

631.88
P349

II

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE NITROGENO, FOSFORO,
POTASIO Y ELEMENTOS MENORES EN DOS SUELOS DE BERRUECOS,
NARIÑO, COLOMBIA

Por

Jorge Peñuela Viveros

Alvaro Rosero Ruano

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis
de grado, son de responsabilidad exclusiva de
sus autores."

Tesis de grado /presentada/ como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo

... del 11 de Octu-
bro de 1968, emanado del Honorable Consejo
Directivo de la Universidad de Nariño.

Presidentes de Tesis

Gonzalo Palomino Ortiz, I.A.

Carlos Cortés Burbano, I.A. M.S.

13
C28200

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRÍCOLA
PASTO - COLOMBIA

1968

31.88
349

II

h

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores."

A Aspetro

A mis amigos

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Jorge Peñuela Viveros

A mis padres
A mis hermanos
A mis tíos
A Amparo
A mis amigos

DEDICO
Alvaro Rosendo Rivas
Jorge Peñuela Viveros

AGRADECIMIENTOS:

Los autores expresan sus agradecimientos a la Sección de Estudios de la Granja Experimental de Obispo, del Instituto Colombiano Agrario, por su cooperación a la memoria de mis padres de este trabajo; a mis hermanos Salazar, I.A., por su ayuda a Luz Mary Salazar, I.A., por su ayuda a mis amigos por su generosa colaboración; a Víctor

DEDICO a Víctor Montenegro, por su efectiva cooperación en la ejecución del estudio científico; **Alvaro Rosero Ruano** por la asesoría técnica y administrativa, y especialmente al personal de la Granja Experimental de Obispo, por su colaboración en la realización del estudio y en la recolección de datos y en la redacción del presente trabajo.

CONTENIDO

Página

INTRODUCCIONES	1
REVISIÓN DE LITERATURA	4

AGRADECIMIENTOS:

1.1.1. Asignación e historia	4
------------------------------	---

Los autores expresan sus agradecimientos a la Sección de Suelos de la Granja Experimental de Obonuco, del Instituto Colombiano Agropecuario, por su cooperación al desarrollo de este trabajo; a Gonzalo Palomino, I.A., por su acertada dirección; a Carlos Cortés Burbano, I.A. M.S., por su generosa colaboración; a Rodrigo Muñoz, I.A., por su valiosa ayuda en el éxito de este trabajo; a Víctor Montenegro, I.A., por su efectiva cooperación en la ejecución del análisis estadístico; a Beatriz Palomino por la adecuada presentación y elaboración del material mecanografiado. Igualmente, agradecen la desinteresada colaboración de los agricultores que facilitaron pequeños lotes de terreno y otros medios para conseguir el objetivo de este estudio.

4.1. Localización	28
4.2. Suelos	29
4.3. Vegetación	30

5.1. Localización de los experimentos	32
5.2. Preparación del suelo	34
5.3. Siembra	36

CONTENIDO

Página

4. Tratado	
5. Descripción de perfiles y muestras de suelo	
I - INTRODUCCION	1
II - REVISION DE LITERATURA	4
1. Generalidades	4
1.1 Antigüedad e historia	4
1.2 Centro de origen	5
1.3 Clasificación botánica	8
1.4 Usos del maíz	8
1.5 Suelo y pH	9
1.6 Requisitos climáticos	10
IV 2. El maíz y sus necesidades de nutrientes	12
2.1 Nitrógeno	12
2.2 Fósforo	14
2.3 Potasio	16
2.4 Calcio, Magnesio y Azufre	17
2.5 Elementos menores	19
3. Investigaciones en Colombia	20
3.1 Nitrógeno, Fósforo, Potasio	21
3.2 Nitrógeno	24
3.3 Fósforo	25
3.4 Prácticas culturales	26
3.5 Rotación	27
4. Características generales de Berruecos	28
4.1 Localización	28
4.2 Suelos	29
4.3 Vegetación	30
III - MATERIALES Y METODOS	32
1. Localización de los experimentos	32
2. Preparación del suelo	34
3. Diseño	34

