

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

UTILIZACION DE MICROPARCELAS DE MAIZ
COMO METODO BIOLOGICO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA
FERTILIDAD DE SUELOS CAÑEROS

CARLOS JOSE FERNANDEZ BRUNKER

Guatemala
1983

UTILIZACION DE MICROPARCELAS DE MAIZ
COMO METODO BIOLOGICO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA
FERTILIDAD DE SUELOS CAÑEROS

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

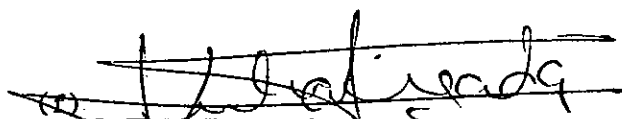
UTILIZACION DE MICROPARCELAS DE MAIZ
COMO METODO BIOLOGICO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA
FERTILIDAD DE SUELOS CAÑEROS

CARLOS JOSE FERNANDEZ BRUNKER

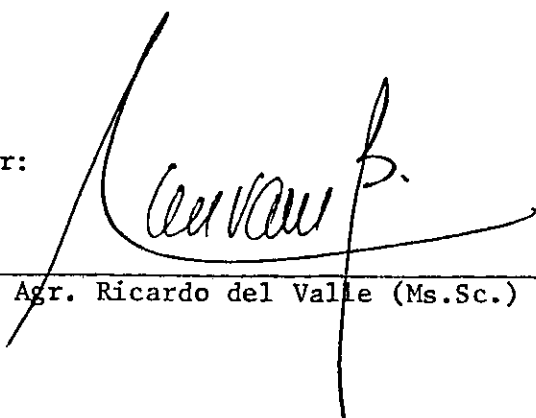
Trabajo de investigación presentado para optar el
título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico
de Licenciado en Ciencias Agrícolas

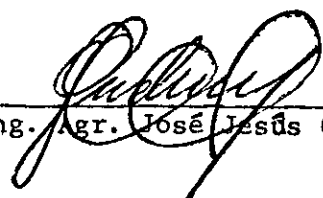
Guatemala
1983

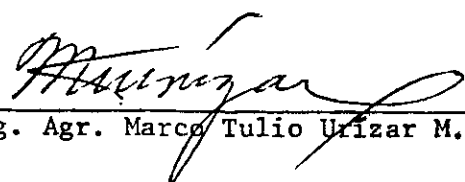
Vo.Bo.:


Ms. Sc. Julio R. Tejada
Asesor

Tribunal examinador:

(f) 
Ing. Agr. Ricardo del Valle (Ms.Sc.)

(f) 
Ing. Agr. José Jesús Chonay (Ms.Sc.)

(f) 
Ing. Agr. Marco Tulio Urizar M.

Fecha de aprobación: 20 de febrero de 1984.

A mi padre

AGRADECIMIENTO

Ingeniero Roberto Díaz Romeu

Doctor Julio Henao

Ingeniero Julio Tejada

Ingeniero José Jesús Chonay

Ingeniero Marco Tulio Urízar

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. Descripción botánica de la caña de azúcar	3
B. Cultivo y fertilización de la caña de azúcar en Guatemala	4
C. Condiciones del suelo para el cultivo de la caña de azúcar	5
D. Fertilización de la caña de azúcar	6
1. Nitrógeno	6
2. Fósforo	10
3. Potasio	12
4. Interacciones	15
E. Experimentos realizados en Guatemala sobre fertilización en caña de azúcar	16
F. Utilización de microparcels de maíz	19
1. Historia de las microparcels para el diagnóstico de suelos cañeros	19
2. Importancia del uso de microparcels	19
3. Fundamentos del método de microparcels	20
4. Usos y ventajas del método de microparcels	22
5. Utilización de microparcels en diferentes suelos	24

	Páginas
6. Microparcelas en suelos cañeros	27
III. MATERIALES Y METODOS	30
A. Localización y características de las áreas experimentales	30
B. Material experimental	31
C. Metodología experimental	32
D. Manejo de los experimentos	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	40
A. Resultados y análisis del peso de la materia seca	40
B. Resultados para el número de plantas	62
C. Resultados del efecto de los micronutrien <u>tes</u>	62
D. Resultados para el peso fresco	68
V. CONCLUSIONES	73
BIBLIOGRAFIA	77

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Guatemala. Índices de fertilidad de los suelos cañeros.	7
2	Tratamiento y niveles correspondientes al diseño dos factorial de N, P y K	26
3	Análisis de varianza para las microparcelas, para los ensayos de invernadero y campo	28
4	Porcentaje de asociación (r^2) y coeficiente de correlación (r) entre diversos métodos de ensayo	29
5	Productos fertilizantes, dosis en gramos, empleados en las microparcelas	33
6	Matriz de tratamientos utilizada en microparcelas para evaluar la respuesta a la fertilización	34
7	Análisis químico y físico de los suelos	38
8	Calendario de actividades en las tres localidades. Año 1982	38
9	Pantaleón. Análisis de varianza de pesos de materia seca, totales por parcela	43
10	Pantaleón. Prueba de Tukey para comparar medias de peso seco	44
11	Costa Brava. Análisis de varianza para peso de materia seca, totales por parcela	51
12	Costa Brava. Prueba de Tukey para comparar medias de peso seco	53
13	Santa Teresa. Análisis de varianza para pesos de materia seca, totales por parcela	58

Cuadro		Página
14	Santa Teresa. Prueba de Tukey para comparar medias de peso seco	59
15	Pantaleón. Análisis de varianza para el número de plantas	15
16	Costa Brava. Análisis de varianza para el número de plantas	65
17	Santa Teresa. Análisis de varianza para el número de plantas	66
18	Pantaleón, Costa Brava y Santa Teresa. Análisis químico para Ca, Mg y <u>micro</u> elementos del suelo	67
19	Correlación entre surcos laterales sin <u>micro</u> nutrientes y surcos centrales con <u>micro</u> nutrientes. Peso materia seca	69
20	Correlación entre surcos laterales sin <u>micro</u> nutrientes y surcos centrales con <u>micro</u> nutrientes. Peso fresco	69
21	Correlación resultados de surcos con <u>resul</u> tados totales por parcela: peso materia seca y peso fresco	70
22	Correlación entre peso fresco y peso materia seca	72

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Pantaleón. Resultados de peso seco	42
2	Pantaleón. Comportamiento de las diferentes interacciones. A. Interacción nitrógeno-fósforo; B. Interacción nitrógeno-potasio; C. Interacción fósforo-potasio	46
3	Pantaleón. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante	47
4	Pantaleón. Respuesta del maíz a diferentes niveles de fósforo con diferentes niveles de nitrógeno y potasio. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante	48
5	Comportamiento de los niveles 2 de nitrógeno con diferentes niveles de fósforo y potasio en cada localidad. A. Pantaleón. B. Costa Brava. C. Santa Teresa.	49
6	Costa Brava. Resultados. A. Resultados de peso seco en gramos; B. Resultados de % de peso en base al mayor rendimiento	50
7	Costa Brava. Comportamiento de las diferentes interacciones. A. Interacción nitrógeno-fósforo; B. Interacciones nitrógeno-potasio; C. Interacción fósforo-potasio	54
8	Costa Brava. Respuesta del maíz a diferentes niveles de fósforo con diferentes niveles de nitrógeno y potasio. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante	55

Figura		Página
9	Costa Brava. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante	56
10	Santa Teresa. Resultados. A. Resultados de peso seco en gramos; B. Resultados de % de peso seco en base al mayor rendimiento	57
11	Comportamiento de las diferentes interacciones. Santa Teresa. A. Interacción nitrógeno-fósforo. B. Interacción nitrógeno-potasio. C. Interacción fósforo-potasio.	60
12	Santa Teresa. Respuesta del maíz a diferentes niveles de fósforo con diferentes niveles de nitrógeno y potasio. A. Nivel bajo de fertilizante. B. Nivel intermedio de fertilizante. C. Nivel alto de fertilizante.	61
13	Santa Teresa. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante. B. Nivel intermedio de fertilizante. C. Nivel alto de fertilizante	63

RESUMEN

El uso de microparcelas de maíz es un método biológico, sencillo y económico que se emplea para determinar la respuesta de diferentes niveles de nutrimentos y sirve para establecer experimentos de fertilización de caña de azúcar en el campo. Además, determina el estado de fertilidad del suelo de un campo cañero, donde se incluyen los factores ambientales, así como las pérdidas de nutrimentos y el no aprovechamiento de ellos por fijación. Y por último, compara simultánea y rápidamente el estado de fertilidad de varios suelos de diferentes textura y estructura.

El método desarrollado por Holme con sus modificaciones, consiste en parcelar un área de 18 x 12.60 m; aplicar 27 tratamientos con cuatro repeticiones. Cada parcela mide 0.60 x 0.60 m, con una separación entre parcelas de 0.60 m x 1.20 m, entre réplicas. Se utiliza un diseño factorial de tres al cubo con bloques al azar. La aplicación de los nutrimentos nitrógeno, fósforo, potasio, (calcio, magnesio y elementos menores) se realiza a los niveles de 0X, X y 2X determinados en laboratorio por el método de correlación de análisis de suelo de Cate y Nelson.

La planta indicadora es el maíz, el que se cosecha después de cuatro semanas de crecimiento y se determina, el peso seco y húmedo de las plantas, el número de plantas por surco y el tamaño de las mismas. Con los resultados se realizan los análisis de varianza, la separación de medias, la correlación entre tratamientos y surcos y las cur-

vas de regresión, en donde se observan los mejores tratamientos de fertilizantes para ser utilizados en diferentes experimentos de fertilización en los suelos cañeros. Y así, poder determinar las curvas de respuestas para los diferentes nutrimentos en caña de azúcar, por suelo y por variedad, y para conocer el efecto residual de los fertilizantes a través de siembra y abonamiento sucesivo en un mismo sitio.

I. INTRODUCCION

Se cree que la caña de azúcar existe en Guatemala desde épocas muy remotas en la zona del Lacandón, Huehuetenango (1) y también se le atribuye a don Pedro de Alvarado la introducción de la misma al país, cerca de San Jerónimo, Baja Verapaz, donde se establecieron los primeros trapiches. Luego el cultivo se extendió hacia el sur de Antigua Guatemala, Escuintla y Santa Rosa. Actualmente hay plantadas 68,165 hectáreas en todo el país, con el esfuerzo de 18 ingenios y se produce aproximadamente 51,941 toneladas de azúcar, de las cuales se exportan 18,735 toneladas.

En Antigua Guatemala, en 1969 el estiércol de bovinos se llevaba en canastos sobre la cabeza de los jornaleros y se esparcía a su discreción en cultivos de caña de azúcar (41).

La fertilización óptima económica en una empresa agrícola, para la obtención de mayor productividad, depende en gran parte del buen criterio técnico y científico que se use en la evaluación de la fertilidad del suelo, previa a una recomendación de fertilizantes o formulación de enmiendas.

Los experimentos de campo son efectivos para definir las cantidades óptimas de fertilizante que deben ser aplicadas, pero son costosos en términos de tiempo y trabajo.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- A. Evaluar la metodología de microparcels de maíz para determinar la fertilidad de suelos cañeros.

- B. Orientar la investigación en fertilización a nivel de campo en caña de azúcar; y
- C. Generar tecnología apropiada sobre el uso y manejo de fertilizantes.

La hipótesis planteada para ser probada a nivel de campo fue que el uso microparcels de maíz como método biológico es tan eficiente como el método químico que se utiliza en el laboratorio para el diagnóstico de la fertilidad de suelos cañeros.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Descripción botánica de la caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es una planta perenne, clasificada dentro de la familia de las gramináceas. Forma un sistema vegetativo subterráneo del cual nace gran número de tallos, presentándose el conjunto como cepa. Los tallos son cilíndricos, de crecimiento vertical, inclinado o postrado, rectos o curvos, de 1.5 a 5 metros de longitud por 7 a 8 centímetros de diámetro (52). El peso varía de 300 gramos a 6 kg. (15). La coloración del tallo es variada: verde, amarillo, rojo o violeta; estos están cubiertos por hojas de 1 a 1.5 metros de largo por 5 a 3 cm. de ancho que se encuentran en continua renovación, insertándose en los nudos en posición alterna, hasta llegar a la punta, donde se localiza el cogollo. En ellos, por el aprovechamiento de la energía solar, comienza el proceso de elaboración del azúcar (15, 52).

Los tallos están compuestos por nudos y entrenudos de 2.5 hasta 25 cm. de longitud, siendo más cortos en la parte inferior (52).

Los entrenudos son suaves y jugosos y acumulan la mayor parte del azúcar que la industria extrae. Los nudos son duros y fibrosos. Allí se hallan: el anillo de crecimiento, la banda de las raíces, la cicatriz de la vaina y la yema. Cada trozo con dos o tres nudos puede formar una nueva planta, siendo ésta la forma de siembra empleada en este cultivo. El trozo plantado emite una raíz de esqueje, delgada, muy ramificada u superficial, de vida efímera, hasta que nacen las raíces del tallo, aproximadamente a los dos meses. Las raíces inicialmente son blancas,

carnosas y ramificadas; luego su corteza se arruga y se oscurece, creciendo hasta 0.5 metros de largo, formando cordones de 15 a 20 raíces (52).

La inflorescencia sale del cogollo. Es una panoja, constituida por un eje principal, al cual se insertan ejes laterales primarios, que a su vez comportan ejes secundarios y a veces terciarios. La ramificación se desarrolla más de la base hacia el vértice. En cada articulación están dispuestas espiguillas por partes, una sesil y otra pendulada, que contienen una flor bisexual de un solo óvulo (15).

La semilla de la caña es extremadamente pequeña; en realidad es un fruto cariósido. Fue en 1888, después de descubrirse su fertilidad, que se iniciaron estudios en Java y Barbados, donde se realizaron las primeras multiplicaciones sexuales de caña, hechas por investigadores para el mejoramiento genético de esta planta (15).

B. Cultivo y fertilización de la caña de azúcar en Guatemala

Según trabajo realizado por Zamora (52), en 1972 por medio de encuestas, registró que gran cantidad de fincas guatemaltecas utilizan de 2 a 4 variedades de caña, siendo las más usadas, en primer lugar, la PPQK; en segundo la B 43062 y en tercer lugar, la B 37-172. Hoy en día se utilizan gran cantidad de variedades nuevas. La mayoría de las pequeñas y medianas fincas levantan cuatro socas y las grandes de cuatro a cinco. El rendimiento promedio en las fincas pequeñas es de 60 ton/ha en soca y 70 ton/ha en plantilla. En las medianas, 70 ton/ha en soca y plantilla y en las grandes, 80 ton/ha en soca y plantilla.

El 75% de las fincas grandes efectúan muestreos y análisis químico

del suelo cada dos años; en las fincas medianas y pequeñas no realizan el muestreo de suelos para los análisis. El 100% de las grandes fincas, el 56% de las medianas y el 50% de las pequeñas efectúan fertilización. La mayoría de las fincas realizaban dos aplicaciones de fertilizante en la plantilla, con dos meses de intervalo, utilizando en primer lugar, el triple 15; en segundo, 12-24-12 y en tercero, la urea con 46% de nitrógeno, con dosis de 300 kg/ha. La mayoría efectuaban dos aplicaciones de fertilizante en soca, con dos meses de intervalo, con los siguientes fertilizantes: 15-15-15, 15-6-24 y urea, con dosis de 300 kg/ha. El 12.5% de las fincas grandes utiliza como fuente de abono orgánico la cachaza y abonos verdes. Hoy dependiendo de la disponibilidad de capital y tecnología; las dosis y nutrientes ha aplicarse han variado.

C. Condiciones del suelo para el cultivo de la caña de azúcar

1. Propiedades físicas. Para que la caña de azúcar pueda desarrollar un sistema radicular abundante, necesita por lo menos 60 cm. de profundidad efectiva del suelo, que este posea buen drenaje, y que sea de textura media (16).
2. Condiciones fisiográficas y ambientales. El terreno debe tener pendiente que varía del 3 al 20%. La precipitación media anual debe ser de 2,000 mm. como mínimo. La altura oscila entre 200 y 1300 metros sobre el nivel del mar (16).
3. Propiedades químicas. Según Aguilar de León (1), los niveles óptimos de nutrimentos en los suelos cañeros deben ser los que se observan en el Cuadro 1. La reacción del suelo debe ser neutra, con pH de 6.6 a 7.2.

D. Fertilización de la caña de azúcar

El crecimiento de la parte aérea de la caña de azúcar, depende en gran parte del desarrollo radicular.

Algunas variedades de caña tienen capacidad para absorber y utilizar más nutrimentos del suelo, en las mismas condiciones climáticas y de suelo, y producen más caña y más azúcar. La dosis de fertilizante que se necesita varía según el nivel de fertilidad nativa del suelo, la cantidad de caña y la calidad del jugo que se desea; para la obtención del azúcar.

Antes de la década del 40, se realizaron pocos experimentos para evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada y fosfatada. De 1945 a 1949, se establecieron en Barbados 92 experimentos sobre niveles de nitrógeno y solamente el 21.7% de las variedades de caña empleadas mostraron rendimientos significativos de azúcar (41).

1. Nitrógeno. Este macroelemento es de alto costo y debe ser aplicado en cantidades óptimas, puesto que si es baja la aplicación de rendimientos menores de caña, y si es alta puede ocasionar baja calidad del jugo. Cuando las fuentes orgánicas de nitrógeno son inadecuadas, debe aplicarse fertilizante nitrogenado (41).

En experimentos hechos en Hawai, se ha comprobado que algunas variedades de caña utilizan más nitrógeno que otras (41).

La eficiencia del nitrógeno aplicado es baja, debido a que parte es utilizada por microorganismos del suelo; otra parte se convierte en nitratos, la cual se puede perder por deslave o lixiviación y parte se volatiliza.

