, la cantidad de agua retenida

da por la planta carece de importancia. Estos movimientos del agua son sensibles a la acción de la luz. La presencia de nubes o de un eclipse de sol producen un efecto depresivo en la absorción del agua.

La asimilación de los fertilizantes también es sensible a la luminosidad. Esto se ha probado con respecto al nitrógeno y al potasio, probablemente también sea este el caso del fósforo.

## 2.- Efectos de la luz en las diferentes fases del ciclo.

Germinación.- La luz no produce ningun efecto sobre la germinación ya que la caña puede germinar también en la oscuridad.

Ahijamiento.- La luz fuerte reduce el alargamiento de las cañas a expensas de las yemas germinales. Las sustancias reguladoras del crecimiento que inhiben el desarrollo de las yemas germinales se hallan en el vértice del tallo. El ahijamiento será superior en las épocas y en las regiones de fuerte insolación. Después de un buen ahijamiento se establece un equilibrio entre las cantidades de luz recibidas y el número de brotes vivos; gran número de esos brotes mueren por falta de luz a partir del momento en que los campos de caña cierran.

Crecimiento.- De igual forma que en el ahijamiento, la caña en su crecimiento acusa las más pequeñas diferencias de luz. Cañas cultivadas en plena luz tienen los tallos más gruesos y fuertes, las hojas más anchas, más gruesas y más verdes, las raíces más desarrolladas, una materia seca más importante y menos agua en su constitución.

Maduración.- La luz actúa sobre la floración de la caña por su fotoperiodicidad. La floración, cuando se presenta, es el primer signo visible de la maduración. Por otra parte, la luz fuerte reduce el agua de constitución y mejora la maduración, ya que ésta está en íntima conexión con cierto desecamiento de la planta. La falta de luz impide a la caña liberarse del agua.

c).- Humedad del aire y régimen de lluvias.

Si el régimen de lluvias y la humedad del aire son factores climáticos propios de cada región y frente a los cuales no se puede prácticamente nada, el hombre está mejor armado para actuar respecto de la humedad del suelo: puede aumentarla por riego o disminuirla por medio del drenaje.

1.- Efectos en la fisiología de la caña.

El volúmen de transpiración puede aumentar si el aire

es seco o si el suelo está saturado de agua. La caña se adapta muy bien a climas diferentes; según la relación entre la superficie de transpiración de las hojas y la superficie de las raíces puede ser la siguiente:

Muy elevada cuando el agua es abundante en el suelo y en el aire.

Intermedia cuando el agua es abundante en el suelo y el aire es seco.

Muy baja en las regiones en las que el suelo y el aire son secos.

El volúmen de transpiración varía según las diferentes fases del ciclo de la caña.

La resistencia de la caña a la sequía se obtiene de tres formas:

Por la selección de variedades resistentes.

Por una buena preparación del suelo y de medios apropiados de cultivo.

Por un riego prudente llevado a cabo por dosis elevadas



cada vez más espaciadas con el fin de forzar al vegetal a - desarrollar progresivamente su sistema absorbente sin reducir al mismo tiempo el crecimiento.

La absorción de los fertilizantes depende del agua: - las raíces no absorben más que las soluciones. La parte superficial del suelo, por lo general reseca, exige menos fertilizante que la parte profunda: el fertilizante es mejor - utilizado cuando se le deposita en el fondo del surco.

La respiración sólo se efectúa gracias al agua: algunas variedades resistentes a la sequía poseen la facultad - de proseguir por más tiempo su respiración cuando se presentan condiciones adversas: se caracterizan por una concentración clorofílica más elevada. Un exceso de agua en las raíces es, asfixiante y detiene la respiración.

## 2.- Efectos en la fase del ciclo.

El exceso de agua puede ser nocivo cuando queda estancada en el suelo o cuando deslava los terrenos o los erosiona.

La maduración, no se realiza si no es por medio de un desecamiento producido en la caña. La constitución de las reservas, en este caso de la sacarosa, no puede realizarse

si el crecimiento no disminuye o incluso cesa.

d) Vientos.

El viento actúa sobre la caña de tres formas:

Activa la transpiración, provocando una disminución del crecimiento y una reducción del rendimiento. Agudiza la sequía de un clima y favorece el desarrollo de las raíces por compensación.

Al tumbar, quebrar o arrancar las cañas reduce la recolección disminuyendo la calidad de éstas y aumentando los costos de los trabajos de la zafra.

e) Latitud y altura.

Se sabe poco sobre la acción directa de estos factores de situación, exceptuando la influencia de la altura sobre la floración y en el rendimiento agrícola y la influencia de la latitud sobre la aceleración del crecimiento y sobre la floración. Parece ser que la altura y la latitud actúan sobre todo a través de las modificaciones de los factores climáticos que ellas mismas condicionan a lo largo del año.

La caña de azúcar es una planta para la que la luz es esencial, que exige calor y humedad para su crecimiento pe-

ro que también necesita los fríos nocturnos y que, como última condición para dar óptimos resultados, exige ser privada del agua poco a poco (4).

#### FACTORES EDAFOLOGICOS

Las exigencias de suelo que presenta la caña no son grandes; su mejor desarrollo se produce en suelos fértiles, profundos y permeables.

En Hawaii se han obtenido excelentes cosechas en suelos cuya reacción era de 4.5 o menor, en Puerto Rico, la caña se desarrolla con éxito en suelos con pH de 7.0 a 8.3. Godoy Paso demostró que los rendimientos alcanzados en un suelo ácido (pH 5.8) representaban sólo un tercio de los que se obtuvieron con el mismo tratamiento fertilizante, después de haber sido ajustado el estado calcáreo del suelo a un pH de 7.0.