4. Trazado	34
5. Descripción de perfiles y muestreo de suelos	34
6. Fuentes y aplicación de fertilizantes	36
7. Siembra	37
8. Resiembra	37
9. Raleo	39
10. Labores culturales	39
11. Muestreo foliar y calificación del estado vegetativo del cultivo	39
VI - 12. Cosecha	40
IV - RESULTADOS Y DISCUSION	42
VII - 1. Suelo	42
1.1 Descripción de perfiles y análisis físico-mecánico	42
1.2 Análisis químico	44
2. Observaciones sobre el desarrollo del cultivo	47
3. Análisis foliar	49
3.1 Nitrógeno	49
3.2 Fósforo	51
3.3 Potasio	51
3.4 Elementos menores	52
4. Análisis de rendimientos	52
4.1 Nitrógeno	54
4.2 Fósforo	58
4.3 Potasio	58
4.4 Elementos menores	63
5. Relación entre contenidos de nutrientes en el suelo y los rendimientos	63
5.1 Nitrógeno	63

INDICE DE TABLAS

Página

5.2 Fósforo	65
5.3 Potasio	66
Tabla 6. Relación entre nutrientes del suelo, contenido foliar y rendimientos	67
Tabla II 6.1 Nitrógeno	67
6.2 Fósforo	69
6.3 Potasio	69
6.4 Elementos menores	72
V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
VI - RESUMEN	77
SUMMARY	79
VII - BIBLIOGRAFIA CITADA	80
APENDICE	85
Tabla V - Algunas propiedades químicas de los suelos de las fincas El Vergel y Rosa Florida	46
Tabla VI - Calificación del desarrollo vegetativo del cultivo en el momento de la floración	48
Tabla VII - Resultados comparativos del análisis foliar en los dos experimentos de fertilización en maíz	50
Tabla VIII - Respuesta comparativa del maíz, en Kg/Kg, a la aplicación de N-P-K y E.N., al 12% de humedad	53

INDICE DE TABLAS

	<u>Página</u>
Tabla I - Tratamientos y niveles expresados en kilogramos/hectárea	35
Tabla II - Cantidades aplicadas de cada una de las fuentes en grs./parcela, correspondientes a los tratamientos utilizados en los ensayos de fertilización de maíz. .	38
Tabla III - Descripción de perfiles correspondientes a los suelos de las fincas El Vergel y Rosa Florida	43
Tabla IV - Análisis físico-mecánico de los suelos correspondientes a los perfiles descritos	45
Tabla V - Algunas propiedades químicas de los suelos de las fincas El Vergel y Rosa Florida	46
Tabla VI - Calificación del desarrollo vegetativo del cultivo en el momento de la floración	48
Tabla VII - Resultados comparativos del análisis foliar en los dos experimentos de fertilización en maíz	50
Tabla VIII - Respuesta comparativa del maíz, en Kg/Ha., a la aplicación de N-P-K y E.M., al 12% de humedad	53
Figura 11 - Relación, para ambos suelos, entre nitrógeno del suelo, contenidos foliares y rendimientos con la aplicación de tres niveles de este elemento	58

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1 - Aspecto general de los cultivos de maíz en el Municipio de Berruecos, Nariño .	73
Figura 2 - Localización geográfica del Municipio de Berruecos, y sitios en donde se realizaron los experimentos de fertilización en maíz	33
Figura 3 - Respuesta del maíz a la aplicación de 0-90-50 Kg/Ha. de N-P-K	55
Figura 4 - Maíz al cual se le aplicaron 100-90-50 Kg/Ha. de N-P-K	56
Figura 5 - Aspecto de la respuesta del maíz a la fertilización con 200-90-50 Kg/Ha. de N-P-K	57
Figura 6 - Respuesta del cultivo del maíz a la adición de 100-0-50 Kg/Ha. de N-P-K	59
Figura 7 - Aspecto de la respuesta del maíz a la aplicación de 100-180-50 Kg/Ha. de N-P-K	60
Figura 8 - Aplicación de 100-90-0 Kg/Ha. de N-P-K en el cultivo de maíz	61
Figura 9 - Respuesta del maíz a la fertilización con 100-90-100 Kg/Ha. de N-P-K	62
Figura 10 - Respuesta del maíz a la aplicación de 100-90-50 y 200 Kg/Ha. de N-P-K y E.M. .	64
Figura 11 - Relación, para ambos suelos, entre nitrógeno del suelo, contenidos foliares y rendimientos con la aplicación de tres niveles de este elemento	68