El nitrógeno absorbido en los coloides del suelo está presente gene-

Cuadro 1
 Guatemala. Índices de fertilidad
 de los suelos cañeros

Índices	3% nitrógeno total	ppm fósforo	ppm potasio
Pobres	0.05 - 0.10	4 - 11	75 - 102
Medios	0.10 - 0.15	11 - 18	102 - 146
Ricos	0.15 - 0.25	18 - 22	146 - 222
Muy ricos	Más de 0.25	Más de 22	Más de 222

Fuente: AGUILAR DE LEON, J. de D. El cultivo de la caña de azúcar (1).

ralmente en forma amoniacal, es absorbido por la raíz y transportado a las hojas, donde tiene lugar la transformación en aminoácidos y sustancias protéicas. Se encuentra principalmente en las hojas y el cogollo; se almacena bajo las yemas axilares, la primordial de las raíces y el protoplasma de las células de almacenamiento.

La deficiencia de nitrógeno en las plantas produce clorosis, retarda el crecimiento, origina tallos de menor diámetro y produce raíces de gran longitud pero de pequeño diámetro en relación con las que reciben adecuado abastecimiento (41).

Según Borden (7) en sus estudios realizados sobre el nitrógeno, la presencia del mismo tiende a disminuir a medida que la planta de caña aumenta de edad. La época de siembra y la fertilidad del suelo son los factores básicos para determinar la dosis que hay que aplicar. Borden concluye que las altas dosis de nitrógeno producen una población más densa de plantas, pero causa alta mortalidad de los tallos primarios y gran incidencia de mamones.

Ayves (2) anotó los pesos acumulativos de nitrógeno, fósforo y potasio en plantas cañeras hasta la edad de 30 meses, determinando que la absorción es más activa entre los 3 y los 6 meses de edad, con una nivelación de la absorción de nitrógeno aproximadamente a los 12 meses de edad. Además concluye que "el nitrógeno es uno de los elementos mayores que tiene más efecto sobre la maduración y calidad de los jugos".

Las dosis altas de nitrógeno producen mayor porcentaje de azúcar reductor en el peso seco total, lo cual es deseable durante el desarrollo de la caña, puesto que indica un crecimiento vegetativo exuberante. Cuando un alto porcentaje de azúcar aún permanece no sintetizado a saca-

rosa, en la época de la cosecha, el exceso de nitrógeno es perjudicial para la calidad del jugo (41).

Cuando el nivel de nitrógeno es deficiente al aproximarse la caña a la madurez, el azúcar se acumula, por lo que es deseable que todo el nitrógeno haya sido utilizado por la planta durante su desarrollo, y llegue a la cosecha con bajos niveles de ese elemento. La capacidad de la caña joven para absorber y almacenar el nitrógeno para el desarrollo enfatiza la conveniencia de aplicar dosis altas durante las primeras semanas de su vida. Cuando se aplica exceso de nitrógeno puede retardar la madurez, y cuando la aplicación es tardía provoca una madurez prematura. Una dosis adecuada de nitrógeno, en ciertas condiciones, ayuda a manter un mejor crecimiento del sistema foliar y reduce la mortalidad de la caña (41). Es conveniente la aplicación fraccionada, tomando precauciones en la época de la última aplicación. Por lo tanto, se recomienda que la mayor parte del nitrógeno se aplique al principio del cultivo en cosechas de ciclo corto, y un medio a dos tercios de la dosis al iniciarse el cultivo para cosechas de ciclo largo, y el resto noventa días después de la siembra o corte.

En virtud de la naturaleza casi totalmente orgánica de este nutrimento, la obtención de la fracción disponible es sumamente difícil. Los únicos índices confiables de su aprovechabilidad son los que se obtienen mediante la determinación del nitrógeno mineralizado bajo condiciones de incubación, pero esta metodología tiene sus limitaciones de tipo práctico en relación con el tiempo para obtener los datos. En la mayoría de los casos se utiliza como criterio el nitrógeno total, que con contadas excepciones indica la disponibilidad real del mismo; más bien constituye

la evaluación del factor de restitución o reserva de este macroelemento. El uso de hidróxido de sodio (NaOH) o el cloruro de calcio (CaCl₂), ambos al 1 normal, para extraer la fracción cambiante, ha dado en la mayoría de los casos resultados satisfactorios (19).

2. Fósforo. Existe una tendencia general de la caña a responder a las aplicaciones de fosfatos mientras más baja sea la concentración en el suelo (41).

La falta de respuesta a las aplicaciones de fosfatos se relaciona a menudo con la aptitud del suelo para fijar grandes cantidades.

Las diferencias entre variedades de caña para las necesidades de fósforo son menores que las diferencias entre variedades para el nitrógeno y el potasio (41).

Se ha observado que se absorben de 184 a 900 gramos de fósforo por tonelada de caña producida. Este fósforo se encuentra en los tejidos meristemáticos de la caña que está en crecimiento. Su deficiencia reduce el largo y el diámetro de los tallos, produce un mal amacollamiento y el sistema radicular es deficiente, con escaso número de raicillas secundarias. Si no hay un abastecimiento adecuado de fósforo, baja el contenido del mismo más rápidamente en los tejidos adultos que en las secciones inmaduras, lo cual indica una migración hacia los tejidos de máxima actividad. Las hojas con alto nivel de fósforo tienen más actividad fotosintética que las hojas de bajos contenidos. Cuando hay deficiencia de fósforo se puede retrasar la madurez por menos eficiencia en el uso del nitrógeno (41).

Ayres y Haginara (3) enfatizan que la roca fosfórica es la más efectiva fuente de fósforo, principalmente cuando el Ph se mantiene entre 7.7 y

6.5. Su asimilabilidad es inversamente proporcional al nivel del calcio intercambiable y al grado de saturación del mismo.

En estudios realizados sobre fertilización con fósforo en caña se demostró que la colocación óptima es bajo la semilla. Experimentos de campo muestran que altas aplicaciones de fósforo durante la siembra son tan efectivas como las cantidades menores aplicadas al inicio del cultivo. A partir de la segunda soca se encontró que es necesario aplicar cantidades adicionales de fosfato para mantener los rendimientos óptimos (41). Hartt (23) demostró que de las secciones octava a la décima de los entrenudos son más dignos de confianza como tejidos indicadores que las hojas y vainas. En el análisis foliar de fósforo, una concentración menor de 0.04% se considera deficiente.

Para la extracción del fósforo, existe gran diversidad de sóluciones; las hay de naturaleza ácida y alcalina. Su eficiencia depende de los cultivares y particularmente de la participación relativa de los diferentes compuestos fosfatados del suelo en el proceso de solubilización del fósforo disponible para la planta. En Hawai, en las décadas 30 y 40, se usó una solución extractora con 1% de ácido cítrico, la cual demostró ser poco confiable cuando los suelos contienen grandes cantidades de fósforo en la materia orgánica (41). En Colombia se generalizó el uso de la solución Bray II, no siendo eficiente en todos los tipos de suelo y cultivos de ese país (19). El ácido clorhídrico (HCl) al 0.5 normal extrae más fósforo del que la caña de azúcar puede obtener. Una modificación del método de Truog, en donde se utiliza una solución extractrra de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 0.02 normal y suelo en un relación de 1:100. La solución demostró ser efectiva en suelos ácidos y neutros

(41).

3. Potasio. El uso de fertilizantes antes de 1923 fue muy limitado. En Hawai, en el período de 1940 a 1944 se cosecharon 200 experimentos con diseño de tratamientos en factorial con diferentes cantidades de potasio. El 35% de estos experimentos dió aumentos significativos en toneladas de caña por hectárea y el 36% dio aumentos significativos de azúcar por tonelada. En el 14.5% de los experimentos se obtuvo mejor calidad de jugos con dosis altas de potasio. En el período de 1950 a 1954, en el mismo país se cosecharon 169 experimentos. El 46.7% mostró aumentos en rendimiento de caña y el 39.6% mejor rendimiento de azúcar (41).

Con un bajo nivel de potasio intercambiable en el suelo se espera un mayor aumento en el rendimiento de toneladas de caña por ha al hacer una aplicación de potasio. El incremento de rendimiento será menor con un alto nivel de potasio intercambiable en el suelo al aplicar la misma dosis de fertilización potásica. Roger (41) expone que con un bajo nivel de potasio se puede obtener una respuesta significativa. En 57 experimentos que contenían inicialmente 190 kg. de potasio por hectárea se obtuvo aumento significativo de los rendimientos de azúcar con fertilización potásica; de 25 experimentos con niveles de 190 a 235 kg/ha, en 15 se obtuvo respuesta significativa; de 40 experimentos con niveles superiores a 235 kg/ha se presentó respuesta a la aplicación de potasio en 5 experimentos; y arriba de 300 kg/ha no hubo respuesta significativa a la fertilización. En Filipinas se encontraron aumentos significativos en rendimiento de caña siempre que el potasio intercambiable en el suelo fuese menor de 95 ppm. Entre 95 y 120 ppm. la respuesta fue variable. Arriba de 120 ppm. de potasio no hubo respuesta significativa. Se concluye que el

aumento en los rendimientos de azúcar con la fertilización potásica es pequeña o no significativa cuando el nivel de potasio intercambiable en el suelo es alto; y cuando el nivel de potasio intercambiable es inferior a 100 ppm. generalmente aumentan los rendimientos con fertilización potásica.

Bonnet (6) informa que el potasio asimilable es mínimo en los suelos lateríticos y podzólicos con nivel freático medianamente profundo y es máximo en suelos de las zonas áridas con baja precipitación.

Los suelos con deficiencia de potasio son generalmente de textura ar cillosa, muy meteorizada con estructura inestable, densos por compactación, con alta saturación de calcio; y la dificultad para obtener adecua das cantidades de potasio puede deberse a la alta humedad del suelo. El antagonismo del calcio y la baja velocidad del intercambio catiónico dis minuye el nivel de oxígeno en la superficie de la raíz a un valor insufi ciente para que haya una efectiva absorción del potasio (41).

Hay datos que muestran que 100 toneladas de caña/ha absorben un promedio de 250 kg. de óxido de potasio (K_2O) por hectárea. Otros autores dicen que una tonelada de caña extrae de 1 a 1.5 kg. de K_2O (41).

La concentración de potasio es mayor, en primer lugar, en los órganos jóvenes de la caña; en segundo lugar, en las vainas de las hojas y cogollo y, en tercer lugar, en las hojas adultas. El potasio dentro de la planta es móvil, va de las partes viejas a las jóvenes. Las partes jóve nes son las últimas en manifestar deficiencia. Se cree que existe una emigración de potasio de las hojas hacia el tallo antes de que la hoja llegue a estar fisiológicamente inactiva. La deficiencia de potasio en la caña se caracteriza generalmente por un bajo contenido de azúcar, de-

sarrollo deprimido, tallos más delgados, color amarillento en las hojas adultas de la base hacia el vértice y verde oscuro en las jóvenes. Luego las manchas toman coloración parda, con el centro necrótico y se unen. Comúnmente se presenta coloración rojiza en las células epidérmicas de la nervadura central en el haz de la hoja, y ésta empieza a morir en los márgenes y puntas (41).

Hartt (23) informó que la deficiencia de potasio produce una distribución anormal de los vasos en las raíces, reduce el tamaño de los vasos y de las células del parénquima en el tallo. Se forman grandes cavidades en la corteza de las raíces y produce subdesarrollo de los pelos radiculares. Además, encontró un efecto definido del potasio sobre la actividad de ciertas enzimas.

En los seis primeros meses el contenido de potasio en las hojas aumenta; al desarrollar la capa máxima de la caña el nivel de este nutrimento permanece constante. En Barbados se analizó el jugo de diferentes variedades de caña y se encontraron considerables variaciones, particularmente con respecto a la potasa. La concentración de potasio en la clorofila cruda guarda relación directa con las cantidades que se aplican del mismo como fertilizante (41).

El calcio promueve la eliminación de agua de la planta y el potasio promueve la turgencia de las células y mantiene la presión interna en los tejidos de la planta (41). Borden (7) demostró que las dosis altas de potasio producen un aumento en los niveles de humedad en la caña. El peso seco total de la planta tiene una relación lineal con las cantidades de potasio aplicadas. La relación potasio-humedad produce mejoras en la calidad del jugo de caña a niveles altos de nutrición potásica. "La in-

fluencia del potasio sobre la cantidad del jugo de la caña es mayor cuando los rendimientos de la caña mejoran; es decir, una deficiencia de potasa no sólo reduce la producción de la caña sino que rebaja la calidad del jugo" (41).

Roger (41) informa sobre ensayos experimentales donde a mayores niveles de potasio hay aumentos en el diámetro de los tallos, el grado Brix y la pureza.

Análisis foliares demuestran que la vaina de la tercera a la sexta hoja, así como la sección comprendida del octavo al décimo entrenudo, son tejidos igualmente efectivos para indicar las necesidades de potasio (41).

Se juzgan necesarias las aplicaciones fraccionadas de potasio donde existen pérdidas de este elemento por lixiviación que ocurre en zonas con alta intensidad de precipitación, suelos ácidos, terreno con pendiente suave y perfil con permeabilidad lenta o rápida (41).

La extracción del potasio disponible en el suelo es teóricamente fácil. La razón radica en el hecho de que para evaluar la disponibilidad de este elemento, bastará extraer la fracción intercambiable, ya que se supone que esta fracción constituye la mayor parte del factor de capacidad del suelo. Se halla prácticamente estandarizado el uso de acetato de amonio de 1 normal a pH 7 para extraer la fracción intercambiable de este elemento; no obstante, en algunos casos se prefiere el uso del ácido clorhídrico (HCl) al 0.5 y 1 normal para la extracción de este nutriente (19).

4. Interacción. Yuen y Borden (51) informan que el potasio, así como el fósforo, aceleran la absorción del nitrógeno a través de las raíces

de la caña.

Numerosos experimentos realizados en invernadero o en el campo han demostrado que el mayor rendimiento de caña y de azúcar se obtiene con la combinación de nitrógeno y potasio en altos niveles, en tanto que los bajos rendimientos provienen de la combinación de nitrógeno alto con bajo potasio (41).

Hartt (23), en sus estudios sobre la interacción entre nitrógeno y potasio, demostró que tanto la síntesis como la traslocación de las proteínas disminuye con la escasez de potasio, como resultados de una acumulación de nitrógeno en las hojas y en los tallos.

Durante el período de 1950 a 1954, de 236 experimentos con distintas dosis de nitrógeno con aplicaciones necesarias de fósforo y potasio, se obtuvo un aumento significativo del rendimiento del 31.8% (41).

E. Experimentos realizados en Guatemala sobre fertilización de la caña de azúcar

1. En la estación experimental de Costa Brava, departamento de Escuintla, en 1975 se realizó un ensayo sobre el efecto del nitrógeno y el potasio en el cultivo de la caña de azúcar. Los suelos pertenecen a la serie Guacalate (42) son de textura franca. Costa Brava está a una altura de 200 m sobre el nivel del mar. Se empleó para el efecto el diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial fraccionado, y la variedad de caña B 43-62 (41).

Los resultados demostraron que no se obtuvo diferencia significativa entre medias de rendimientos en las diferentes zafras y se

concluyó que el factor limitante para la absorción del nitrógeno por la planta al máximo fue el potasio; por lo que la dosis óptima económica recomendable de nitrógeno es de 149 kg. por ha. El máximo de rendimiento en azúcar se obtiene con una dosis de 158.7 kg/ha de nitrógeno y la dosis de potasio debe ser de 88.79 kg. por hectárea.

2. En la estación experimental Cañal Mangalito de la Finca Pantaleón, departamento de Escuintla, localizada a una altura de 460 m sobre el nivel del mar, se realizó, en 1981, un ensayo donde se empleó como fertilizantes: urea, triple superfosfato y cloruro de potasio. Se evaluó el efecto de la fertilización en la variedad de caña B 46-119 (13).

Los resultados demostraron una significancia del 5% en el primer corte o plantilla, tomando como respuesta del tratamiento el peso de la caña producida. Los tratamientos evaluados de mayor rendimiento fueron los que aplicaron la dosis 0, 1 y 2 de nitrógeno y dosis 0 y 1 para fosfato y potasio. Los de menos rendimiento fueron los tratamientos con dosis 2 de potasio. La dosis unitaria aplicada fue de 195 kg/ha de fertilizante para nitrógeno y fósforo y 164 kg/ha para potasio. No hubo diferencia significativa entre tratamiento para las socas.

3. También en la misma estación experimental mencionada en el número anterior, se realizó otro ensayo durante el mismo año, con diferentes niveles de fertilizante compuesto la dosis unitaria de N fue 107.27 kg/ha, para P 01.81 kg/ha y para K fue 81.36 kg/ha. Se evaluaron las dosis 0, 1 y 2 para cada nutriente. Se tomaron

pesos de rendimiento de azúcar en plantilla y soca. Fue evaluado el efecto del fertilizante en la variedad de caña B 49-119 (13).

Los resultados indicaron que no se obtuvo diferencia significativa entre medias de rendimiento de caña y azúcar para ninguna de las zafras.

4. En la misma estación Mangalito de la Finca Pantaleón, Escuintla, también se realizó de 1979 a 1981 un ensayo de variedad-fertilizante, donde las características evaluadas fueron los pesos del rendimiento en toneladas de caña por hectárea y los rendimientos de azúcar en la misma unidad. La fertilización se hizo en las variedades B 37-172, B 43-62 y L 60-40 con nitrógeno, fósforo y potasio y los resultados se compararon con el testigo (13).

Los resultados demostraron que hubo diferencia significativa entre las variedades de caña empleadas una vez calculadas las medias de rendimiento, con y sin aplicación de fertilizante, en corte de plantilla y soca; pero no hubo diferencia significativa entre medias de rendimiento de azúcar, debido al fertilizante.

5. Otro ensayo se realizó en el Ingenio Pantaleón en 1983, con la aplicación de niveles crecientes de nitrógeno y fósforo en tres diferentes tipos de suelo. Se usaron tres variedades de caña, con el objetivo de conocer los niveles óptimos económicos de cada fertilizante (40). Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con ocho repeticiones. Se calculó el promedio de dos cortes. Los niveles de fertilización estudiados variaron de cero a 160 kilogramos de elemento puro por hectárea. Los resul-

tados obtenidos demostraron que existe diferencia entre los niveles de nitrógeno en una localidad donde el tipo de suelo se manifiesta deficiente en este elemento; mientras que en la otra localidad la aplicación de dosis altas de fósforo no dió diferencia significativa.