Los resultados anteriores dependen del hecho de si la caña, en el caso de un pH bajo, pudo cubrir su demanda de calcio y magnesio, o bien la de fierro y otros elementos menores, en el caso extremo (pH alto) (8).

Khanna, en la India, encontró que las raíces de la caña crecen con normalidad dentro de pH de 6.1 a 7.7 y que los suelos ácidos son más dañinos que los suelos alcalinos (7).

Las propiedades físicas del suelo, ya sean naturales o provocadas por la compactación o impermeabilización que se produce con el equipo pesado sobre todo si se trabajan húmedos, afectan la penetración del aire, el agua y la asimilación de nutrimentos, destruyendo la estructura del suelo y creando condiciones anaeróbicas que restringen el desarrollo de las raíces y el crecimiento de la planta.

Las características químicas del suelo ejercen gran influencia en el desarrollo de la planta, debido a que el suelo es un medio dinámico sujeto a cambios continuos, cuyo contenido de nutrimentos disponibles cambia también continuamente, habiendo necesidad de agregar estos al suelo para compensar lo extraído por la planta.

La lixiviación y erosión transportan las reservas de nutrimentos del suelo cuyas pérdidas a menudo se aceleran con las malas prácticas de cultivo (12).

Del total de 21 elementos que se consideran necesarios para el desarrollo de la planta, 3 de ellos: N-P-K, llamados elementos mayores, por ser los que la caña consume en mayor cantidad y son los que se agotan con más frecuencia en el suelo, teniendo el productor cañero que proporcionarlos al suelo en forma de fertilizantes.

Las funciones que cada uno desempeña en el desarrollo del cultivo, sus síntomas de deficiencia y las cantidades que extraen del suelo se detallan a continuación: (10).

#### FUNCION DEL NITROGENO

Se encuentra en la molécula de la clorofila, se combina con los carbohidratos para formar proteínas que tienen un papel importante en la síntesis del protoplasma, imparte un color verde intenso y un desarrollo vigoroso a la planta, - alarga el crecimiento, dosis muy elevadas provocan acamado, población densa y muerte de tallos primarios y mamones, cuando se aplica tardíamente causa bajo porcentaje de sacarosa. Su aplicación tardía aumenta el número de mamones, caña más verde y húmeda al corte, originando mala quema, aplicaciones altas tempranas originan mayor proporción de tallos primarios en la cosecha. Dosis bajas tempranas y altas tardías producen en la cosecha menos tallos primarios y mayor porcentaje de mamones, aumenta el tonelaje de cañas y puntas verdes en campo (7).

#### DEFICIENCIA DE NITROGENO

Las hojas toman una coloración verde amarillenta y el crecimiento se retarda, los tallos son de menor diámetro y se observa el desecamiento y la muerte de las hojas más vie-

jas. Las raíces alcanzan una gran longitud pero son de pequeño diámetro en relación con las que reciben un adecuado abastecimiento de nitrógeno. Cuando éste es deficiente el azúcar se acumula en la planta, condición favorable cuando la planta se aproxima a la madurez, éste elemento es el que mayor efecto tiene sobre la maduración y la calidad del jugo.

En aplicaciones de 250 kilogramos de nitrógeno/ha., la proporción de aumento en caña y azúcar disminuye, hasta que llega a ser nulo cuando se aplican 325 kilogramos de nitrógeno/ha. Con 400 kilogramos/ha, el tonelaje de caña disminuye ligeramente y la recuperación de azúcar baja muy rápidamente, lo que indica el efecto negativo del nitrógeno en la calidad del jugo (6).

#### FUNCION DEL FOSFORO

Tiene un efecto notable en el desarrollo de las raíces y brotes, ayuda a la formación de proteínas, se concentra en el núcleo de las células vivientes y se piensa que controla casi todas las actividades de las células. Es esencial para la división de las células que ocasionan el alargamiento del tallo y de las raíces o el crecimiento de la planta, con una deficiencia de fósforo el nitrógeno retarda la madurez (7).

## DEFICIENCIA DE FOSFORO

La longitud y el diámetro de los tallos se reduce dando lugar a tallos cortos y delgados que se adelgazan rápidamente hacia el punto de crecimiento. La planta deficiente en fósforo está formada por unos cuantos tallos primarios con pequeños entrenudos indicando una proporción muy baja de crecimiento y a menudo no tiene tallos secundarios ni mamones. El amacollo se observa siempre con las deficiencias y se presentan vanos.

El sistema radicular está muy mal desarrollado. El desarrollo de raíces secundarias es muy escaso por lo cual hay un mínimo de superficie de raíces en contacto con el suelo, habiendo un inadecuado abastecimiento de agua, aire y nutrientes.

El color de las hojas es de un azul verdoso en contraste con las hojas anchas de color verde oscuro de las plantas normales. Las hojas más viejas muestran una definida desecación y muerte en las puntas y en los márgenes. Las hojas son muy angostas y de longitud algo reducida.

La deficiencia del fósforo afecta la composición química de la caña en un grado considerable. Las cenizas contienen menos fósforo, pero mayor cantidad de sílice, alta con-

centración de fierro y baja de potasio.

En los tallos hay un nivel más alto de fierro y más bajo de potasio. El nitrógeno contenido en todas las partes de las plantas, y en particular en el tallo muestra un aumento en las plantas deficientes en fósforo debido al desarrollo reducido de la caña, los campos no cierran (6).