Figura 12 - Relación para ambos suelos, entre fósforo del suelo, contenidos foliares y rendimientos con la aplicación de tres niveles de este elemento	70
Figura 13 - Relación para ambos suelos, entre potasio del suelo, contenidos foliares y rendimientos, con la aplicación de tres niveles de este elemento	71
Figura 14 - Relación para ambos suelos, entre contenidos de nutrientes en las hojas y rendimientos, con la aplicación de dos niveles de elementos menores	73

La importancia del maíz en Colombia es de todos conocida. Ocupa un papel principal en la alimentación humana y animal. Su materia prima es la industria molinera de grano y Harina de Sembradura.

El Plan Nacional Agropecuario 1967-1970 del Ministerio de Agricultura (12), tiende a aumentar la producción de maíz produciendo el área, entre las cuales se incluye el maíz. Una de las acciones sugeridas para asegurar el éxito del Plan es la zona sur del país que incluye al sur del departamento del Cauca, Valle y Bajo Cauca, por lo cual en la zona sugiere las acciones que deben ser realizadas en esta zona.

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO, FOSFORO,
 POTASIO Y ELEMENTOS MENORES EN DOS SUELOS DE BERRUECOS,
 NARIÑO, COLOMBIA (+)

La zona de estudio, **por** El Municipio de Berruecos, situada al norte del Departamento de Nariño, se caracteriza por una baja producción de maíz (por hectárea) debido, más que todo, a la no utilización de variedades mejoradas e híbridos; poco, mal o ningún uso de fertilizantes; prácticas culturales inadecuadas, como se podía observar en la Figura 1.

Jorge Peñuela Viveros

Alvaro Rosero Ruano

I - Introducción

La importancia del maíz en Colombia es de todos conocida. Desempeña un papel principal en la alimentación humana y animal. Es materia prima en la industria molinera de grano y fábricas de concentrados.

El Plan Cuatrienal Agropecuario 1967-1970 del Ministerio de Agricultura (11), tiende a aumentar la producción de ocho productos básicos, entre los cuales se incluye el maíz. Una de las regiones escogidas para asegurar el éxito del Plan es la zona sur del país que incluye el sur del Departamento del Cauca, Nariño y Bajo Putumayo, por lo cual son de suma importancia los estudios que sobre maíz se realicen en esta zona.

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Gonzalo Palomino Ortiz, I.A. y Carlos Cortés Burbano, I.A. M.S., a quienes los autores expresan su agradecimiento.

× La investigación técnica tiene entre sus objetivos el aumento de la producción; la práctica de una buena fertilización contribuye, junto con otras prácticas agrícolas normales, a reducir los costos de producción y a aumentar los rendimientos. ×

La zona de estudio, El Municipio de Berruecos, situada al norte del Departamento de Nariño, se caracteriza por una baja producción de maíz (480 kilogramos por hectárea) debido, más que todo, a la no utilización de variedades mejoradas e híbridos; poco, mal o ningún uso de fertilizantes; prácticas culturales inadecuadas, como se puede observar en la Figura 1.

En Nariño se han hecho pocos estudios sobre fertilización en maíz, limitados únicamente a la Estación Experimental de Obonuco (Pasto), y nada se conoce sobre la respuesta del maíz de clima medio a la fertilización.

Los objetivos del presente estudio consistieron en determinar el efecto de tres niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y dos niveles de elementos menores, y proporcionar así datos experimentales para futuros trabajos sobre este aspecto.

II. - REVISION DE LITERATURA

En el presente capítulo se incluyen diferentes aspectos relacionados con el cultivo del maíz, como son: generalidades, las necesidades de nutrientes, investigaciones realizadas en Colombia, y algunas características generales de la