F. Utilización de microparcels de maíz para el diagnóstico de suelos cañeros

1. Historia de las microparcels. El método de las microparcels fue presentado originalmente por Holme en la revista British West Indies (BWI) Sugar Technologists, publicada en Barbados en 1944 (27).

En 1945 fue discutido nuevamente y presentado por B.W.I. Sugar Technologists ayudados por el Imperial College of Tropical Agriculture en Trinidad (47). Más tarde fue introducido por Hardy al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, donde se realizaron ensayos de microparcels en diferentes suelos y cultivos y los resultados fueron publicados por Hardy, Muller y Bazan (20, 21, 22). Después Martini introdujo la modificación 2 factorial (34).

2. Importancia del uso de microparcels. En cultivos extensivos donde el diseño experimental que se emplee para las respuestas de diferentes dosis de fertilización exige grandes áreas de terreno. El trabajo de campo puede durar varios años y se trabaja con altas magnitudes como respuesta de los tratamientos. Se puede efectuar un ensayo de microparcels de maíz previo a la reali

zación del experimento en el cultivo. El método de microparcelas constituye una herramienta de gran valor para diagnosticar los suelos cañeros, a fin de seleccionar los tratamientos a experimentar y asegurar la mejor orientación de ensayos de fertilización en caña. En trabajos de microparcelas realizados por Hardy (20), aplicando al maíz fertilizantes combinados en dosis de cero, uno y dos de nitrógeno, fósforo y potasio, de acuerdo a la codificación utilizada en el diseño experimental tres factorial. Se utilizó como índice de respuesta a los tratamientos aplicados el peso foliar fresco de plantas de maíz desarrolladas en las microparcelas en el término de un mes. Los pesos más elevados corresponden a las mejores respuestas de los tratamientos.

3. Fundamentos del método de microparcelas. Para conocer las dosis de fertilización económicamente rentables en un cultivo, debe llevarse el suelo de su fertilidad inicial a la fertilidad potencial. Esto con base en la disponibilidad de los nutrimentos del suelo y el comportamiento de los elementos de enmienda o dosificación a aplicarse y las necesidades de la planta o cultivo. Am los factores están condicionados estrechamente por el ambiente (43).

El éxito en la elección de las dosis dependerá del buen criterio técnico que se use en el análisis químico del suelo, las pruebas de laboratorio y los experimentos de campo o invernadero.

La técnica de Neubauer (35) y el método de microparcelas están basados en el uso de plantas indicadoras en pequeñas porcio-

nes o áreas de terreno. Esto permite seleccionar las diferentes dosificaciones de fertilizantes que se espera den las mejores respuestas de un suelo y adoptar esas dosis al cultivo que interesa.

Richard y Charamide (43) distinguen dos etapas claramente diferentes en el estudio de la fertilización: a) adaptar la fertilización al suelo; b) adaptar la fertilización a las plantas comerciales que se cultivan.

En la primera fase, llamada por otros autores etapa de inventario, la planta empleada sólo actúa como indicador y tiene como finalidad esencial definir las zonas homogéneas, en cuanto a los problemas de fertilización. En la segunda fase, son las necesidades de la planta comercial las que se estudian para determinar la fertilización de mantenimiento (43). Entre las plantas indicadoras que se usan preferentemente están las siguientes: a) para nitrógeno: maíz, hortalizas y plantas con tubérculos; b) para el fósforo: maíz, tomate, avena, cebada y lechuga; c) para el potasio: maíz, tabaco y tomate.

La técnica Charamide permite estimar la fertilidad actual de los suelos y conocer la fórmula de fertilización correctiva. Por su intermedio se establece una jerarquía de las diferencias nutritivas a partir de las producciones de materia seca, en ensayos de maceta (43).

Martine (34) supone que el crecimiento vegetativo, medido como peso seco al mes de desarrollo, es proporcional al estado nutricional del suelo y a la producción de grano si al cultivo se

le permite continuar su ciclo de vida. Se cree que la planta indicadores es la forma más realista de extraer y medir la cantidad de nutrimentos que se encuentran disponibles en el suelo. La planta es más precisa que una solución extractora y por lo tanto requiere menos trabajo de calibración que el método de análisis químico.

Charamide (43) expone que la variación de uno o más factores de crecimiento determinan la capacidad de producción del suelo; y su incidencia sobre la fertilidad determina los distintos niveles de ésta. Así que el ensayo de microparcels permite observar el efecto del ambiente, realizándolo en el mismo campo donde se practica el cultivo comercial. En el presente trabajo, para la caña.

Cuanto más uniforme es el sistema radical, mejor puede ser la correlación entre resultados de microparcels y las parcelas de campo convencionales (34). La zona radicular de las plantas de ensayo en los 20 ó 30 cm. superficiales del suelo es donde se realiza el mayor porcentaje de absorción de agua y de nutrimentos por las plantas maduras. De acuerdo con el crecimiento normal de la caña en la etapa de plantilla, el 85% de las raíces se concentra en los primeros 60 cm. de suelo (41).

4. Usos y ventajas del método de microparcels. El método de microparcels representa un camino eficaz para diagnosticar o caracterizar el estado nutricional del suelo (34).

Según Martini (34), "las microparcels de campo pueden emplearse para obtener la información preliminar necesaria para el

diseño de ensayos convencionales de campo. Estos es conveniente, ya que los ensayos de campo normalmente son muy costosos y por lo tanto los beneficios deben ser altos para su justificación".

Otros usos que pueden tener las microparcelsas son:

- a. Calibrar los métodos de análisis químicos del suelo en el laboratorio (34).
- b. Realizar estudios comparativos de la fertilidad de diferentes series de suelos (34).
- c. Ejecutar ensayos y determinar el efecto residual de los fertilizantes a través de siembras y fertilización sucesivas en un mismo sitio (34).
- d. Determinar las curvas de respuesta para diferentes nutrimentos (34).
- e. Evaluar la respuesta de la fertilización en diferentes condiciones climáticas a lo largo de un año, efectuándola varias veces.
- f. Estudiar la eficiencia de distintos fertilizantes, de diferentes casas comerciales que proveen un mismo macroelemento.

Martini (34) también cita la importancia del método de microparcelsas para un investigador recién llegado a una zona. Este puede derivar mucha información útil de su uso. También las microparcelsas constituyen un método didáctico muy impresionante y convincente, tal como lo demostró F. Hardy en el mutstreo de los suelos de Jamaica, realizando gran cantidad de microparcelsas en diferentes localidades, con lo que

posteriormente trazo isoyectas de respuesta a la fertilización.

Entre las principales ventajas se menciona: "Las microparcels se desarrollan en condiciones naturales de campo; éstas favorecen al método analítico químico en que representan un método más integral, ya que reflejan no sólo el contenido nutricional del suelo sino también otros factores de la producción, tales como: uso y manejo del mismo, el clima, el escurrimiento y otras propiedades del perfil del suelo que no son comúnmente determinadas en el laboratorio" (34).

Otra ventaja es que su ejecución requiere poco esfuerzo, poco tiempo y pocos gastos.

5. Utilización de microparcels en diferentes suelos

- a. Hardy, Muller y Bazán, autores de un artículo publicado en la revista Turrialba, titulado "Assessment of soil fertility by the maize micropolot test" (20), mencionan los resultados de un ensayo experimental con la aplicación del método de microparcels utilizando el diseño tres factorial en seis diferentes localidades de Costa Rica seleccionadas según la clasificación de suelos de Dondolli y Torres (11). El trabajo experimental es una muestra clara del método de microparcels como un método biológico para evaluar el estado nutricional del suelo. Exponen la forma de presentar los resultados y su graficación, la forma de interpretarlos y la forma de hacer

recomendaciones sobre la fertilización con base en los rendimientos en peso de la planta indicadora (20). De este estudio se hicieron dos publicaciones más (21, 22).

- b. Martini (34) sugiere una microparcela modificada que consiste en un diseño dos factorial de nitrógeno, fósforo y potasio con tres repeticiones. Sugiere también incrementar el tamaño de las parcelas. La nueva medida es 1 x 1 m. con cinco surcos y 50 plantas por parcela. Dicho investigador dice que si el propósito de la microparcela es el de hacer una evaluación preliminar de la fertilidad del suelo, el diseño dos factorial es más que suficiente. Se recomienda el diseño de superficie de respuesta como un método más sencillo e igualmente eficaz. Los tratamientos expresados en kilogramos, correspondientes al diseño indicado, de los macroelementos mencionados se muestran en el Cuadro 2 con opción de aplicar tratamientos adicionales (34).

Para caracterizar el comportamiento de la nueva microparcela y de correlacionar sus resultados con los de trabajos convencionales, de invernadero y campo, se realizaron ensayos simultáneos de los tres tipos; es decir:

- i) con microparcelas de campo,
- ii) con macetas de capacidad de 1 kg. de suelo en el invernadero y
- iii) con parcelas convencionales de 11 surcos de 15 m. de largo, utilizando el mismo suelo y el maíz como planta indicadora (34).

Cuadro 2

Tratamientos y niveles correspondientes
al diseño dos factorial de N, P y K

TRATAMIENTOS EN KG/HA			
N°	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	200	0	0
3	0	400	0
4	0	0	200
5	200	400	0
6	200	0	200
7	0	400	200
8	200	400	200

Tratamientos adicionales:

Tratamiento 8 + cal

Tratamiento 8 + cal + Mg

Tratamiento 8 + cal + Mg + S

Tratamiento 8 + cal + Mg + S + elementos menores

Fuente: Martini, J. D. "La microparcela de campo como un método biológico rápido para evaluar la fertilidad del suelo" (34).

En el ensayo de invernadero se tomó el peso seco vegetativo a las seis semanas y en las parcelas convencionales de campo se llegó a la producción de grano. Los resultados obtenidos se muestran en los Cuadros 3 y 4.

6. Las microparcels en caña de azúcar

Consiste en la aplicación del método de microparcels de maíz con el arreglo tres factorial, usando tres niveles para nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Expresando los resultados en porcentajes, comparados con el testigo. El método fue aplicado en zonas cañeras de Jamaica por Home y colaboradores en 1944 (27) y posiblemente este fue uno de los primeros trabajos realizados de microparcels.

Fué utilizada exitosamente para evaluar la fertilidad de los suelos productores de caña de azúcar y obtener la curva de respuesta de la caña al nitrógeno.

El trabajo no tiene el respaldo estadístico deseado, sólo se efectúan las microparcels simultáneamente a los experimentos en caña, pero se propone una correlación entre el crecimiento vegetativo del maíz de las microparcels y los experimentos en caña, el trabajo fue discutido por varios especialistas y en 1945 se discutió nuevamente; con el profesor Hardy como moderador y se presentó su publicación bajo el título de "The Utility and Technique of Maize Micropolt Test" (47).

Cuadro 3
 Análisis de varianza para las microparcelas
 1 y 2 y para los ensayos de invernadero y
 convencional de campo

Fuente	gl.	C. M.		gl.	C. M.	
		Micro- parcela	Inverna- dero		Micro- parcela	Campo
Repeticiones	2	19,791*	0.45	2	5,635	2.50
Tratamientos	4	178,810**	66.40**	6	221,730**	277.60**
Error	8	4,412	0.54	12	30,199	26.21
C. V.	-	15.1%	8.4%	-	23.4%	22.6%

* Significativo al nivel del 5% de probabilidad de cometer error tipo I

** Significativo al nivel del 1% de probabilidad de cometer error tipo I

Nota: En estos ensayos se eliminaron algunos tratamientos.

Fuente: Martini, J. D. "La microparcela de campo como un método biológico rápido para evaluar la fertilidad del suelo" (34).

Cuatro 4

Porcentaje de asociación (r^2) y coeficiente
de correlación (r) entre diversos métodos de ensayo

Correlación entre	$\frac{r^2}{(+)}$	$\frac{r}{(+)}$
Microparcela y campo	0.59	0.77*
Microparcela e invernadero	0.59	0.77*
Invernadero y campo	0.82	0.90*

* Significativo al nivel del 5% de probabilidad

Fuente: Martini, J. A. "La microparcela de campo como un método biológico rápido para evaluar la fertilidad del suelo" (34).

III. MATERIALES Y METODOS

A. Localización y características de las áreas experimentales

El presente trabajo experimental se realizó simultáneamente en tre lugares, así:

1. Estación experimental Mangallitos del Ingenio Pantaleón, situado en el Municipio de Siquinalá, Departamento de Escuintla, Guatemala. Su ubicación geográfica es 14°19' de lat.tud norte y 91°13' de longitud oeste y su altitud de 460 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 3,368 mm. distribuida de mayo a octubre. La temperatura media anual es de 27.16°C., la máxima de 36°C y la mínima de 14°C, según el INSIVUMEH.

Los suelos son aluviales, coalescentes, pertenecientes a la divi sión fisiográfica de suelos del declive del Pacífico, clasifica do entre las series Camantulul y Siquinalá, según Simons, Tárano y Pinto (44). El relieve del terreno es suave. El suelo es pro fundo, desarrollado sobre material extrusivo. La textura es franco-arenosa, con permeabilidad moderada, de consistencia fria ble. El material de origen es pedregoso. Posee una acidez mode rada con pH 5.6.

2. El ensayo dos se realizó en la estación experimental de Costa Brava, situado en el Municipio de la Democracia, Departamento de Escuintla, Guatemala. Geográficamente está a 14°15' de latitud norte y a 90°49' de longitud oeste, a una altitud de 200 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 3,157 mm., distribuida de mayo

a octubre. La temperatura media anual es de 27°C, la máxima de 38.8°C y la mínima de 14°C. Los suelos son aluviales, coalescentes, pertenecientes a la división fisiográfica de suelos del declive del Pacífico, clasificados entre la serie Guacalate (44). El relieve del terreno es suave. El suelo es profundo, desarrollado sobre roca volcánica extrusiva bien cementada. La textura es franco-arenosa, con permeabilidad moderada y consistencia friable. Estos suelos están asociados a los suelos Achiguate, Tiquisate y Faxinimá. El pH es de 5.8.

3. El tercer ensayo se hizo en la estación experimental Santa Teresa, Ingenio Santa Teresa, situado en el Municipio de Morán, Villa Canales, Guatemala. Localizado geográficamente a 14°29' de latitud norte y a 90°32' de longitud oeste, a una altitud de 1,220 m.s.n.m. tiene una precipitación media anual de 1,187 mm., distribuida de mayo a octubre. La temperatura media anual es de 26.2°C, la máxima de 36.2°C y la mínima de 16.2°C.

Los suelos son aluviales, pertenecientes a la división fisiográfica de suelos de la altiplanicie central y declive del Pacífico. Están clasificados en la serie Morán (44). La pendiente es escarpada, con pequeñas áreas casi planas y onduladas. Son suelos profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea. La textura es franco-arenosa, con permeabilidad mediana. Su consistencia es friable y están asociados a los suelos Fraijanes y Barberena. El pH es 6.3.

B. Materiales utilizados en el ensayo

Se utilizó maíz variedad ICTA B-1 para obtener datos a la mayor bre-

vedad posible, por su crecimiento rápido. La semilla de maíz no contiene grandes cantidades de reserva nutritiva con respecto a minerales.

Las fuentes de cada nutrimento fueron: sulfato de amonio al 21% de N, triple superfosfato al 46% de P_2O_5 , cloruro de potasio al 60% de K_2O , sulfato de calcio, sulfato de magnesio, y los micronutrientes usados fueron hierro, manganeso, cinc, cobre, boro, molibdeno y azufre.

C. Metodología experimental

Se empleó el diseño de tratamientos 3^3 para la dosis de 0X, 1X, y 2X de nitrógeno, fósforo y potasio. Cuadros 5 y 6.

Fueron distribuidos en bloques al azar con 4 repeticiones en cada una de las localidades.

La semilla fue sembrada en el campo en pequeños surcos, a chorro seguido. Cada unidad experimental consistió de 60 x 50 cm., con 3 surcos de 60 cm. de largo y una separación de 15 cm. entre surcos.

En cada surco se sembraron 15 semillas (45 semillas por parcela), con una distancia de 60 cm. entre tratamientos y dos metros entre bloques. El área por bloque fue de 61 metros cuadrados y la de cada experimento, de 244 m².

Se realizó análisis estadístico de los resultados de cada ensayo en las tres localidades.

Los datos de campo fueron sometidos a las siguientes pruebas y análisis estadístico.

1. Análisis de varianza

a. Se realizó análisis de varianza de peso seco de las plan

Cuadro 5

Productos fertilizantes utilizados en las microparcels; en gramos
 por parcela y equivalente de las dosis en kg. por hectárea;
 para caña de azúcar

Fertilizante	I.A.	Gr de fertilizante/ parcela		Kg de fertilizante/ hectárea		Kg de I.A./ hectárea	
		Dosis 1	Dosis 2	Dosis 1	Dosis 2	Dosis 1	Dosis 2
Sulfato de amonio	21	14	28	272.72	545.45	57.27	114.54
Triple superfosfato	46	12	24	98.81	197.60	45.45	90.90
Sulfato de potasio	60	3.8	7.6	90.90	181.80	54.54	109.08

FUENTE: Hardy, F. y R. Bazán. "Determinación del estado nutritivo del suelo por medio de la prueba de microparcels de maíz" (21).

Cuadro 6

Matriz de tratamiento utilizada en microparcels para
evaluar la respuesta a la fertilización

Código*	Gramos de fertilizante/parcela		
	N	P	K
0-0-0	0	0	0
0-0-1	0	0	3.8
0-0-2	0	0	7.6
0-1-0	0	12	0
0-1-1	0	12	3.8
0-1-2	0	12	7.6
0-2-0	0	24	0
0-2-1	0	24	3.8
0-2-2	0	24	7.6
1-0-0	14	0	0
1-0-1	14	0	3.8
1-0-2	14	0	7.6
1-1-6	14	12	0
1-1-1	14	12	3.8
1-1-2	14	12	7.6
1-2-0	14	24	0
1-2-1	14	24	3.8
1-2-2	14	24	7.6
2-0-0	28	0	0
2-0-1	28	0	3.8
2-0-2	28	0	7.6
2-1-0	28	12	0
2-1-1	28	12	3.8
2-1-2	28	12	7.6
2-2-0	28	24	0
2-2-1	28	24	3.8
2-2-2	28	24	7.6

*0: nivel bajo de fertilizante; 1: nivel intermedio de fertilizante;
2: nivel alto de nutrimento.