### FUNCION DEL POTASIO

El potasio es necesario para la estructura de la célula, asimilación del carbono, la fotosíntesis, síntesis de las proteínas, formación de almidón, traslocación de las proteínas y azúcares, la absorción del agua por las plantas y el desarrollo normal de las raíces, la formación de las proteínas es posible por el potasio que sirve como catalizador en la reducción de los nitratos. Es también un constituyente de las enzimas. El potasio favorece la absorción del agua y favorece el cierre de campo (7).

### DEFICIENCIA DE POTASIO

Las plantas muestran un crecimiento deprimido, amarillento y secamiento de los márgenes de las hojas más viejas, y desarrollo de tallos delgados. Las hojas inferiores más viejas toman un color amarillo anaranjado y desarrollan nume



rosos puntos cloróticos que más tarde se tornan cafés con los centros secos. A medida que los puntos se fusionan, las hojas toman coloración cafésácea. En la superficie superior de la nervadura central se desarrolla una coloración rojiza que queda confinada a las células epidérmicas, más adelante, las hojas empiezan a secarse en los márgenes y en las puntas. (chamuscado).

Las hojas jóvenes de las plantas deficientes en potasio son verde oscuras en comparación con las hojas más viejas que son amarillentas. Dado que con la deficiencia de potasio la elongación del tallo es más lenta, las hojas jóvenes parecen haberse desarrollado de un punto común (copa carreteada o manojo).

Las deficiencias de potasio ocasionan una distribución anormal del agua en los vasos del parénquima de las raíces, menor tamaño de los vasos y células parenquimatosas de los tallos, grandes cavidades en el centro de las raíces y poco desarrollo de los pelos radiculares (6).

Las cantidades extraídas de nutrimentos del suelo por un cultivo de caña varían según las variedades, los métodos de cultivo y las cantidades de elementos fertilizantes que el suelo contenga. Pudiéndose dar el siguiente consumo medio neto (Hawaii) expresado en kilogramos por tonelada de -

caña industrial.

N-----0.93  
 P-----0.11  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-----0.25  
 K-----1.91  
 K<sub>2</sub>O-----2.29

Los kilogramos extraídos por tonelada de caña considerando las diferentes partes de la planta son:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Caña industrial-----	0.72	0.42	1.47
Cogollos y paja-----	1.15	0.32	1.52
Troncos y raíces-----	0.26	0.12	0.39
Totales	2.13	0.86	3.38

La cantidad y el reparto de los diferentes elementos nutritivos varía en las diferentes partes de la caña. En forma general, la concentración de los elementos nutritivos en los tejidos depende de tres factores principales: humedad, temperatura y edad de la planta.

El nitrógeno es el elemento que actúa de la forma más directa sobre la masa vegetal formada cuando está asegurado el abastecimiento de agua; constituyendo la base del abono de la caña. La asimilación del nitrógeno es muy impor-

tante durante los cinco primeros meses de la vegetación, época en la cual la planta acumula las reservas que ha de utilizar durante el período de gran crecimiento.

Un exceso de nitrógeno y de agua producen un efecto de depresivo sobre la calidad del jugo, obteniéndose una buena madurez mediante una aplicación decreciente de agua y de nitrógeno. Se ha observado que las lluvias durante los períodos de recolección producen una disminución de la pureza y un aumento del contenido de nitrógeno en el jugo.

Las reservas demasiado elevadas de nitrógeno orgánico en el suelo pueden ser perjudiciales al continuar alimentando a la caña con nitrógeno durante el período de maduración.

El coeficiente de utilización del nitrógeno es del orden del 50 al 65%.

El abono nitrogenado se aplica por lo general de una sola vez al momento de la siembra, o a más tardar a los dos meses siguientes, las socas se fertilizan inmediatamente después de la zafra. No se ha comprobado que la administración fraccionada sea eficaz excepto en suelos ligeros, pobres en nitrógeno, en los cuales los riesgos de pérdidas son elevados.

El fósforo se encuentra en todas las partes de la caña

y sobre todo en el jugo, habiéndose demostrado que los órganos más activos mantienen su concentración de fósforo tomándo de los tejidos de más edad donde se haya en reserva.

Este es el motivo por el cual, a abono fosfatado constante, un aumento del nitrógeno provoca un descenso del contenido de fósforo en el jugo, mientras que el contenido del tejido foliar no varía. El fósforo de reserva del jugo se ha desplazado hacia las hojas para estabilizar la concentración en una masa foliar mayor.

En el suelo, el fósforo se fija bien y existe poca migración. Puede suceder que en ciertos casos el fósforo quede bloqueado bajo forma de compuestos insolubles. Resultando escasos los riesgos de pérdida y por lo tanto el abono - fosfatado debe colocarse lo más cerca posible de la macolla de caña.

La fijación depende de la naturaleza de las arcillas, - siendo débilmente fijado por las montmorilonitas, medianamente por las caolinífticas y fuertemente por las ferralíticas.

La respuesta de la caña al abono fosfatado es más clara en el primer ciclo que en el segundo, y, en el caso de un - cultivo sin riego es, más clara en los suelos húmedos que en los secos.

El coeficiente de utilización del fósforo es de 10 a 20%.

El potasio es el elemento nutritivo más importante en cantidad en la caña, sus funciones son numerosas, pero no han sido completamente determinadas. La falta de potasio no tiene síntomas aparentes salvo en los casos de deficiencias demasiado agudas.

Por lo que respecta a su fijación en el suelo, se halla en un punto intermedio entre el nitrógeno y el fósforo; la montmorilonita lo fija fuertemente, pero los terrenos ferralíticos y la caolinita de forma débil.

En el caso de los suelos de montmorilonita, los iones de potasio quedan bloqueados entre los folículos de la arcilla, haciéndose de esta forma poco o nada disponibles para la nutrición de la caña.

Los riesgos de pérdida por lixiviación son relativamente débiles, siendo la respuesta al abono potásico más marcada en las socas que en las plantillas.

El coeficiente de utilización del potasio por la caña es de 40 a 50%, es decir, intermedio entre los de nitrógeno y fósforo.

La aplicación fraccionada se ha mostrado ligeramente superior a la aplicación única y, en todo caso, una aplicación única superior a 120 kilogramos por hectárea puede ser perjudicial sobre todo en cultivos de secano. Es preferible un fraccionamiento cuando se trata de dosis superiores a 100 kilogramos por hectárea, aplicándose la primera dosis en el momento de la siembra o inmediatamente después de la zafra cuando se trata de socas, y dos meses más tarde la segunda (4).

En Cuba, no se logran resultados significativos en la fertilización nitrógenada en el primer ciclo de la caña. Cuando se obtiene respuesta, las dosis recomendadas no deben ser superiores a 75 kilogramos por hectárea. En las socas se obtiene respuesta entre 100 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Existe poca respuesta a las aplicaciones de fósforo debido principalmente al fuerte poder de fijación de la mayoría de los suelos cañeros.

El potasio tiende a dar respuesta a partir de la primera soca a niveles de 100 a 150 kilogramos por hectárea (1).

Chena González, concluye de los resultados de varios experimentos de fertilización en la caña de azúcar en los ingenios del estado de Jalisco que las mejores dosis económicas

varían de 150 a 210 kilogramos de nitrógeno por hectárea y - 40 kilogramos de fósforo por hectárea.

Para la zona de Tamaulipas, se observó que la mejor dosis óptima económica correspondió a 126 kilos de nitrógeno - por hectárea con la cual se obtiene un incremento medio de - 11.72 toneladas de caña por hectárea (2).

Chena González, encontró que con las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, los rendimientos de campo se incrementaron significativamente, en estudios de fertilización en el ingenio Puga, Nayarit, el incremento de la producción fue el doble para el nitrógeno, en relación al fósforo y al potasio.

La mejor dosis media regional por hectárea, estuvo integrada por 160 kilogramos de N, 60 kilogramos de  $P_2O_5$  y 60 kilogramos de  $K_2O$ . Esta dosificación produjo un aumento de - 22.7 toneladas de caña por hectárea.

En el ingenio Atencingo, Puebla, se observó un efecto - altamente significativo del nitrógeno en los rendimientos de campo, la dosis económica fue de 200 kilogramos de N por hectárea, incrementando la producción en 37.9 toneladas de caña (3).

En las zonas cañeras de Tamaulipas y San Luis Potosí, -

se observó respuesta al nitrógeno, que se reflejó en los rendimientos de campo, variando las dosis óptimas económicas de 120 a 182 kilogramos de N/ha., con incrementos en relación a los testigos de 16.42 hasta 43.73 toneladas de caña y de 1.45 a 6.89 toneladas de azúcar por hectárea; con estas dosificaciones se obtienen producciones de 76.28 a 88.26 toneladas de caña y de 7.62 a 13.73 toneladas de azúcar por hectárea (9).

Las plantas absorben el nitrógeno en forma nítrica pero muchas, entre otras la caña de azúcar, también lo toman en forma amoniacal, generalmente las plantas asimilan alrededor del 60% del nitrógeno aplicado.

El nitrógeno nítrico no es retenido por el suelo y se lixivia fácilmente con las lluvias o los riegos. El nitrógeno amoniacal si es retenido por la fracción coloidal del suelo y transformado posteriormente a la forma nítrica por la flora microbiana.

El nitrógeno nítrico aumenta la reacción alcalina del suelo y el nitrógeno amoniacal fomenta la acidez; por estos motivos los abonos amoniacales se recomiendan para suelos alcalinos y los nitratos para suelos de reacción neutra o inferior.

Las funciones del nitrógeno sólo pueden desarrollarse -



en su plenitud cuando otros elementos esenciales, y esenciales, y especialmente el P, K, Ca y Mg están presentes en cantidades adecuadas.

El fósforo se encuentra presente en los minerales del suelo, siendo muy lentamente liberado para su utilización por la planta y se considera que solamente el 1% del fósforo total puede ser aprovechado anualmente por la planta.

Las plantas aprovechan en el año un 30% del fósforo que se aplica como abono.

Los abonos fosfatados se asimilan muy lentamente en los suelos ácidos y en los suelos calcáreos se inmovilizan con cierta rapidez; los suelos pesados lo fijan con facilidad, perdiéndose poco por lixiviación.

Las aplicaciones de abonos fosfatados son particularmente deseables cuando se necesita promover un mayor desarrollo radicular y deben aplicarse precisamente donde las raíces lo encuentren con facilidad.

Las plantas necesitan grandes cantidades de potasio que lo toman de las reservas naturales del suelo o de los fertilizantes químicos que se aplican.

De los fertilizantes potásicos aplicados, las plantas - utilizan alrededor del 50%.

El potasio es retenido por la fracción arcilla del suelo en forma intercambiable, pero está sujeto a lixiviación - por intercambio con el hidrógeno y con otros cationes, sin - embargo no se pierde tan rápidamente como el nitrógeno, ex- cepto en los suelos arenosos donde se lixivía fácilmente.

El nitrógeno, el fósforo y el potasio están íntimamente asociados como factores del desarrollo de la planta y ninguno de ellos produce efectos completos si alguno de los otros es deficiente (10).