- a. El calcio es abastecido por el superfosfato, pero en aquellas parcelas que no reciben superfosfato, este elemento es aplicado en forma de sulfato de calcio a razón de 15 gr. por parcela.
- b. Para evaluar el efecto de la aplicación de micronutrientes, se agregó únicamente a los surcos centrales una mezcla de 2 gr. de sulfato de magnesio y 4 gr. de una solución de microelementos que contiene Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, o y S.

tas.

- b. Se hizo análisis de varianza por surcos de acuerdo al número de plantas en cada experimento. Se efectuó para ver la necesidad de someter a una corrección el número de plantas en relación con el peso como respuesta del tratamiento. Además para ver la posibilidad de suprimir este recuento en trabajos posteriores, ya que debido al gran número de tratamientos requiere mucho cuidado. Asimismo se hizo para estudiar si la metodología de colocación del fertilizante cerca de la semilla afecta la germinación o destruye las plántulas, alterando los resultados de la respuesta por parcela.

Se realizaron análisis de varianza por surco para el peso seco para evaluar el efecto de los micronutrientes aplicados en el surco central de cada parcela.

Se realizó un análisis de varianza por surco y total.

2. Correlaciones

- a. Correlación entre surcos laterales sin micronutrientes y surcos centrales con micronutrientes, en peso fresco y seco;
- b. Correlación entre resultados por surcos y totales por parcela, para peso de materia seca y peso fresco.
- c. Se calculó la correlación entre peso fresco y peso seco de las plántulas de cada parcela.

D. Manejo de los experimentos

Los experimentos se realizaron en las tres localidades simultánea

mente, aplicando la metodología con el diseño de tratamientos 3³ propuesta por Hardy (20) y luego recomendada por el CATIE (21).

1. Después de preparar el terreno y trazar el diseño, se distribuyeron los tratamientos en los tres surcos de cada parcela. Luego se aplicó como tratamiento adicional la mezcla de sulfato de magnesio y microelementos sólo en los surcos centrales. A las parcelas que en su tratamiento correspondiente no llevaron superfosfato, se les aplicó sulfato de calcio, distribuido en los tres surcos, para abastecerlas de calcio (21). La lista de tratamientos se puede observar en el Cuadro 6.
2. Se previno la pérdida de semillas contra el ataque de las aves y se mantuvo un riguroso control de plagas insectiles. La menor pérdida de material foliar puede ocasionar grandes alteraciones en los resultados. Las medidas adoptadas fueron las siguientes:
 - a. En el ensayo instalado en el Ingenio Pantaleón, se utilizó el insecticida Thimet (0,0-dietil-S-(etiltio-metil-fosforotioato) para el control de las hormigas;
 - b. En el de Costa Brava, se aplicó Disistón (0,0-dietil-S-(2-etilsulfinil-etil-fosforotioato) en polvo al 10%, también para controlar las hormigas; y
 - c. En el experimento hecho en Santa Teresa se usó el insecticida Metasystox (0,0 Dimetil-S-2-etilsulfinil-etiltiofosfato) líquido en el momento de sembrar el maíz para el control de las hormigas; y después de la germinación cuando la plántula estaba en crecimiento, para el control de crisomélidos.

Para prevenir el ataque a la semilla por aves, se colocaron cin-

tas metálicas sobre las parcelas, una vez sembrado el maíz.

3. Otras labores realizadas fueron:

- a. Control manual de malezas;
- b. Análisis químico del suelo, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 7.
- c. Después de una semana de haber nacido las plantas, se efectuó un raleo para dejar 10 plantas por surco, a fin de estandarizar el número de plantas por parcela. En Santa Teresa se tuvo que esperar once días para efectuar el raleo, ya que este lugar, a diferencia de los otros dos, se encuentra a una mayor altitud y presentó un desarrollo más lento de las plantas.
- d. Se realizó un recuento de las plantas raleadas, como medio de observación del efecto de la cercanía del fertilizante a las plántulas sobre la mortalidad de las mismas.
- e. Se cosecharon las plántulas de maíz de cada surco, por separado, un mes después de la ferminación, en los lugares ubicadados en la Costa Sur; y un mes y medio después de la germinación en el ensayo localizado en Villa Canales. El Cuadro 8 anterior muestra el calendario de actividades realizadas en cada localidad. Se tomó como medida proporcional de tiempo en días para las actividades en la microparcela localizada a mayor altitud, así como la diferencia en meses para el tiempo de cosecha de la caña en cada zona.
- f. Se limpiaron bien las raíces de las plantas de los residuos de suelo y se les tomó el peso fresco el mismo día de arran-

Cuadro 7

Análisis químico y físico de los suelos

Localidad	pH	mg/ml de suelo			Textura
		N	P	K	
Pantaleón	5.6	4.20	6.37	180	Franco-arenosa
Costa Brava	5.8	4.63	0.77	385	Franco-arenosa
Santa Teresa	6.3	2.73	18.67	528	Franco-arenosa

* Para la extracción de nitrato se usó ácido fenoldisulfónico; como solución extractora, para fósforo, azul de molibdeno; y para potasio intercambiable, el acetato de amonio pH 7.

* Metodología para el análisis químico de suelo. Para la extracción de nitrato.

Cuadro 8

Calendario de actividades en las tres localidades. Año 1982

Localidad	Siembra	Germinación	Raleo	Cosecha
Pantaleón	9 sept.	13 sept.	20 sept.	13 oct.
Costa Brava	7 sept.	11 sept.	18 sept.	11 oct.
Santa Teresa	31 ago.	7 sept.	19 sept.	27 oct.

- que; además se realizó un recuento de plantas.
- g. Las plantas cosechadas de cada tratamiento fueron expuestas a aereación, para evitar pudriciones. Luego se introdujeron en un horno a una temperatura de 150°C durante seis horas. Después se les cortó las raíces y se tomó el peso de la mate ría seca.
 - h. Durante el tiempo que duró el experimento se hicieron observaciones en cuanto al color, vigor y tamaño de las plantas.
4. Los datos de campo obtenidos de las microparcels fueron los siguientes:
- a. número de plantas raleadas por surco;
 - b. peso fresco de las plantas por surco;
 - c. número de plantas cosechadas por curso; y
 - d. peso de la materia seca por surco.

IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos y sus análisis se presentan en el siguiente orden:

A. Peso de materia seca

Se calcularon análisis de varianza de los pesos promedio totales por parcela en cada uno de los tres experimentos.

B. Número de plantas

Se calcularon análisis de varianza por surco.

C. Efecto de micronutrientes

Para evaluar el efecto de los micronutrientes se efectuaron análisis de varianza por surcos de las parcelas en cada lugar. Se calculó la correlación entre surcos laterales sin micronutrientes y los centrales con aplicación de micronutrientes de cada parcela, para materia seca.

D. Peso fresco

Se calcularon análisis de varianza por surcos y totales por parcela para cada lugar y la correlación entre surcos, como medida de comparación con el peso seco. Además se estableció su correlación con los resultados del peso seco.

A. Resultados del análisis de materia seca

Los análisis de varianza entre efectos del tratamiento y bloques dio resultados estadísticamente significativos. Los efectos de la respuesta para cada uno de los nutrimentos y sus interacciones en cada

experimento se exponen a continuación.

1. Pantaleón. En esta localidad, se observó respuesta al nitrógeno, fósforo y potasio, cuando el nivel de fósforo fue mayor que el de potasio. Las mejores relaciones de niveles de las dosis aplicadas fueron los tratamientos 2-2-2 y 2-2-1, Figura 1. Están de acuerdo con el análisis químico del suelo. El suelo de Pantaleón es bajo en nitrógeno, medio en fósforo y alto en potasio, Cuadro 7 anterior.

Existe significancia para nitrógeno y fósforo y en la interacción N-P, como se observa en el Cuadro 9, se obtuvo que la dosis de respuesta significativa para nitrógeno es 2. Para el fósforo las dosis 1 y 2 dieron diferencia entre ellas, y para las interacciones N-P se obtuvo que 2-2 y 2-1 son las dosis superiores y las inferiores para las que tienen ausencia de nitrógeno Cuadro 10.

En los resultados, Figura 1, el nitrógeno va de dosis de 2 a 0 en presencia de fósforo. La asimilación y respuesta del fósforo aumenta al incrementar el nitrógeno, como puede observarse en la gráfica de interacción N - P, Figura 2.

Para dosis de nitrógeno 2, el fósforo se comporta diferente; también a diferentes niveles de potasio. Esto puede observarse en la gráfica de niveles de potasio, Figura 3. Hay una respuesta a N-P cuando se aplica potasio; pero el potasio aplicado en esta localidad debe ser siempre menor o igual al fósforo, como se puede observar en las gráficas para diferentes niveles de fósforo, Figura 4. La dosis óptima la tenemos en la figura para do-

A

	N ₀			N ₁			N ₂		
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
K ₀	34	42	44	45	45	54	39	62	61
K ₁	39	42	32	45	51	49	53	65	69
K ₂	39	37	37	44	47	47	46	67	84

B

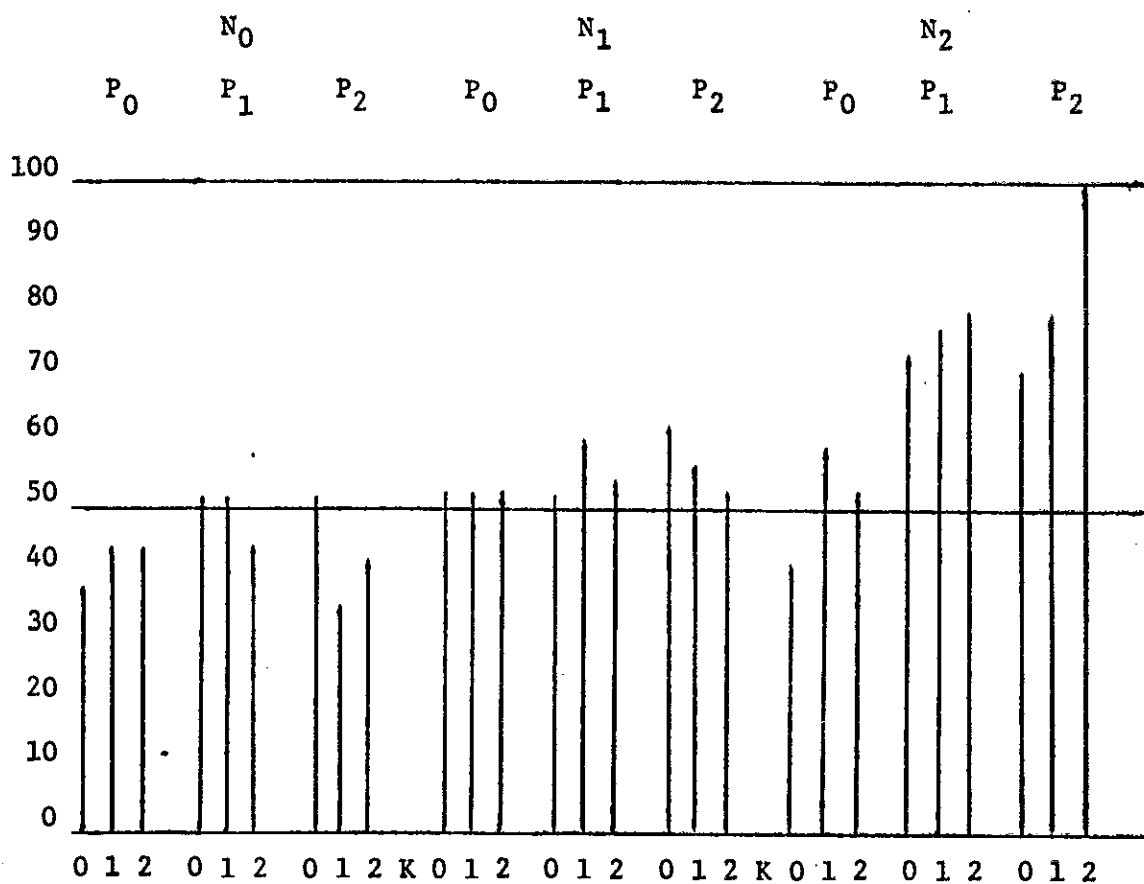


Fig. 1. Pantaleón. Resultados de peso seco en gramos, (A). Resultados de % de peso seco en base al mayor rendimiento, (B).

Cuadro 9

Pantaleón. Análisis de varianza para pesos
tomados por parcela de materia seca

	GL	SC	SCM	F	Nivel de significación
Modelo	29	21,631.87	745.92	4.84	0.0001**
REP	3	5,995.88		12.97	0.0001**
N	2	9,180.99		29.78	0.0001**
P	2	2,112.60		6.85	0.0018**
K	2	122.49		0.40	0.6735
N.P.	4	2,271.01		3.68	0.0084**
N.K.	4	786.52		1.28	0.2867
P.K.	4	378.84		0.61	0.6535
N.P.K.	8	783.52		0.64	0.7456
ERROR	78	12,022.61	154.13		
TOTAL	107	33,654.48			

** Altamente significativo.

C.V. = 25.1894%

$\bar{X} = 49.2872$

Desviación estándar = 12.41

$R^2 = 0.6427$

Cuadro 10
 Pantaleón. Prueba de Tukey para comparar
 medias de peso seco

Tratamientos		Peso seco <u>a/</u> en gr/parcela			
Nitrógeno	2	61.24	a		
	1	47.80		b	
	0	34.80			c
DSH (comparador)		(8.85)			
Fósforo	2	53.50	a		
	1	51.17	a	b	
	0	43.17		b	
DSH (comparador)		(8.85)			
Nitrógeno-fósforo					
2	2	72.03	a		
2	1	65.14	a	b	
1	2	50.39		b	c
1	1	47.69		b	c
2	0	46.56		b	c
1	0	45.34			c
0	1	40.69			c
0	2	38.09			c
0	0	37.63			c
DSH (comparador)					

a/ Las medias con la misma letra son iguales al 1% de probabilidad.

sis 2 de nitrógeno, para esta localidad, Figura 5.

2. Costa Brava. El experimento realizado en este Ingenio mostró que las mejores respuestas a los tratamientos aplicados fueron para las dosis 2-2-0. Esto coincide con el análisis de suelos, que muestra que éstos son bajos en nitrógeno y fósforo y altos en potasio, Cuadro 7 anterior. Al igual que en Pantaleón, existe una tendencia en los resultados, superiores para las dosis 2 de N e inferiores para las dosis 0, Figura 6.

El análisis de varianza indica que existe significancia a la aplicación para nitrógeno y fósforo, la interacción N-P y para potasio, Cuadro 11. Las mejores respuestas son para dosis 2 de nitrógeno y dosis 1 ó 2 de fósforo, así como los mejores rendimientos para las interacciones de dosis 2-2 y 2-1. Para el potasio, las respuestas a los tratamientos de este nutrimento son superiores para las dosis 0 del mismo e inferiores para la dosis 2 Cuadro 12. De acuerdo con los análisis de suelos de Costa Brava, el contenido de potasio es alto.

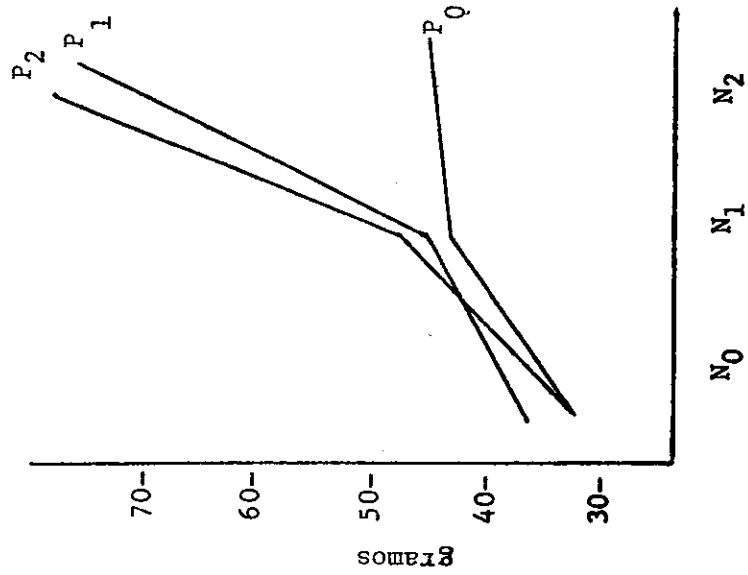
Al observar las gráficas de interacciones N-K y P-K, se ve que la mejor respuesta es para la dosis 0 de potasio, Figura 7. Esta tendencia se puede observar en las gráficas para diferentes niveles de fósforo, Figura 8.

Para la dosis 2 de nitrógeno en Costa Brava en ausencia de potasio, la mejor respuesta fue para las dosis 2 de fósforo, como se observa en las gráficas de diferentes niveles de potasio, Figura 9.

La respuesta a la dosis 2 de fósforo se puede deber a su ba-

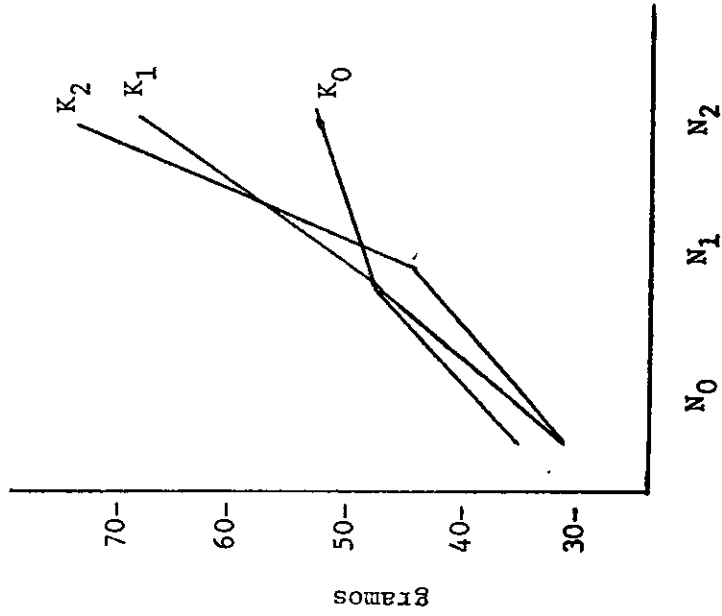
A

N-P



B

N-K



C

P-K

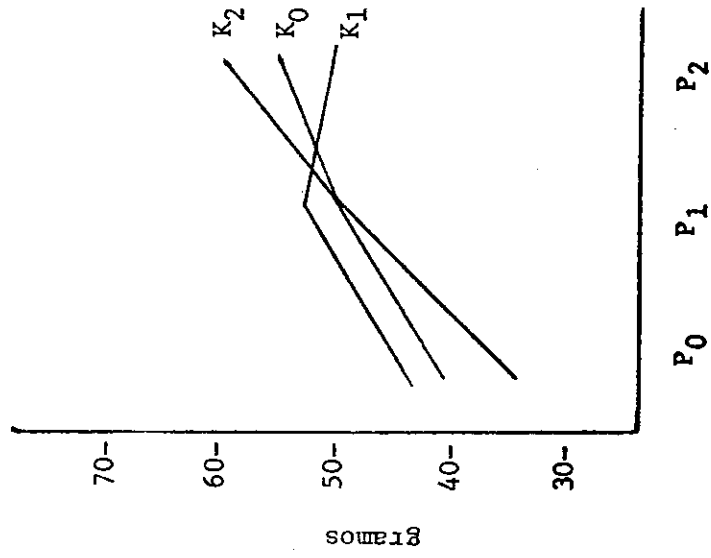


Fig. 2. Pantaleón. Comportamiento de las diferentes interacciones. A. Interacción nitrógeno-fósforo; B. Interacción nitrógeno-potasio; C. Interacción fósforo-potasio.

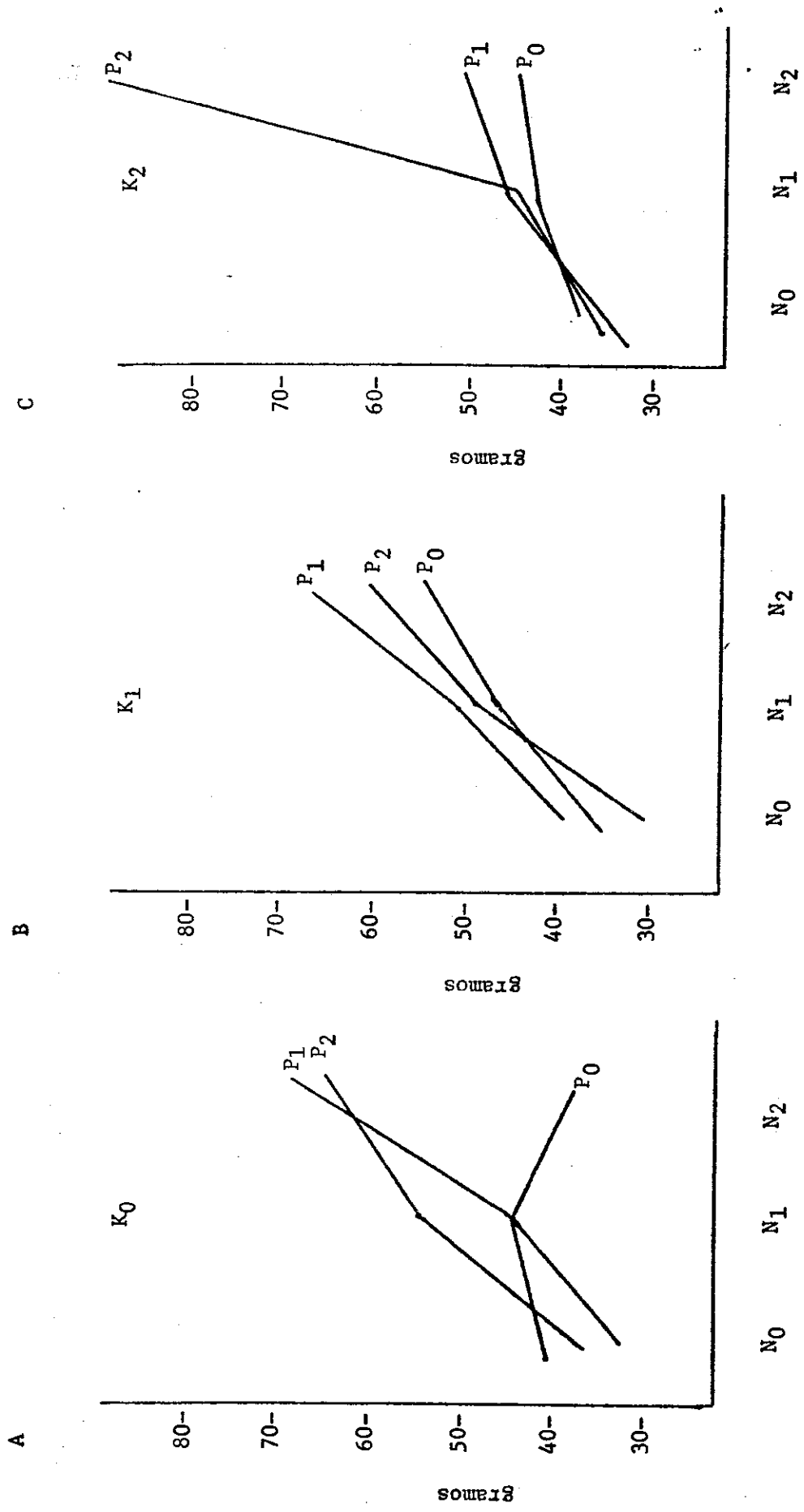
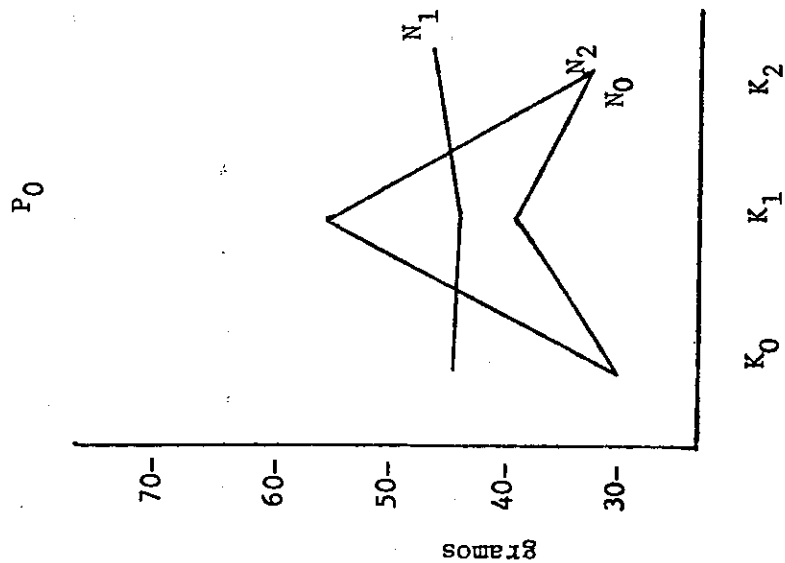
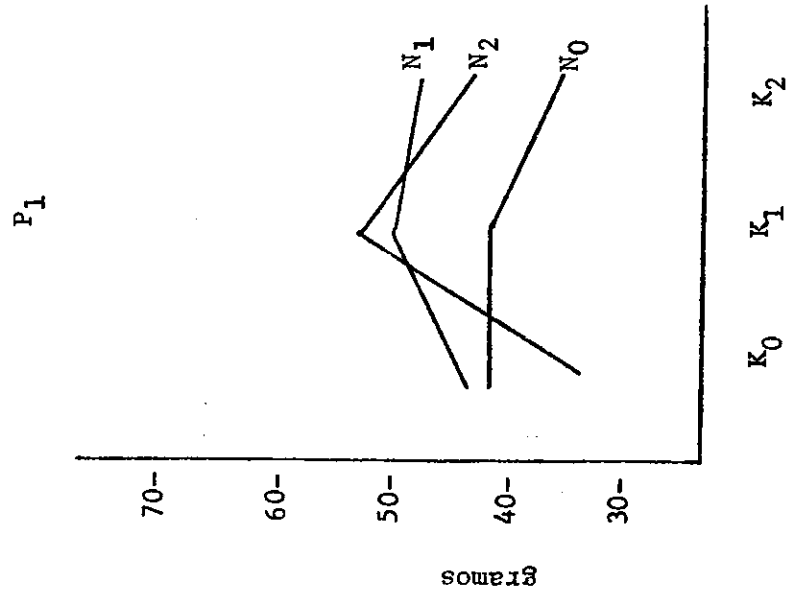


Fig. 3. Pantaleón. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio, con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante.

A



B



C

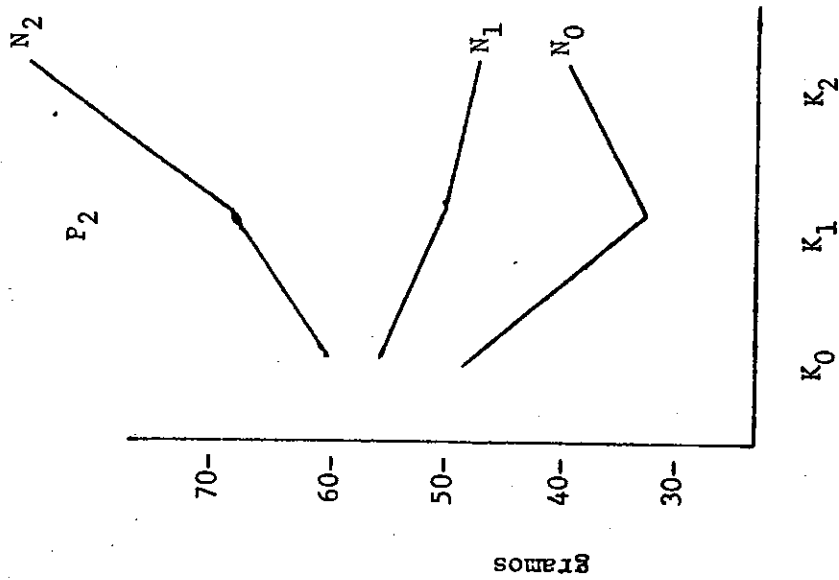


Fig. 4. Pantaleón. Respuesta del maíz a diferentes niveles de fósforo con diferentes niveles de nitrógeno y potasio. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante.

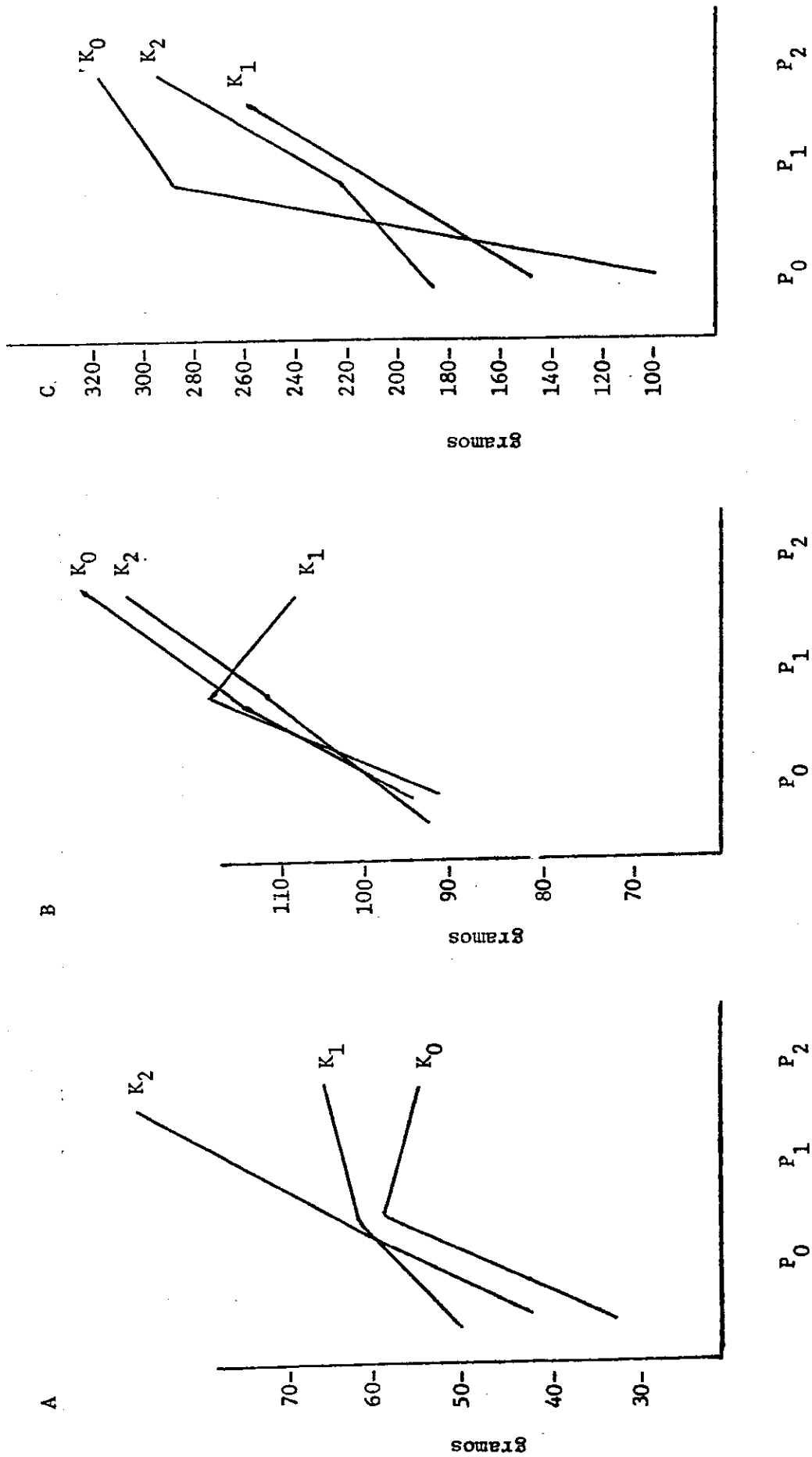


Fig. 5. Comportamiento de los niveles 2 de nitrógeno con diferentes niveles de fósforo y potasio en cada localidad. A. Pantaleón. B. Costa Brava. C. Santa Teresa.

A

	N ₀			N ₁			N ₂		
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
K ₀	79	83	81	91	104	107	98	119	123
K ₁	76	67	79	85	95	108	97	121	115
K ₂	67	84	67	83	99	994	97	115	118

B

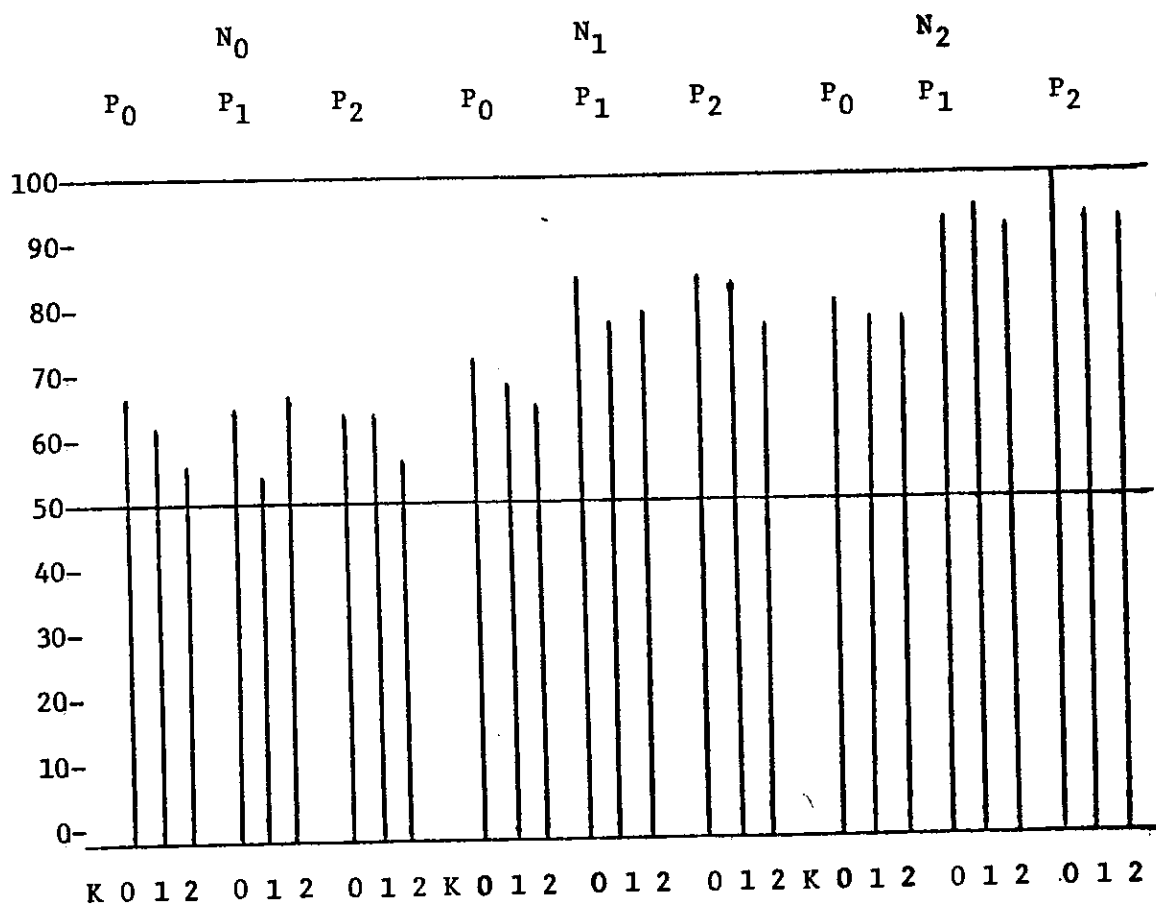


Fig. 6. Costa Brava. Resultados. A. Resultados de peso seco en gramos; B. Resultados de % de peso seco en base al mayor rendimiento.