En los suelos lateríticos del ingenio Adolfo López Mateos, en Veracruz, se obtuvo una clara respuesta a las aplicaciones de fósforo sobre el tonelaje de campo y sacarosa, a la dosis promedio de 83 kilogramos de  $P_2O_5$  por hectárea (11).

Ramos Sánchez, en los ingenios del estado de Jalisco, - observó respuesta muy amplia a las aplicaciones del nitrógeno, variando las dosis óptimas económicas de 138 a 223 kilogramos por hectárea. Los incrementos que se obtienen con estas dosificaciones en relación a los testigos van de 20.43 a 71.98 toneladas de caña y de 3.65 a 9.64 toneladas de azúcar (13).

En West Malaya, Africa se condujo un estudio de campo - para determinar los requerimientos de fósforo en la caña de azúcar, variedad NCo. 310, en un suelo arcilloso y ácido con alto contenido de aluminio, durante 3 años consecutivos. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en el rendimiento de caña entre las varias formas y niveles, pero todas las parcelas tratadas eran significativamente superiores al testigo en rendimiento de caña. Encontrándose - que la roca fosfatada fue más efectiva en costo por unidad - en base  $P_2O_5$ , en suelo muy ácido, pero algo superior al super fosfato triple y al fosfato dicálcico (14).

## MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el área cañera - del Ingenio "Rosales". lote No. 97, en terrenos del Sr. Ignacio Nava Sámano, en la zona de influencia del CRIAZU, Sindicatura de Costa Rica, municipio de Culiacán Sin., geográficamente la región está comprendida entre los paralelos  $24^{\circ}15'$  y  $25^{\circ}50'$  de latitud norte, entre los meridianos  $107^{\circ}20'$  y  $109^{\circ}05'$  de longitud oeste y entre los 5 y los 25 metros sobre el nivel del mar.

Cuenta con una precipitación pluvial media que varía de 350 a 700 milímetros y una temperatura media anual superior a  $22^{\circ}$  centígrados, teniendo como temperatura máxima  $36^{\circ}$  centígrados y como mínima de  $8^{\circ}$  centígrados sobre cero.

Considerando lo anterior el clima es muy cálido siendo julio y agosto los meses más calientes.

Las condiciones de precipitación pluvial y temperatura que prevalecieron durante el desarrollo del experimento se - presentan en la Tabla No. 1.

Tabla 1.- Precipitación pluvial y temperaturas medias, registradas en el Ingenio "Rosales", sindicatura de Costa Rica, municipio de Culiacán, Sin. durante el desarrollo del experimento en el ciclo 1976-78.

Meses	Temperatura Media °C	Precipitación Pluvial en mm.
Enero	17.3	9.8
Febrero	19.0	0.0
Marzo	18.0	2.0
Abril	19.8	1.0
Mayo	22.7	0.0
Junio	26.4	51.5
Julio	27.2	64.3
Agosto	26.9	92.4
Septiembre	27.0	46.3
Octubre	25.4	121.6
Noviembre	21.5	51.5
Diciembre	19.2	5.0

Con anticipación a la fecha de siembra, se hizo un muestreo de suelo y subsuelo, con el fin de conocer sus condiciones físico-químicas. Dicho muestreo se hizo a la profundidad de 0-30 centímetros para el suelo y 30-60 centímetros para el subsuelo; las cuales fueron secadas al aire libre, tamizadas y analizadas en el Laboratorio de Recursos Hidráulicos de la Ciudad de Culiacán, Sin. Las determinaciones efectuadas se reportan en la Tabla No. 2.

Tabla 2.- Características físico-químicas de suelo y subsuelo. En donde se desarrolló el experimento, en el ciclo 1976-78.

Determinaciones	Suelo 0-30	Subsuelo 30-60
Color Seco	10 YR 5/2	10 YR 5/8
pH	7.2	7.3
Arena           %	25.16	27.60
Textura Limo       %	15.16	15.24
Arcilla         %	59.18	57.16
Materia Orgánica	0.50	0.99
Nitrógeno Total %	0.025	0.049
Fósforo p.p.m.	7.0	7.0
Potasio p.p.m.	264.0	220.0
Sales Solubles	3.35	2.35
(mmhos/cm. a 25°C)		

El diseño experimental que se utilizó fue el "San Cristobal" con cuatro repeticiones y doce tratamientos, distribuidos en un bloque al azar. Los niveles probados de nitrógeno, fósforo y potasio fueron cuatro. En la Tabla No. 3 se enlistan los tratamientos.

La fertilización se hizo al momento de la siembra, haciéndose la aplicación al fondo del surco y tapándose con poca tierra para que no hubiera contacto con la semilla. Como fuente de nitrógeno se usó la urea (46% de N), para fósforo se utilizó el superfosfato triple de calcio (46% de P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>) y para potasio se utilizó el sulfato de potasio (50% de K<sub>2</sub>O).

Tabla 3.- Tratamientos estudiados de nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de la caña de azúcar en la zona del Ingenio "Rosales".

Tratamientos	Kg/Ha. N	Kg./Ha. P2O5	Kg./Ha. K2O
1.-	0	0	0
2.-	200	0	0
3.-	0	200	0
4.-	200	200	0
5.-	0	0	200
6.-	200	0	200
7.-	0	200	200
8.-	200	200	200
9.-	100	100	100
10.-	300	100	100
11.-	100	300	100
12.-	100	100	300

Para la siembra se usó una densidad de 10 toneladas de semilla por hectárea de la variedad NCo. 310, sembrándose en surcos separados de 1.40 metros. La siembra se efectuó el día 27 del mes de Julio de 1976.

El número de riegos fue de ocho, incluyéndose el de asiento o de germinación, el cual se aplicó el día 18 de agosto de 1976.