Cuadro 11

Costa Brava. Análisis de varianza para pesos tomados
por parcela de materia seca

	GL	SC	SCM	F	Nivel de significación
Modelo	29	31,882.04	1,098.34	10.92	0.0001**
Error	78	7,848.90	100.62		
Total	107	39,700.95			
REP	3	1,092.59		3.62	0.0001**
N	2	22,792.58		113.25	0.0001**
P	2	4,028.75		20.02	0.0001**
K	2	907.83		4.51	0.0140*
N.P.	4	1,439.68		3.58	0.0099**
N.K.	4	161.76		0.40	0.8067
P.K.	4	484.98		1.20	0.3155
N.P.K.	8	943.83		1.17	0.3264

* Significativo

** Altamente significativo

C.V. = 10.5617%

\bar{X} = 94.9779

Desviación estándar = 10.03130

R^2 = 0.802299

jo contenido en el suelo y en parte probablemente al más bajo contenido de hierro, como lo muestran los análisis químicos para microelementos, mas adelante. También se observa que los contenidos de calcio y de magnesio son más elevados que en otras localidades.

En el cuadro de niveles 2 de nitrógeno, tenemos la mejor respuesta, para esta localidad Figura 5 anterior.

3. Santa Teresa. En este experimento hubo respuestas a la aplicación de nitrógeno y fósforo. Las combinaciones fueron para los tratamientos 2-2-0, 2-1-0 y 1-1-0, Figura 10. No hubo respuesta del potasio, al compararlo con el análisis de suelos de esta localidad. Es alto en contenido de potasio, Cuadro 7 anterior.

El análisis de varianza indica que es significativo para el nitrógeno y el fósforo y para las interacciones N-P y P-K, Cuadro 13. La mejor respuesta fue para la dosis 1 ó 2 de nitrógeno y la 1 ó 2 de fósfor, Cuadro 14.

Podría decirse que existe una respuesta significativa del nitrógeno en presencia del fósforo cuando el contenido de nitrógeno es superior o igual al de fósforo. Los mejores cendimientos para las interacciones N-P fueron para la dosis 2-2. La significancia para la interacción fósforo-potasio se puede deber al fósforo, ya que las dosis superiores de fósforo con dosis inferiores de potasio son las mejores respuestas, Cuadro 14.

En las figuras de las interacciones N-K se puede observar que son mejores las dosis 0 para potasio, Figura 11, y también en el nivel 2 de nitrógeno para 1 ó 2 de fósforo, Figura 12.

Cuadro 12

Costa Brava. Prueba de Tukey para comparar medias de peso seco

Tratamientos		Peso seco <u>a/</u> en gr/parcela			
Nitrógeno	2	111.87	a		
	1	96.64	b		
	0	76.40	c		
DSH (comparador)		(7.15)			
Fósforo	2	99.61	a		
	1	98.97	a		
	0	86.34	b		
DSH (comparador)		(7.15)			
Nitrógeno-fósforo					
2	-	2	119.17	a	
2	-	1	118.54	a b	
1	-	2	103.36	b c	
1	-	1	99.88	c d	
2	-	0	97.90	c d e	
1	-	0	86.69	d e f	
0	-	1	78.49	f	
0	-	2	76.29	f	
0	-	0	74.44	f	
DSH (comparador)		(15.52)			
Tratamientos		Peso seco <u>b/</u> en gr/parcela			
Potasio	0	98.88	a		
	1	94.11	a		
	2	91.94	a		
DSH (comparador)		(7.15)			

a/ Las medias con la misma letra son iguales al 1% de probabilidad.b/ Las medias con la misma letra son iguales al 5% de probabilidad.

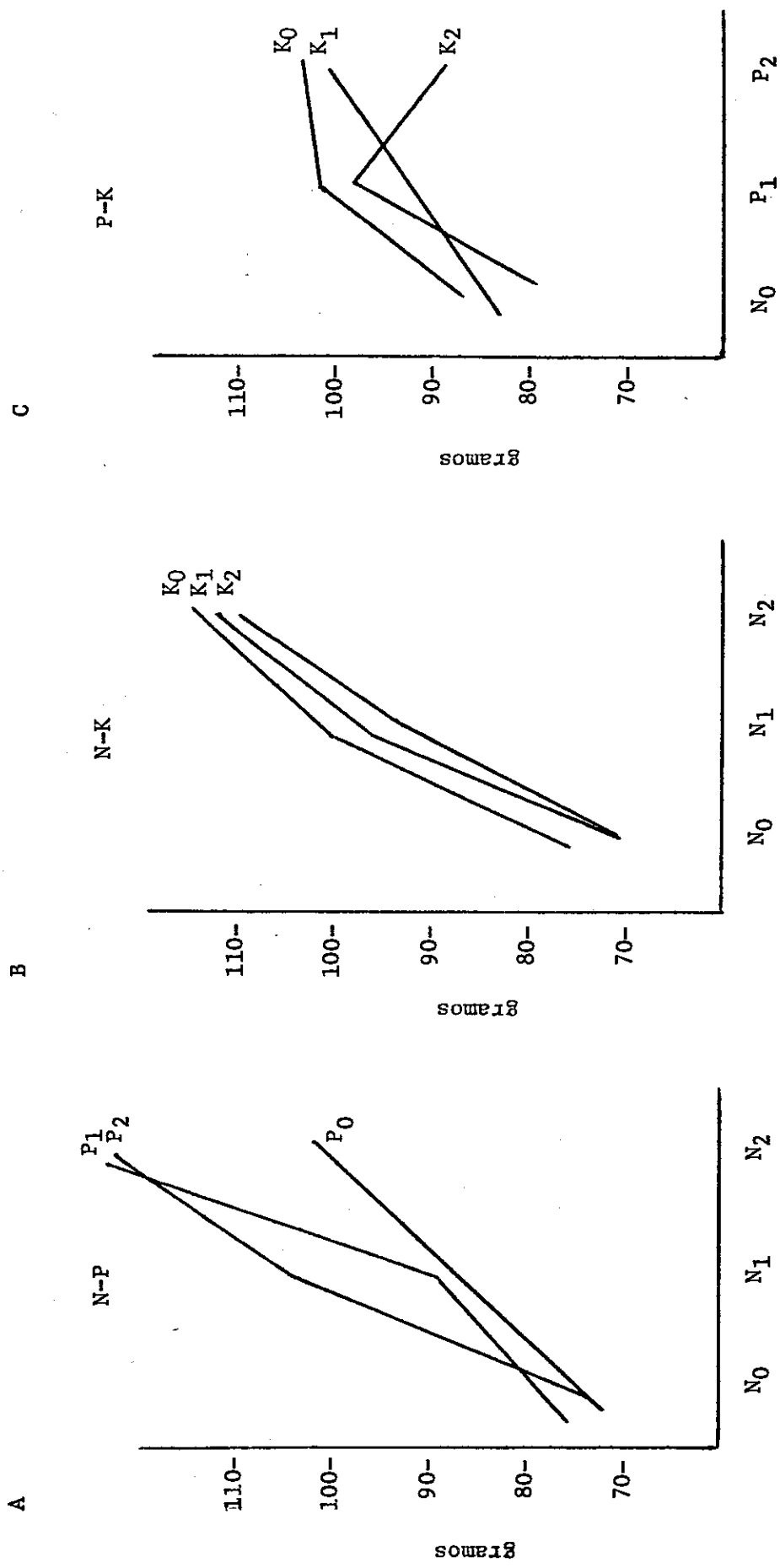


Fig. 7. Costa Brava. Comportamiento de las diferentes interacciones. A. Interacción nitrógeno-fósforo; B. Interacción nitrógeno-potasio; C. Interacción fósforo-potasio.

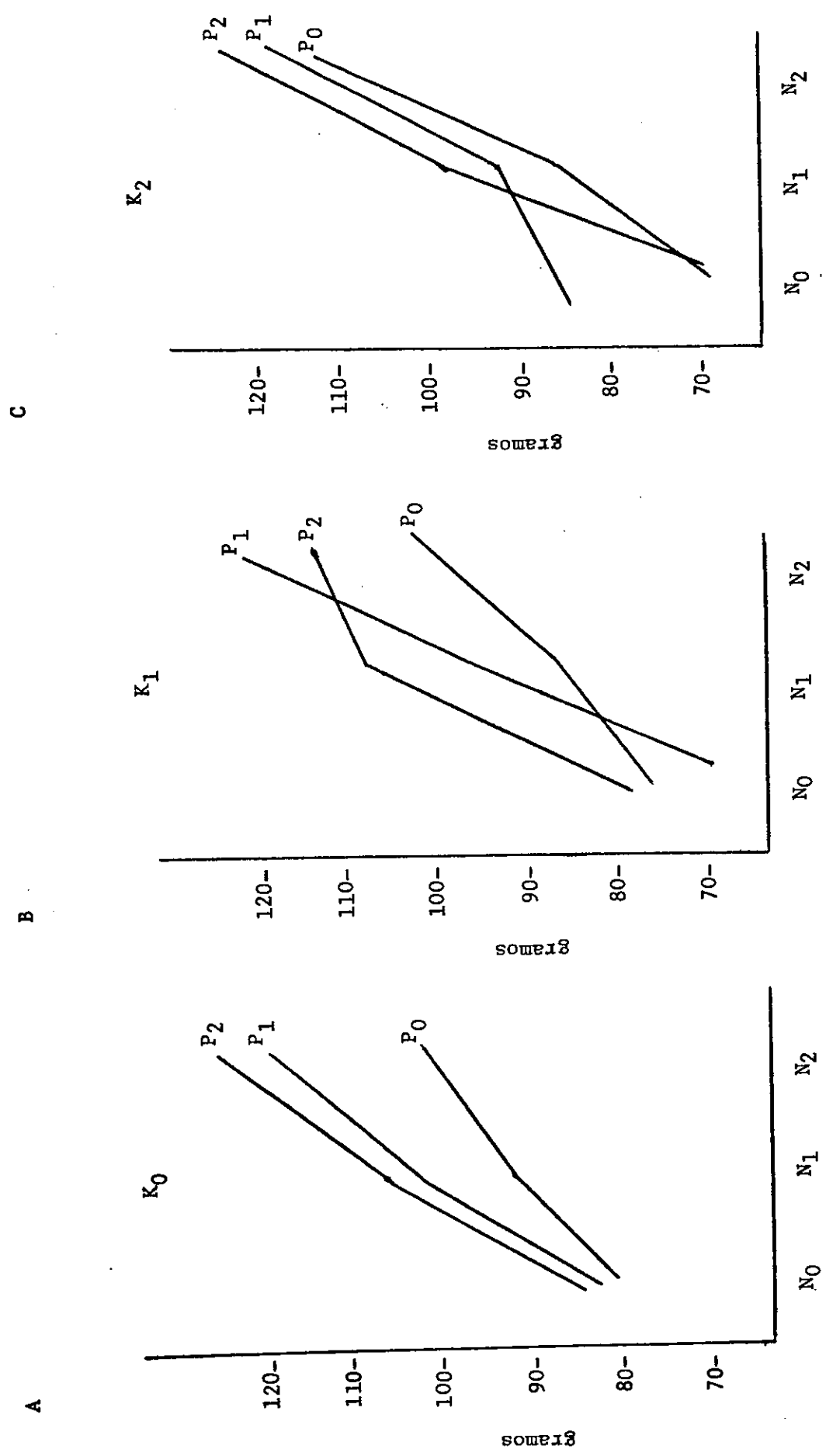


Fig. 9. Costa Brava. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante.

A

	N ₀			N ₁			N ₂		
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂	P ₀	P ₁	P ₂
K ₀	119	141	155	119	253	196	113	256	272
K ₁	115	119	146	154	190	197	129	204	245
K ₂	100	154	144	139	183	197	152	199	239

B

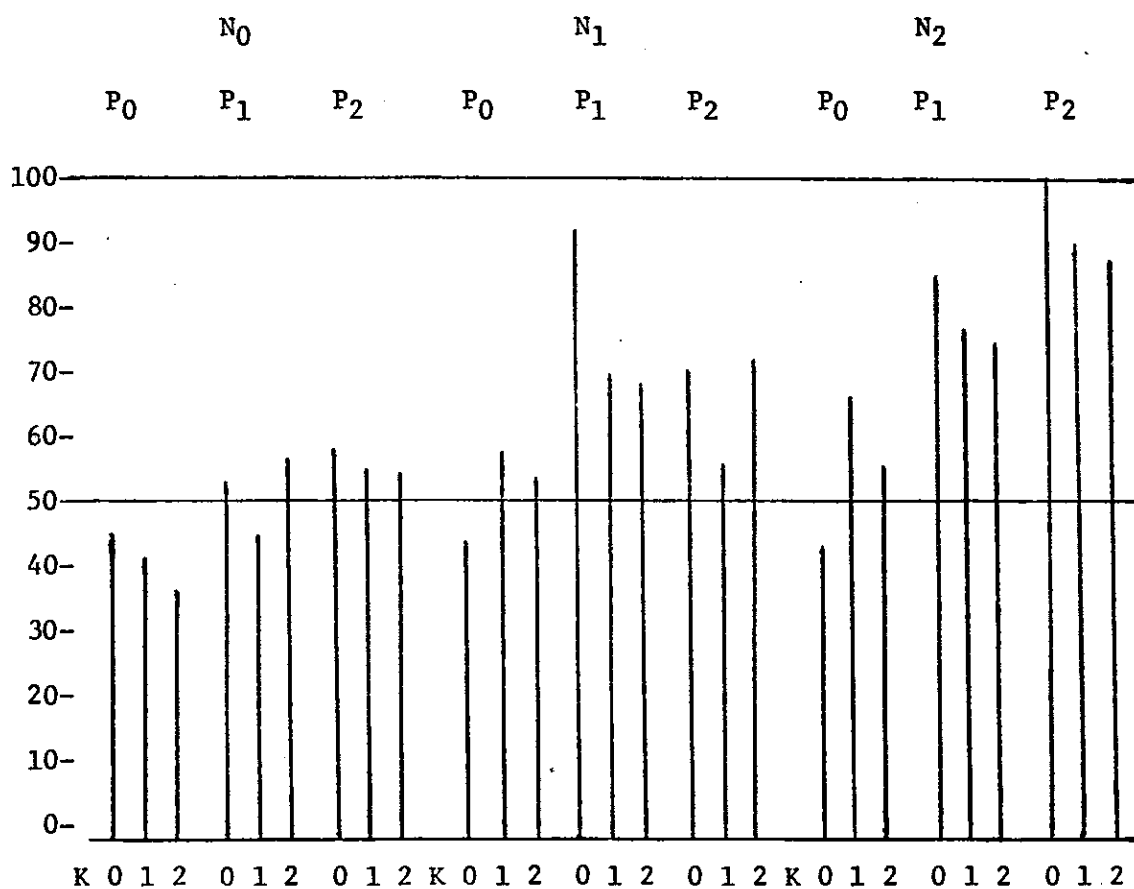


Fig. 10. Santa Teresa. Resultados. A. Resultados de peso seco en gramos; B. Resultados de % de peso seco en base al mayor rendimiento.

Cuadro 13

Santa Teresa. Análisis de varianza para pesos
tomados por parcela de materia seca

	GL	SC	SCM	F	Nivel de signific.
Modelo	29	448,210.91	15,455.54	9.13	0.0001**
Error	78	132,052.18	1,692.97		
Total	107	580.263.10			
REP	3	197,796.60		38.94	0.0001**
N	2	101,715.72		30.04	0.0001**
P	2	93.056.24		27.48	0.0001**
K	2	3,052.18		0.90	0.4102
N.P.	4	18,500.06		2.73	0.0348*
N.K.	4	1,140.32		0.17	0.9539
P.K.	4	18,928.12		2.80	0.0317*
N.P.K.	8	14.021.64		1.04	0.4172

* Significativo

** Altamente significativo

C.V. = 23.6649%

\bar{X} = 173.86

Desviación estándar = 4.1457

R^2 = 0.7724

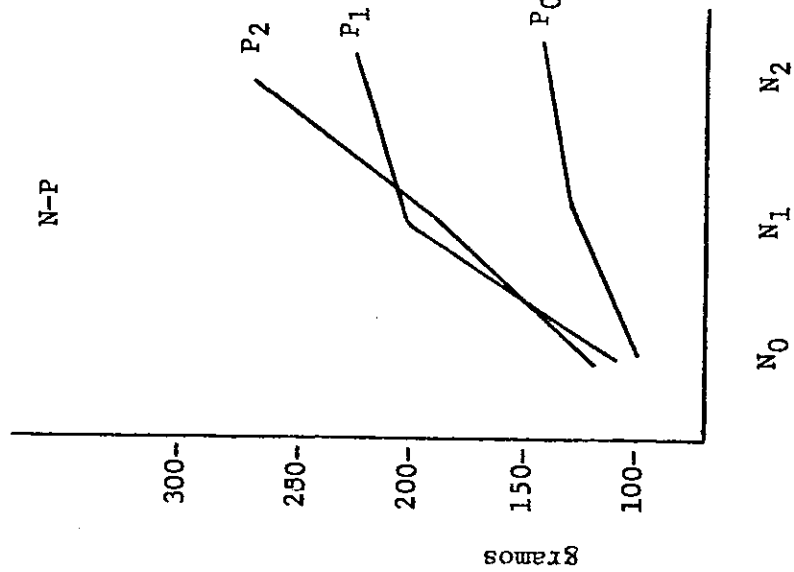
Cuadro 14

Santa Teresa. Prueba de Tukey para comparar medias de peso seco

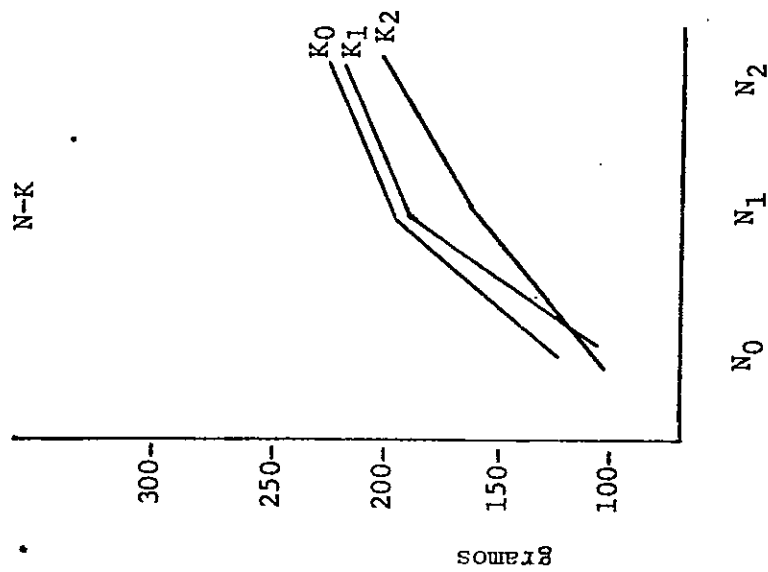
Tratamiento		Peso seco <u>a</u> / en gr/parcela						
Nitrógeno	2	206.90	a					
	1	181.59	a					
	0	133.02		b				
DSH (comparador)		(29.13)						
Fósforo	2	199.66	a					
	1	189.13	a					
	0	132.80		b				
DSH (comparador)		(29.13)						
Nitrógeno-fósforo								
2	-	2	252.43	a				
2	-	1	220.04	a	b			
1	-	1	209.17	a	b	c		
1	-	2	197.53	a	b	c	d	
0	-	2	149.03			c	d	e
2	-	0	148.50			c	d	e
0	-	1	138.19				d	e
1	-	0	138.07				d	e
0	-	0	111.83					e
DSH (comparador)			(63.66)					
Fósforo-potasio								
1	-	0	216.90	a				
2	-	0	208.14	a	b			
2	-	1	196.92	a	b	c		
2	-	2	193.92	a	b	c	d	
1	-	2	179.15	a	b	c	d	e
1	-	1	171.34	a	b	c	d	e
0	-	1	149.99		b	c	d	e
0	-	2	130.88				d	e
0	-	0	117.54					e
DSH (comparador)			(63.66)					

a/ Las medias con la misma letra con iguales al 1% de probabilidad.