En las inspecciones realizadas al experimento, se ob-

servó que ninguno de los tratamientos sufrió ataque de enfermedades.

En cuanto a plagas, se detectó daño de rata la cual se controló mediante aplicaciones de cebos envenenados a base de warfarina.

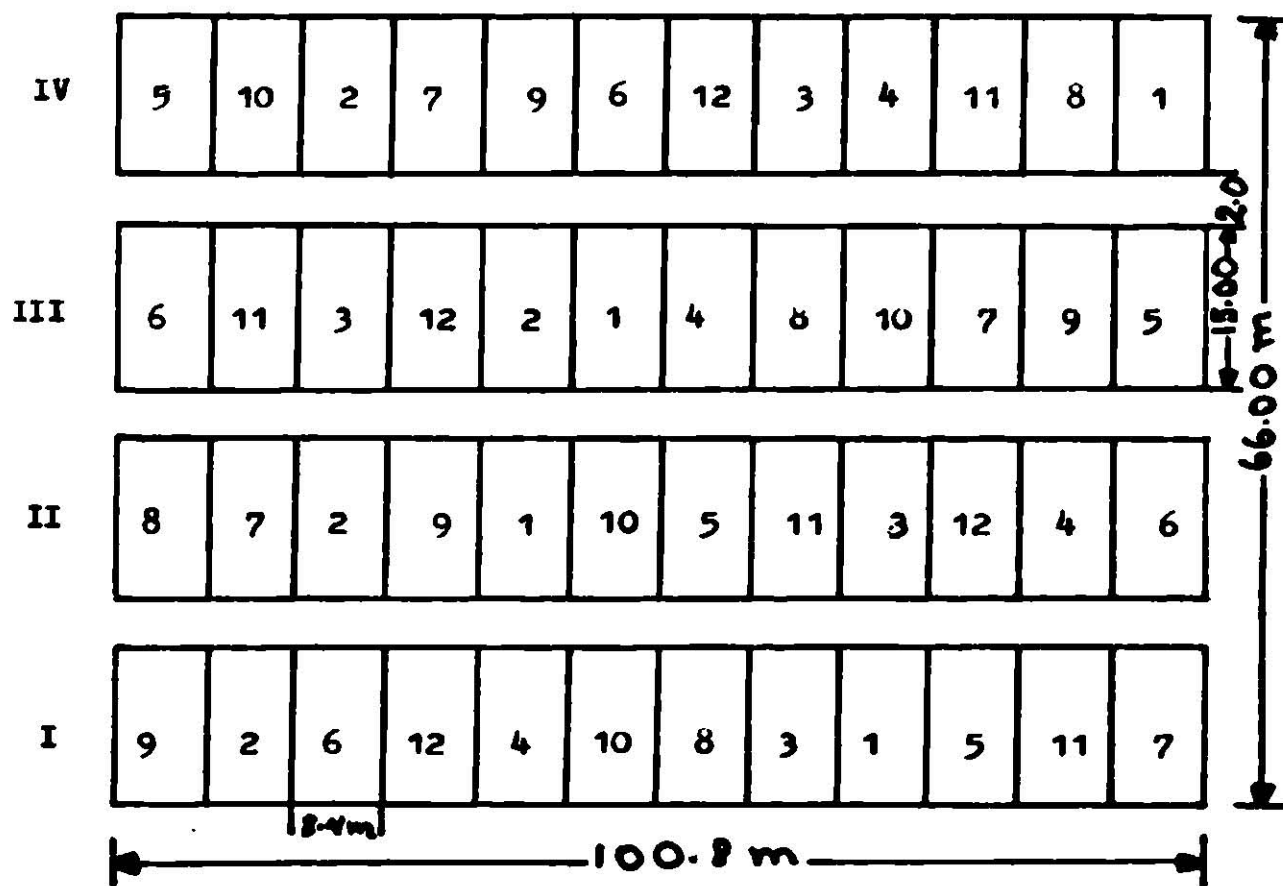
La cosecha se efectuó cortando la caña al ras del suelo, haciéndose atados de cada parcela útil que midió una superficie de ochenta y cuatro metros cuadrados procediéndose después a pesar para obtener su peso.

Con anticipación al corte se tomaron muestras de caña de cada una de las parcelas para determinar el contenido de sacarosa, humedad, fibra y pureza.

Durante el ciclo del cultivo se hicieron observaciones tales como: conteo de población inicial, conteo de amacollo y diez mediciones mensuales de altura; que sirvieron para evaluar los efectos de cada tratamiento, en conjunto con los análisis estadísticos de los datos de la cosecha.

En la figura No. 1, se muestran las dimensiones de las parcelas así como su distribución.





1.-	0	0	0
2.-	200	0	0
3.-	0	200	0
4.-	200	200	0
5.-	0	0	200
6.-	200	0	200
7.-	0	200	200
8.-	200	200	200
9.-	100	100	100
10.-	300	100	100
11.-	100	300	100
12.-	100	100	300

Fig. 1.- Tamaño y distribución de las parcelas de los diferentes tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de caña de azúcar en toneladas por hectárea, así como, los análisis de varianza respectivos se presentan en los apéndices A y B.

En las características de desarrollo y producción de los diferentes tratamientos se observó que había diferencias de altura, color del follaje y cierre de entresurco. A los 60 días después de la siembra se tomaron alturas de cada tratamiento, midiendo el testigo 15 centímetros y el tratamiento 200-200-0 midió 17 centímetros, siendo el más alto de todos los que se probaron.