A



B



C

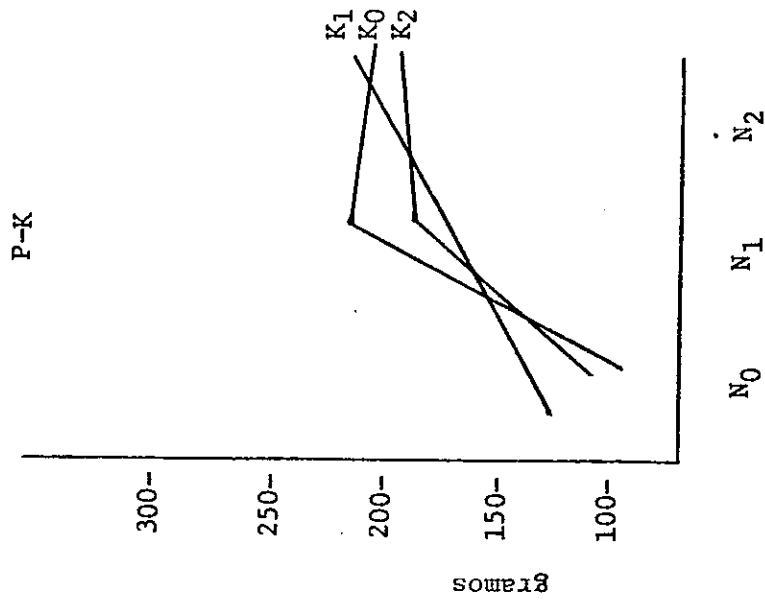
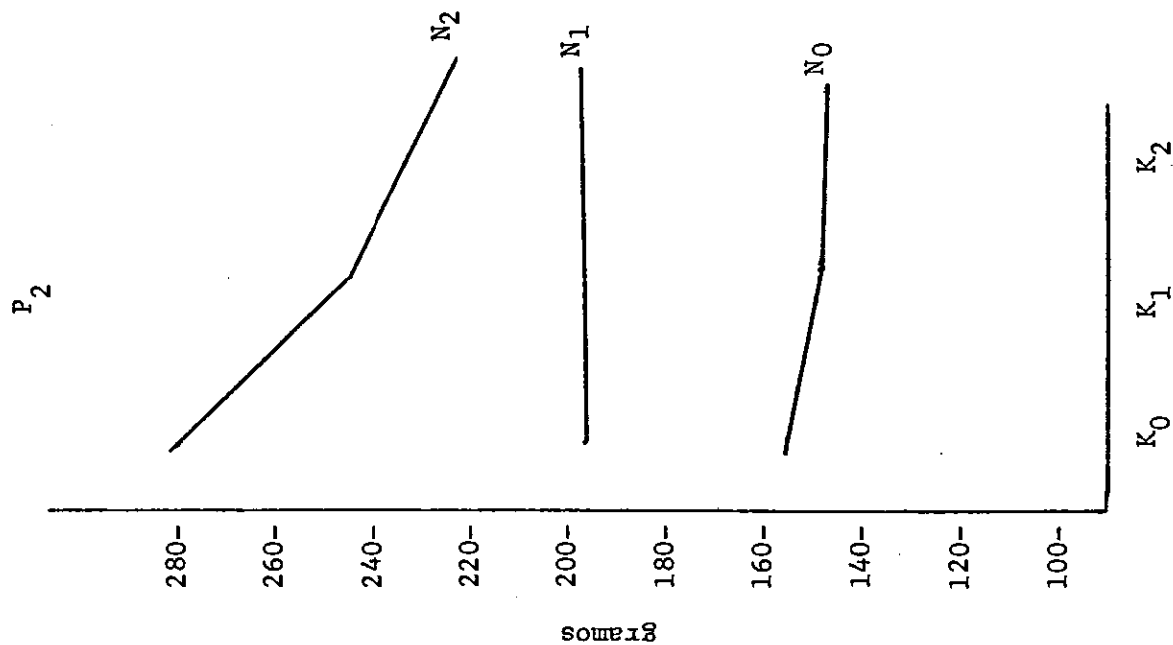
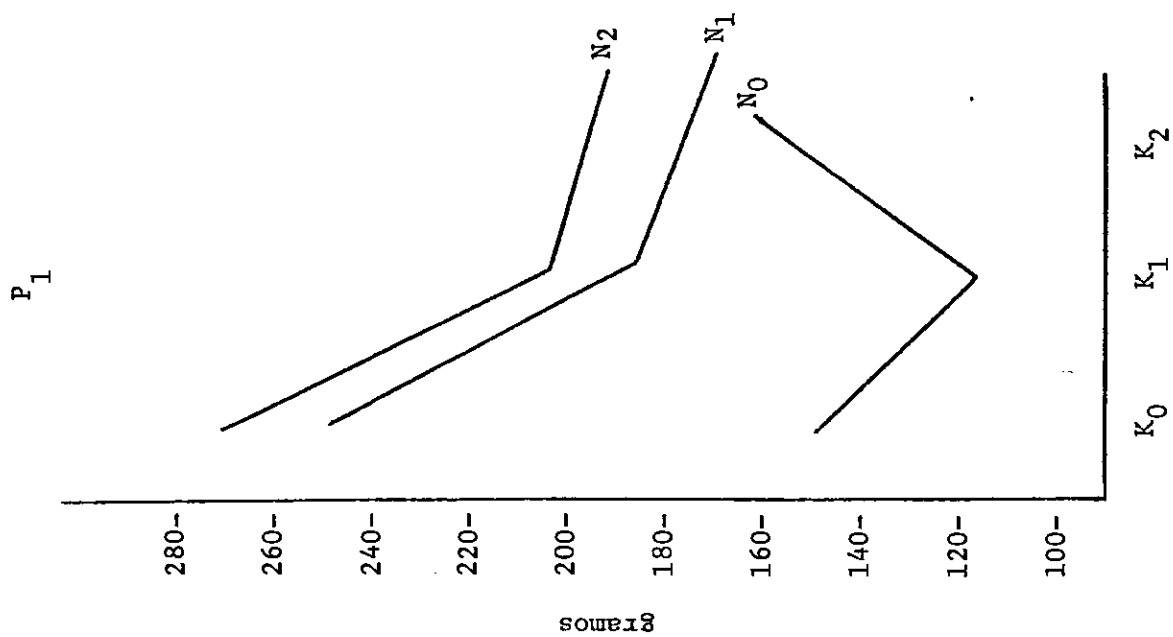


Fig. 11. Comportamiento de las diferentes interacciones. Santa Teresa. A. Interacción nitrógeno-fósforo; B. Interacción nitrógeno-potasio; C. Interacción fósforo-potasio.

C



B



A

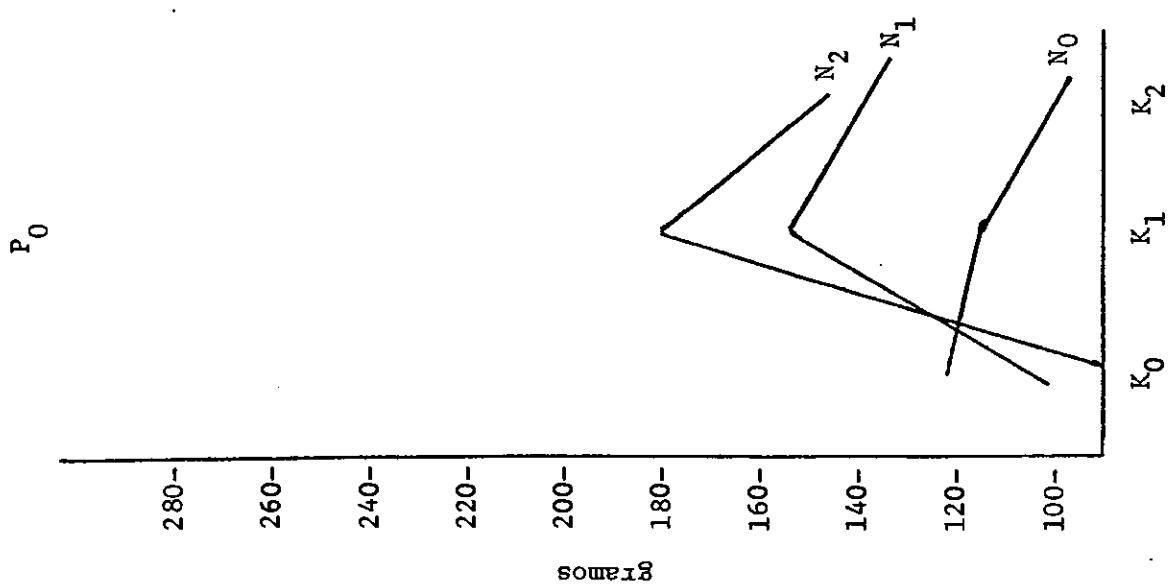


Fig. 12. Santa Teresa. Respuesta del maíz a diferentes niveles de fósforo con diferentes niveles de nitrógeno y potasio. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante.

Para potasio es 0; las mejores respuestas de interacción N-P son para las dosis 2-2, 2-1 y 1-1, Figura 13. Cuando el nivel de nitrógeno es 2, las mejores respuestas son para las dosis 1 y 2 de fósforo y 0 de potasio; esto es observable en la gráfica para nivel 2 de nitrógeno, Figura 5 anterior.

B. Resultados para el número de plantas

No se obtuvo significancia en ninguno de los tres experimentos al hacer los análisis de varianza según el número de plantas. Esto indica que es innecesario realizar correcciones, ya que no hubo efecto significativo entre tratamientos, según el número de plantas, Cuadros 15, 16, 17, sino sólo para el surco C de Pantaleón. Si se observan los números de plantas por tratamientos de los surcos C de Pantaleón, se nota que en algunos casos se alejan de la media, pero sus rendimientos en peso son similares a los correspondientes a los del surco A con el mismo tratamiento. La media de tratamientos en todas las localidades es cercana al número estándar de 10 plantas por surco.

C. Resultados del efecto de los micronutrientes

Los suelos de los tres lugares tienen un pH neutro o moderadamente ácido, sin deficiencia de micronutrientes, Cuadro 18. Para evaluar el efecto de los micronutrientes adicionados al tratamiento en los surcos centrales se calcularon los análisis de varianza para peso de materia seca por surcos y se compararon entre ellos y con los resultados de los análisis para peso de materia seca totales por parcela. Hubo igual significancia para efectos separados de los nutri-

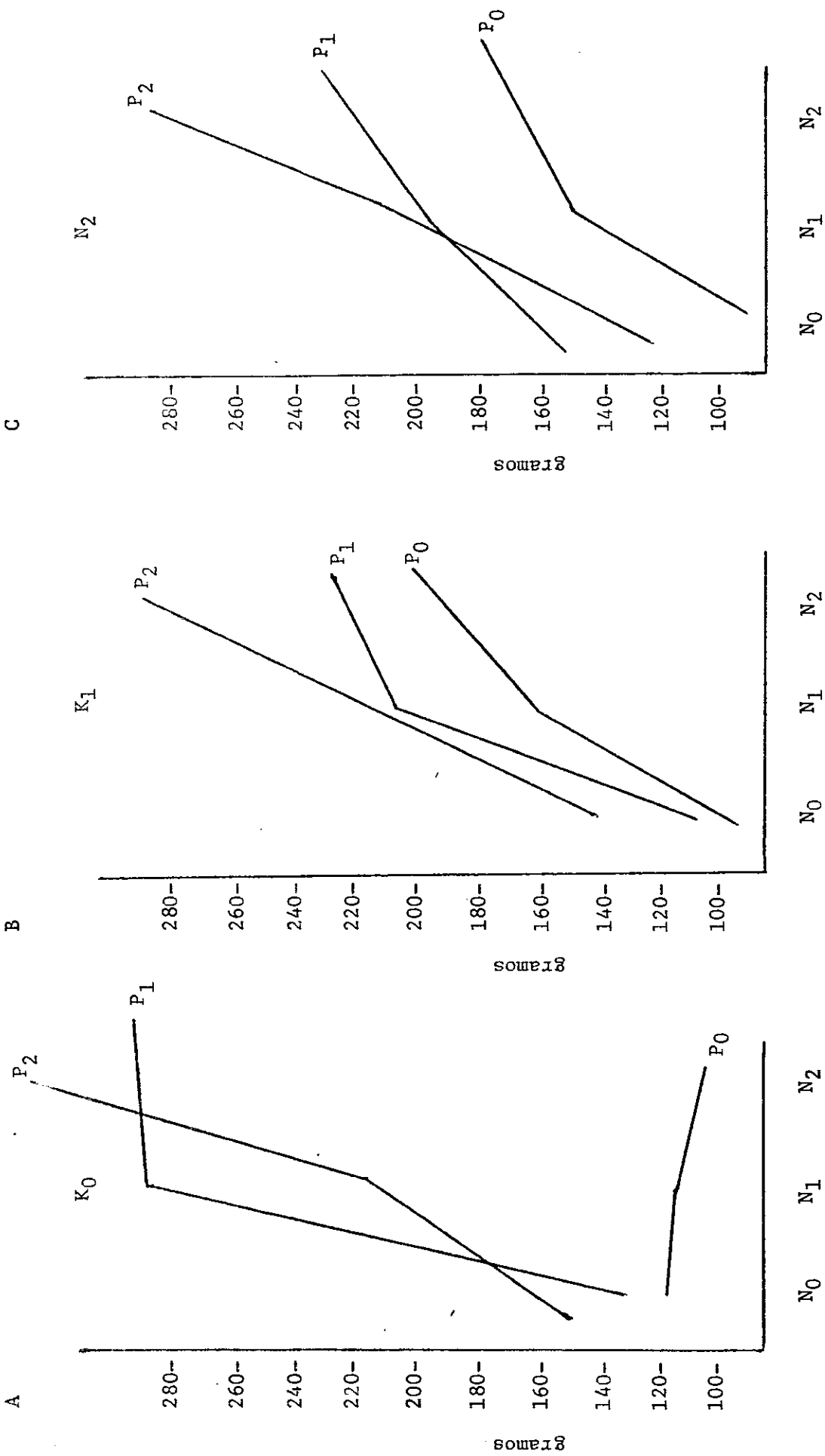


Fig. 13. Santa Teresa. Respuesta del maíz a diferentes niveles de potasio con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo. A. Nivel bajo de fertilizante; B. Nivel intermedio de fertilizante; C. Nivel alto de fertilizante.

Cuadro 15

Pantaleón. Análisis de varianza para el número de plantas.

A: surco A lateral; B: surco B central; C: surco C lateral.

A

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.15	0.3097	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 15.0322%

Desviación estándar: 1.4614

 $\bar{X} = 9.72$ $R^2 = 0.2990$

B

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.58	0.058	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 12.8874%

Desviación estándar = 1.2488

 $\bar{X} = 9.69$ $R^2 = 0.3693$

C

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.62	0.0481*	NS
Error	78			
TOTAL				

* Significativo

C.V. = 13.6659%

Desviación estándar = 1.3171

 $\bar{X} = 9.63$ $R^2 = 0.3761$

Cuadro 16

Costa Brava. Análisis de varianza para el número de plantas.

A: surco A lateral; B: surco B central; C: surco C lateral

A

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.46	0.095	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 4.9019%

Desviación estándar = 0.4870

 $\bar{X} = 8.9351$ $R^2 = 0.3519$

B

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.33	0.1585	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 4.7008%

Desviación estándar = 0.46659

 $\bar{X} = 9.9259$ $R^2 = 0.46659$

C

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.34	0.15	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 5.1779%

Desviación estándar = 0.5096

 $\bar{X} = 9.84$ $R^2 = 0.3319$

Cuadro 17

Santa Teresa. Análisis de varianza para el número de plantas.