El nitrógeno a partir de los dos meses hasta los 14 meses de edad del cultivo, cuando se efectuó la décima medición de alturas, marcó las diferencias en alturas, por ejemplo, el testigo midió 1.50 metros en comparación con los tratamientos dos, cuatro, ocho, diez y once; que midieron 1.92, 1.98 y 2.15 metros respectivamente.

Las mediciones se suspendieron a los 14 meses, a consecuencia de que la caña estaba muy caída, debido a su desarrollo, vientos frecuentes y propio peso.

Los testigos de fósforo y potasio, se observaron muy semejantes al testigo, en alturas, color y cierre de entresur-

cos.

Cuando se efectuó la cosecha después de 16 meses de sembrada, se observó que la caña de los tratamientos 2, 4, 6, 8, y 10 estaba muy caída.

El análisis económico indicó como mejor dosis de nitrógeno 180 kilogramos por hectárea, con la que se obtiene un rendimiento de 143.79 toneladas de caña y 18.73 toneladas de azúcar por hectárea, obteniéndose incrementos de 42.72 y 9.63 toneladas de caña y azúcar por hectárea en relación al tratamiento testigo, Fig. 2 del apéndice.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

1.- Los porcentajes de sacarosa del experimento muestran desde el punto de vista estadístico que no existen variaciones significativas a las diferentes dosificaciones de nitrógeno (de 0 a 300 kilogramos por hectárea); interpretándose lo anterior como una buena utilización del nitrógeno - por la variedad, debido a la aplicación oportuna del producto, aunando a lo anterior, se considera que el contenido de sacarosa es una característica genética propia de cada variedad.

2.- Los rendimientos de caña y azúcar se incrementaron en forma significativa hasta el nivel de 300 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

3.- Las aplicaciones de fósforo y potasio no mostraron sobre los rendimientos efectos significativos.

4.- Se sugiere que se apliquen 180 kilogramos de nitrógeno por hectárea para la variedad NCo. 310 en ciclo plantilla.

5.- Las aplicaciones de fertilizantes se deben hacer -

desde el momento del surcado, al fondo del surco y en caso de aplicaciones complementarias deben hacerse antes del cierre de campo.

6.- Se debe mantener un adecuado control de malezas para evitar que consuman el fertilizante y el agua.

7.- Deben continuarse los trabajos de fertilización en este tipo de suelo y variedad con la finalidad de afinar más la dosis de fertilización.

8.- No se debe aplicar fertilizante nitrogenado a los campos de caña que estén próximos a cosecharse, ya que se ocasionaría: prolongación del ciclo negativo, emisión de manos y por consecuencia baja recuperación de azúcar en la industria.

## RESUMEN

Con el fin de obtener información sobre la respuesta - del cultivo de la caña de azúcar a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos; se llevó a cabo un estudio en el Ingenio "Rosales", Sindicatura de Costa Rica, municipio de Culiacán, Sin.

El diseño utilizado fué el "San Cristóbal" con cuatro repeticiones y 12 tratamientos distribuidos al azar, se probaron cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio (0, - 100, 200 y 300).

La superficie total por tratamiento fué de 126 metros cuadrados, cosechándose 84 metros cuadrados como parcela útil.

La aplicación del fertilizante se hizo a mano antes de la siembra, utilizando como fuente de nitrógeno la urea - - (46% N), para el fósforo se utilizó el superfosfato triple de calcio (46% de  $P_2 O_5$ ) y para el potasio se usó el sulfato de potasio (50% de  $K_2O$ ).

La siembra se efectuó el 27 de julio de 1976, sembrando la variedad NCo. 310, a una densidad de 10 toneladas por hectárea.

El número de riegos aplicados fue de ocho, incluyendo el de asiento o de germinación.

Los resultados obtenidos de este estudio fueron los siguientes:

- a) No se observaron efectos significativos en los contenidos de sacarosa debido a los diferentes niveles, de nitrógeno probados.
- b) Se observaron aumentos significativos en los rendimientos de campo y azúcar hasta la dosis de 300 kilogramos de nitrógeno.

El análisis económico indica como dosis más apropiada 180 kilogramos por hectárea, con una producción media de 143.79 toneladas de caña y 18.73 toneladas de azúcar por hectárea, con incrementos de 42.72 y 9.63 toneladas de caña y azúcar respectivamente/ha, sobre las parcelas no fertilizadas.

Los niveles de fósforo y potasio 0, 100, 200 y 300 probados, muestran incrementos en los rendimientos de campo y azúcar, pero carecen de significancia estadística.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1.- Aloma, J. "et al" 1974. Advances in Sugarcane Fertilization in Cuba. ISSCT, Proceedings XV Congress, Durban, South Africa, Vol. 2 Pags. 608-617.
- 2.- Chena González, R. "et al". Primer Informe Técnico del IMPA, CNIA, Serie Divulgación Técnica, Libro No. 4, Páginas 26-36, Editora Nacional Agropecuaria, S. A. México, D. F.
- 3.- Chena González, R. "et al". 1976. Segundo Informe Técnico del IMPA, CNIA, Serie Divulgación Técnica, Libro No. 7, Páginas 61-73, Policromía, Taller de Imprenta y Offset, México, D. F.
- 4.- Fauconnier, R y Bassereau, D. 1975. La Caña de Azúcar. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Editorial "Blume", Barcelona, España, Páginas 19 a 21, 51 a 59 y 68 a 73.
- 5.- González Gallardo, A. 1973. El Desarrollo del Cultivo de



la Caña y la Producción de Azúcar en México en los 435 años de Existencia (1538-1973) de la Industria Azucarera Mexicana, Páginas 11-14.

- 6.- González Gallardo, A. "et al". 1974. Sazonado y Maduración de la Caña de Azúcar. CNIA, Serie Divulgación Técnica IMPA, Libro No. 6, Imprenta Venecia, - S. A. México, D. F. Páginas 42, 43 y 44.
- 7.- Humbert, R. P. 1974. El Cultivo de la Caña de Azúcar, - Editorial CECOSA, Páginas 42, -- 140-141, 161 y 177.
- 8.- Jacob, A y H. von U. 1973. Fertilización Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y Subtropicales, 4a. Edición, Página 167.
- 9.- Leal Guerra, J. F y M. Torres, B. 1975. Efecto de la - Fertilización Nitrogenada, Fosfórica y Potásica sobre los Rendimientos y Contenidos de Sacarosa

de la Caña de Azúcar en la Región de "Las Huastecas". V Convención de la Asociación de Técnicos Azucareros de México, A. C. Tampico, Tamps. Páginas 61-67.

10.- Ortiz Villanueva, B y A. González, G. 1960. Análisis de Suelos y Recomendaciones de Fertilizantes para la Caña de Azúcar, Páginas 73, 74, 75, 76, 77 y 78. Boletín Técnico No. 4 del IMPA.

11.- Peral Díaz, A y M. Torres, B. 1975. Determinación de la Dosis de Fertilización para el Cultivo de la Caña de Azúcar, en los Suelos Lateríticos del Ingenio "Adolfo López Mateos", Tuxtepec, Oaxaca. V Convención de la Asociación de Técnicos Azucareros de México, A. C. Tampico, Tamps. Páginas 68-72.

12.- Ramírez Quiroz, E. 1976. Evaluación Comercial de Algunas Variedades de Caña de Azúcar en la Cuenca del Papaloapan, Tesis Profesional, "E.S.A. Hermanos

Escobar", Cd. Juárez, Chihuahua,  
Páginas 2-8.

- 13.- Ramos Sánchez, M y M. Torres, B. 1976. VI Convención -  
de la Asociación de Técnicos Azu  
careros de México, A. C. Acapul-  
co, Gro. Páginas 132-138.
- 14.- Y.C, Pan y K.L. Eow. 1974. The Response of Sugarcane to  
Three Forms of Phosphate Fertilizer in Three Successive Cultiva-  
tions. Sugarcane Experiment Sta-  
tion, Gula Perakberhad, Pantai -  
Remis, West Malaya. ISCCT, Proced  
edings XV Congress Durban, South  
Africa, Volume 2, Páginas 576-585.

## APENDICE A

Tabla 4.- Rendimientos de caña en toneladas por hectárea.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1.- 0 0 0	112.976	95.714	129.861	65.714	101.071
2.-200 0 0	127.262	136.310	152.500	139.048	138.779
3.- 0 200 0	107.500	115.000	88.214	100.119	102.708
4.-200 200 0	161.667	151.548	144.405	129.762	146.845
5.- 0 0 200	109.167	120.357	69.524	77.738	94.196
6.-200 0 200	143.810	156.071	128.929	121.905	137.678
7.- 0 200 200	91.190	71.310	58.571	129.286	87.589
8.-200 200 200	136.429	136.429	130.476	125.952	132.321
9.-100 100 100	111.190	117.262	138.571	145.000	128.006
10.-300 100 100	123.690	163.690	133.810	148.452	142.410
11.-100 300 100	165.476	152.857	99.524	127.024	136.720
12.-100 100 300	122.738	122.500	131.190	150.000	131.607

Tabla 5.- Análisis de regresión de la producción de caña en toneladas/Ha., con efecto lineal y cuadrático del nitrógeno.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Valores de F	
				Calculada	5%      1%
Bloques	3	876.50	292.17	0.75	2.90    4.46
Tratamientos	11	18983.38	1725.76	4.44	2.14    2.94
Regresión	2	17450.25	8725.13	22.44	3.30    5.34
Desviaciones	9	1533.13	170.35	0.44	2.19    3.01
Error	33	12833.63	388.90		
Total	47	32693.50			

## APENDICE B

Tabla 6.- Rendimientos de azúcar en toneladas con hectáreas.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
1.- 0 0 0	15.364	12.768	17.248	8.765	13.536
2.- 200 0 0	18.096	18.469	20.114	18.660	18.834
3.- 0 200 0	13.996	14.938	11.794	13.745	13.618
4.- 200 200 0	22.018	20.201	14.960	17.310	18.622
5.- 0 0 200	14.627	16.139	9.031	10.650	12.612
6.- 200 0 200	19.169	20.929	17.212	16.676	18.496
7.- 0 200 200	12.192	9.740	7.468	17.725	11.781
8.- 200 200 200	14.133	18.540	16.531	16.826	16.507
9.- 100 100 100	15.377	16.287	17.708	19.908	17.320
10.- 300 100 100	13.976	21.885	17.850	19.832	18.385
11.- 100 300 100	22.702	18.435	13.813	16.957	17.976
12.- 100 100 300	14.507	16.243	16.687	19.905	16.835

Tabla 7.- Análisis de regresión de la producción de azúcar en toneladas/Ha., con efecto lineal y cuadrático del nitrógeno.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	<u>Valores de F</u>		
				Calculada	5%	1%
Bloques	3	25.72	8.57	1.06	2.90	4.46
Tratamientos	11	295.71	26.88	3.33	2.14	2.94
Regresión	2	263.38	131.69	16.34	3.30	5.34
Desviaciones	9	32.34	3.59	0.45	2.19	3.01
Error	33	266.01	8.06			
Total	47	587.45				

**Fig. 2.- RESPUESTA DE LA CANA DE AZUCAR A LAS APLICACIONES DE NITROGENO.**