A: surco A lateral; B: surco B central; C: surco C lateral

A

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.08	0.3881	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 16.9981%

Desviación estándar = 1.4992

 $\bar{X} = 3.8240$ $R^2 = 0.2856$

B

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	0.87	0.6616	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 21.5300%

Desviación estándar = 1.8527

 $\bar{X} = 8.6018$ $R^2 = 0.2433$

C

Fuente	GL	F	NIVEL	
Modelo	29	1.07	0.3997	NS
Error	78			
TOTAL	107			

C.V. = 18.6378%

Desviación estándar = 1.6377

 $\bar{X} = 8.7810$ $R^2 = 0.2837$

Cuadro 18

Pantaleón, Costa Brava y Santa Teresa. Análisis químico
para Ca, Mg y microelementos del suelo

Elementos disponibles a/ en las localidades	Meq/100 ml		ug/ml de suelo			
	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Pantaleón	9.55	1.66	0.75	8.5	14.7	17.2
Costa Brava	20.00	3.90	0.25	2.25	13.0	4.85
Santa Teresa	11.40	2.60	1.50	24.5	27.6	4.95

Elementos intercambia- bles b/ en las localidades	Meq/100 ml				CTI	SB	MO%
	Ca	Mg	K	Na			
Pantaleón	18.70	2.15	0.68	0.44	34.56	40.48	11.76
Costa Brava	22.00	4.36	1.64	0.38	51.84	54.74	10.75
Santa Teresa	11.36	2.88	1.60	0.28	61.92	26.03	24.00

a/ Metodología Carolina del Norte.

b/ Solución extractora acetato de amonio pH 7.

mentos en Pantaleón y Santa Teresa. En Costa Brava los resultados difieren en que presentan significancia para K y la interacción P-K en el surco central, con aplicación de micronutrientes, los cuales tienen efecto e interacción negativa.

Existe alta correlación entre surcos, Cuadros 19 y 20, para peso de materia seca y peso fresco. Además hay alta correlación entre resultados por surco y resultados totales por parcela, tanto para materia seca como para los pesos frescos, Cuadro 21.

Se puede observar que las medias para los surcos centrales en todos los casos siempre fueron un poco inferiores, aunque no existe una diferencia significativa entre ellos. En cierta forma, los cursos laterales podrían haber tenido una ubicación privilegiada, lo cual se corregiría separando más la distancia entre surcos.

En los análisis químicos de los suelos en relación con los nutrimentos secundarios, Costa Brava se presenta como un suelo más alto en calcio y magnesio y más bajo en hierro.

D. Resultados para peso fresco

Se calcularon los análisis de varianza por surcos y totales por parcela para cada lugar para compararlos con los resultados del análisis peso seco y tratar de establecer el grado de fiabilidad que se podría tener al trabajar únicamente con el peso fresco en la metodología de microparcels. Esto para facilitar la investigación y accesibilidad del método y evitar los extremos cuidados que son necesarios en el manejo de gran cantidad de tratamientos. Así, es posible efectuar mayor cantidad de microparcels durante todo el año y establecer correlaciones con los experimentos de campo en caña.

Cuadro 19

Correlación entre surcos laterales sin micronutrientes y surcos
centrales con micronutrientes. Peso materia seca

Peso materia seca	Surco B	Surco C
Surco A	0.75461	0.64869
	0.0001**	0.0001**
Surco B		0.67343
		0.0001**

** Altamente significativo

Cuadro 20

Correlación entre surcos laterales sin micronutrientes y surcos
centrales con micronutrientes. Peso fresco

Peso fresco	Surco B	Surco C
Surco A	0.84271	0.82743
	0.0001**	0.0001**
Surco B		0.81527
		0.0001**

** Altamente significativo

Cuadro 21

Correlación de resultados por surcos con resultados totales
por parcela. Peso fresco y peso materia seca

	Peso seco	Peso fresco
Surcos A - T	0.94636	0.83252
	0.0001**	0.0001**
Surcos B - T	0.93951	0.84692
	0.0001**	0.0001**
Surcos C - T	0.93733	0.84973
	0.0001**	0.0001**

** Altamente significativa

Para Pantaleón y Santa Teresa, los análisis de varianza calculados para peso fresco y peso seco totales, por parcela, dan significancia para los mismos nutrimentos. Costa Brava difiere en que ya no dió significancia para potasio, que, como ya se mencionó, en los resultados peso seco va de inferior respuesta para niveles altos a superior para el nivel 0 de aplicación de potasio, y pierde significancia en la prueba DSH. Las interacciones difieren para Santa Teresa; para la interacción fósforo-potasio, debido al fósforo. Para peso fresco, no hubo diferencia entre los análisis de varianza por surcos.

Los resultados de peso materia seca son diferentes de los de peso fresco, siendo las dosis 2-2-0, 2-1-1 y 2-1-0 en Costa Brava las que presentaron mejor respuesta; mientras que para los rendimientos de peso materia fresca fueron 2-1-1, 2-2-1 y 2-1-0. La diferencia en la respuesta posiblemente se debe al papel que juega el potasio en la turgencia de las células y la presión interna de los tejidos de la planta, pero la no significancia para la respuesta al potasio en peso fresco elimina la posible respuesta que presentan los rendimientos. Se calculó la correlación peso seco con peso fresco, Cuadro 22, y se concluyó que se podría tomar sólo el peso fresco como medida de evaluación fiable y someterlo al análisis de varianza, pero siempre será más exacto el peso en materia seca.

Cuadro 22

Correlación entre peso fresco y peso materia seca

Peso	Peso fresco		
	Surco A	Surco B	Surco C
Surco A	0.82494 0.0001**	0.71390 0.0001**	0.68273 0.0001**
Surco B	0.73681 0.0001**	0.88907 0.0001**	0.64779 0.0001**
Surco C	0.70154 0.0001**	0.70479 0.0001**	0.86457 0.0001**

** Altamente significativa

V. CONCLUSIONES

Las tres estaciones experimentales presentaron respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo, siendo los resultados superiores para las dosis 2 de nitrógeno e inferiores para las dosis 0 de nitrógeno. También existe una interacción entre ambos, siendo siempre las mejores respuestas cuando la dosis de nitrógeno es superior o igual a la de fósforo.

Pantaleón presente una pequeña respuesta al potasio, cuando la dosis del mismo es inferior o igual a la de fósforo, ya que los mayores rendimientos fueron para las dosis 2-2-2 y 2-2-1, aunque estadísticamente no fue significativa. El análisis químico del suelo es alto en potasio, pero no demasiado elevado, con 180 meq/100 gr de suelo.

Para Costa Brava no hubo respuesta al potasio. Los mejores rendimientos fueron 2-2-0 y 2-2-1, con 385 meq/100 gr de suelo.

Santa Teresa tampoco presenta respuesta al potasio, siendo 2-2-0, 2-1-0 y 1-1-0 los mejores rendimientos con 528 meq/100 gr de suelo.

Los experimentos realizados en caña, aunque no representan significancia, tienen una tendencia a responder a las aplicaciones de nitrógeno y en menor grado al fósforo.

Los análisis de varianza para el número de plantas muestran que no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

No hubo efecto para la aplicación de micronutrientes. Y obtuvo alta correlación entre los resultados de peso fresco y peso seco.

En Pantaleón se pueden efectuar ensayos experimentales en caña para niveles altos de nitrógeno y fósforo. Es conveniente realizar análisis

químico del suelo para potasio después de la cosecha y estudiar la necesidad de hacer una pequeña aplicación de potasio al año.

Para Costa Brava se deben probar niveles altos de nitrógeno con niveles óptimos económicos de fósforo.

En Santa Teresa se deben estudiar niveles óptimos económicos para nitrógeno y fósforo. No hay respuesta a las aplicaciones de potasio.

No hay un efecto negativo en la forma de aplicación del fertilizante cercana a la semilla en la microparcela; ni es necesario realizar el recuento del número de plantas para efectuar la conexión del peso. Ninguna de las localidades mostró tener limitaciones de respuesta en cuanto a micronutrientes.

Pueden ser bastante confiables los resultados en peso fresco con el cálculo de los análisis de varianza, como se propone en los trabajos originales.

La microparcela de campo tienen gran utilidad si se reconocen sus limitaciones y se usa información complementaria para evaluar el estado nutricional del suelo. Vale aclarar que la microparcela no se recomienda como un substituto del análisis químico del suelo.

La microparcela puede servir como información adicional para orientar ensayos experimentales. Sin embargo, para llegar a establecer una correlación estadística entre los ensayos y las microparcels, como propone Holme, es necesario contar con experimentos que presenten diferencia significativa entre tratamientos y efectuar gran cantidad de microparcels.

Se interpolaron los resultados para las dosis 0, 0.5, 1, 1.5 y 2 se calculó la superficie de respuesta, concluyendo que en futuras investiga

ciones en estas áreas se puede incrementar la dosis de nitrógeno para las microparcels, ya que debido a su deficiencia en el suelo se pueden obtener mayores aumentos en la respuesta. No sucede lo mismo con el potasio. Tratamientos con este nutrimento podrían ser eliminados, al menos en Costa Brava y Santa Teresa, ya que son suelos con alto contenido de potasio. Asimismo convendrá eliminar cualquier nutrimento al cultivo bajo estudio en cuyos suelos se emplee la microparcels y ésta no presenta respuesta positiva. Por ejemplo, el nitrógeno, al efectuar ensayos de microparcels para suelos donde se cultivan leguminosas.

No hay necesidad de realizar el recuento de las plantas ni extraer el peso seco. Esto hace más accesible la metodología para futuros ensayos de microparcels.

Los resultados de las tres localidades se sometieron al análisis de regresión, probándose el siguiente modelo:

$$Y = b_0 + b_1 (N) + b_2 (P) + b_3 (K) + b_4 (N^2) + b_5 (P^2) + b_6 (K^2) + b_7 (NP) + b_8 (NK) + b_9 (PK)$$

y obteniéndose los siguientes modelos reducidos:

Para Pantaleón:

$$Y = b_0 + b_1 (NP)$$

Para Costa Brava:

$$Y = b_0 + b_1 (N) + b_2 (P) - b_3 (P^2) + b_4 (NP)$$

Para Santa Teresa:

$$Y = b_0 + b_1 (P) - b_2 (P^2) + b_3 (NP)$$

También se probó el siguiente modelo en las tres localidades:

$$Y = b_0 + b_1 (N) + b_2 (P) + b_3 (K) + b_4 (NP) + b_5 (NK) + b_6 (PK) + b_7 (NPK)$$

y el modelo sin tomar en cuenta los efectos debidos al potasio, ya que

éste no presentó significancia.

$$Y = b_0 + b_1 (N) + b_2 (P) + b_3 (N) + b_4 (P) + b_5 (NP)$$

$$Y = b_0 + b_1 (N) + b_2 (P) + b_3 (NP)$$

No se encontró ningún modelo que se ajuste a la regresión.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR DE LEON, J. de D. El Cultivo de la caña de azúcar. Guatemala, Landívar, 1975.
2. AYRES, A. S. Absorption of Mineral Nutrients by Sugar Cane at Successive Stages of Growth. Hawaiian Planters' Record, 41, 1937, pp. 335-351.
3. AYRES, A. S. and HAGIHARA. Effectiveness of Raw Rock Phos-Phate for Sugar Cane. Soil Science, 1961, 91(6), pp. 383-387.
4. BEAR, F. E. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Traducción J. Aberjón, Barcelona, España, Omega, 1969. 368 p.
5. BLACK, Ch. A. Relación suelo-planta. Traducción A. Rabuffati, S. Darre. México, Hemisferio Sur, 1973. 444 p.
6. BONNET, J. A. Potassium Content of Puerto Rico Soils Related to Sugar Cane. Proc. 8th Congress ISSCT. 1953, pp. 132-139.
7. BORDEN, R. J. Cane Growth Studies, the Effect of Sunlight on the Utilization of Nitrogen and Potash. Hawaiian Planters' Record, 41, 1937, pp. 3-5.
8. _____. The Effect of Nitrogen Fertilization upon the Yield and Composition of Sugar Cane. Hawaiian Planters' Record, 49, 1945, pp. 259-312.
9. BORNEMISZA, E., A. ALVARADO. Manejo de suelos en la América tropical. University Consortium on Soils in the Tropics. North Carolina State University, U. S. A., 1975. 582 p.
10. DIAZ ROMEU, R. y A. HUNTER. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 66 p.
11. DONDOLI y J. D. TORRES. Estudio geoagronómico de la región oriental de la meseta central. Ministerio de Agricultura e Industrias. San José, Costa Rica. 1954.
12. DOWNIE, N. M., R. W. HEATH. Métodos estadísticos aplicados. Harper & Row Publishers Inc. New York, U. S. A., 1973. 3a. Ed.

13. ESTRADA, C. A. La disponibilidad de potasio en seis suelos de Guatemala. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Guatemala. Universidad de San Carlos. 1973. 47 p.
14. FAUCONIER, R. La caña de azúcar. Barcelona, Blume. 1975. 433 p.
15. FLORES, S. Manual de caña de azúcar. Guatemala, INTECAP. 1976. 172 p.
16. GALIANO, S. Diagnóstico foliar. Fundamento y empleo en algunos cultivos. Costa Rica. IICA. s. año.
17. GONZALEZ, J. A. Evaluación de la fijación y disponibilidad del fósforo en 14 series de suelos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guatemala. Universidad de San Carlos. 1970. 31 p.
18. GUATEMALA. Ensayos en fertilización de caña de azúcar. s.n.t.
19. GUERRERO RIASCOS, R. El diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. s.n.t.
20. HARDY, F., L. E. MULLER y BAZAN. Assessment of Soil Fertility by the Maize Microplot Test Twith Statistical Analysis by A. L. Jelly. Turrialba, Costa Rica. Interamerican Institute of Agricultural Sciences. 1963. 24 p.
21. HARDY, R. y R. BAZAN. Determinación del estado nutricional del suelo por medio de la prueba de microparcels de maíz. Interamerican Institute of Agricultural Sciences. 1963. 7 p.
22. _____. The Maize Microplot Method of Soil Testing. Turrialba, Costa Rica, IICA. 16(3) 267-270. 1966.
23. HARTT, C. E. The Growth of Sugar Cane as Influenced by Phosphorus - The Critical Range of Plant Phosphorus. Proc. 10th Congr. ISSCT, 1959, pp. 467-473.
24. _____. Potassium Deficiency in Sugar Cane. Botan. Gaz. 88, 1929, pp. 229-261.
25. HEWITT, E. J. Sand and water Culture Methods Used In the Study of Plant Nutrition. C. A. B., Commonwealth Bureau of Agriculture and Plantation Crops. East Mailing, Mardstane, Kent. 1952. 241 p.
26. HOMER, D., R. CHAPMAN y F. P. PARKER. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID 73, México.
27. HOLME, R. V. The Importance of Soil Tests as Shwn By the Use of Corn Microplot Experiments in Proceedings of the 1944 Meeting of British West Indies Sugar Technologists. Barbados, B. W. I. Sugar Association Inc. 1944. 4658 pp.

28. ICTA. Informe anual 1973. Programa de nutrición vegetal. Guatemala, 1974.
29. KREYSIG, E. Introducción a la estadística matemática. México. Limusa.
30. LAIRD, R. J. Técnicas de campo para experimentos con fertilizantes. México, CIMMYT. Folleto de investigación No. 9. 1968. 48 p.
31. LEONARD, W. H., A. G. CLARK, E. L. LeCLERC. Field Plot Technique. 2a. Edición. Burgess Publishing Co., Minneapolis 23, Minnesota. 1962.
32. LOPEZ RITAS, J. El diagnóstico de los suelos y plantas (Metodología de campo y laboratorio). Madrid. Mundi-Prensa. 1a. Ed. 1967. 3a., 1978. 367 pp.
33. MARIN MORALES et al. Algunos aspectos del análisis de suelos. ICA. Boletín de divulgación 16. Bogotá. 1979. 55 p.
34. MARTINI, J. A. La microparcela de campo como método biológico rápido para evaluar la fertilidad del suelo. Turrialba. Vol. 19. 1969. pp. 261-266.
35. McGEORGE, W. T. Modified Neubauer Method for Soil Cultures. Soil Science, U. S. A. 62:62. 1946.
36. ORTIZ, O. I. Experimentos sobre fertilización en Guatemala. Ministerio de Agricultura. Boletín técnico 15, 1965. 38 p.
37. PADRON CORRAL, E. Diseños experimentales con aplicaciones a la agricultura y ganadería. Colegio Superior de Agricultura Tropical, México, s.f.
38. PALENCIA, J. D. y J. L. WALKER. Evaluación de la respuesta de varios cultivos a la fertilización en diferentes suelos de Guatemala. DIGESA, Ministerio de Agricultura. 1972. Mimeo. 12 p.
39. PRIMO YUFERA, E. y J. M. CARRASCO DORRIEN. Química agrícola. Suelos y fertilizantes. Madrid, España. Alhambra. 1973. 470 p.
40. RESUMEN del Primer Simposio de Técnicos Azucareros de Guatemala. Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala. Boletín 5 (83). s.f.
41. ROGER, P. H. El cultivo de la caña de azúcar. México. Continental, S. A. 1974. 680 p.

42. SARAVIA, L. F. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de la caña de azúcar sobre la serie de suelos Guacalate Franco en Guatemala. Revista Asociación de Azucareros de Guatemala. 1982.
43. SCHENKEL, G. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas I, II, III. Turrialba, IICA.
44. SIMMONS, C., J. M. TARANO y J. H. PINTO. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, 1959.
45. STEEL, R. G. D., J. H. TORRIE. Principles and Procedures of Statistics. New York, U. S. A. 1960.
46. TERMAN, G. L., D. R. BOUDIN and J. R. WERB. Evaluation of Fertilizers by Biological Methods. Soil Science Society of America. U. S. A.
47. THE Utility and Technique of Maize Microplot Tests. Informal discussions. In Proceedings of the 1945 Meeting of British West Indian Sugar Technologists, Trinidad. BWI Sugar Association Inc. 1945. pp. 30-32.
48. WALKER, J. L. El análisis de suelos y las recomendaciones para fertilizantes. Guatemala, DIGESA, Ministerio de Agricultura. 1971. 10 p.
49. WARREN, H., W. H. LEONARD, A. G. CLARK. Field Plot Technique. 1a. Ed. Burgess Publishing Co., Minneapolis 15, Minnesota. 1946.
50. WINTER, E. J. El agua, el suelo y la planta. México. Diana. 1977. 2a. impresión, 1977.
51. YUEN, Q. H. and R. J. BORDEN. Chemical Analyses as An Aid In The Control of Nitrogen Fertilization. Hawaiian Planters' Record, 41, 1937. pp. 353-383.
52. ZAMORA DE LEON, J. D. Estudio de los niveles tecnológicos utilizados en las fincas que cultivan caña de azúcar en el Departamento de Escuintla. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guatemala, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. 1978. 40 p.