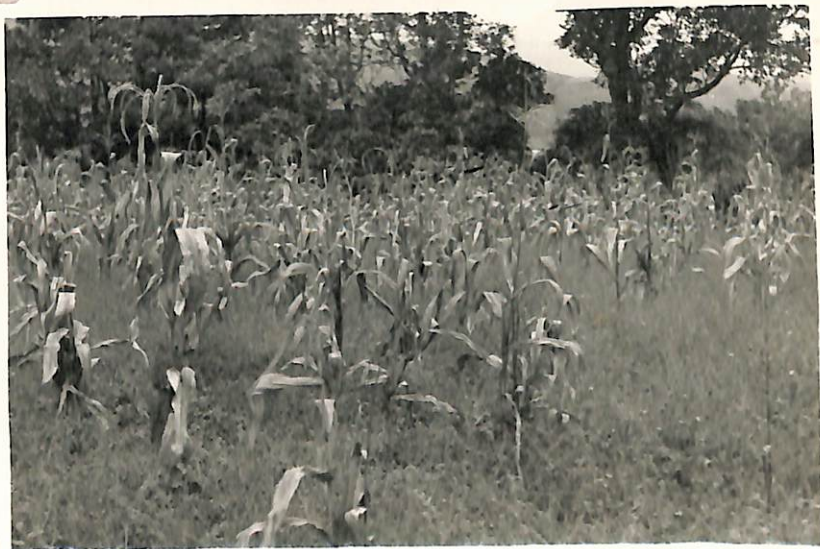


Figura 1° - Aspecto general de los cultivos de maíz en el Municipio de Berrúacos, Nariño.

Foto: A. Mosquera.

Los datos más antiguos que se tienen de América son relativos por unas excavaciones arqueológicas realizadas en la zona de Berrúacos, Nariño, donde se hallaron granos de maíz y fragmentos de vasijas. En un punto más remoto se le atribuye a los indios Triunfo y Berrúacos que se dice fueron encontrados a una profundidad de más de 50 metros en el estrato de Berrúacos de Nariño (2).

Hernández (22), indica que el maíz arqueológico más antiguo que se ha descubierto en Sudamérica procede de las excavaciones de Nueva Triana, en la costa del Perú, y tiene

II - REVISION DE LITERATURA

En el presente capítulo se incluyen diferentes aspectos relacionados con el cultivo del maíz, como son: generalidades, sus necesidades de nutrientes, investigaciones realizadas en Colombia, y algunas características generales de la zona estudiada.

1. Generalidades

Se tratan en esta parte algunos aspectos históricos del cultivo, su clasificación botánica y usos; complementados con algunos aspectos agronómicos de importancia.

1.1 Antigüedad e historia

① Jacob y Uexküll (23), afirman que el maíz junto con el trigo, pertenece a las plantas cultivadas más antiguas. En diversos escritos se registra el cultivo del maíz desde hace millares de años (4, 36).

Los datos más antiguos que se tienen de América son aportados por unas excavaciones arqueológicas realizadas en el Estado de Nuevo México, en cuevas y casas o refugios de piedra que se cree tienen 4.500 años, en las cuales se hallaron granos de maíz y fragmentos de mazorcas. Un origen más remoto es el que se atribuye a los granos de polen de Zea, Tripsacum y Euchlaena que se dice fueron encontrados a una profundidad de más de 50 metros en el subsuelo de Ciudad de México (4).

② Hernández (22), indica que el maíz arqueológico más viejo que se ha descubierto en Suramérica procede de las excavaciones de Huaca Prieta, en la costa del Perú, y tiene 2.900 años.

1.2 Centro de origen

- ⑦ Mesa Bernal (33), sostiene que el estudio del centro de origen del maíz es importante, puesto que con él se busca definir las causas de su adaptabilidad a los diversos climas, su resistencia a las enfermedades y plagas, la formación de las razas que actualmente se cultivan, el origen de muchas características deseables y, en general, muchos aspectos. El maíz es posiblemente Asam, provincia de la India situada entre el Tibet, Birmania y Bengala, dadas las características. El método de Vavilov es el más indicado para investigar el centro de origen de una planta; según dicho método es necesario estudiar los grupos genéticos con la ayuda de la morfología, taxonomía, fisiología y fisiogenia, y la presencia de parásitos especializados, y otros aspectos diferentes (29).

En algunos de sus escritos Mesa Bernal (27,28), manifiesta que cuando los conquistadores llegaron al Nuevo Mundo, encontraron que la planta se cultivaba desde el sur de la isla de Chilós (Chile), hasta el río San Lorenzo en los límites meridionales del Canadá, o sea, casi de extremo a extremo del continente americano, y constituía una de las bases de la alimentación de aquellos pueblos.

Sobre el origen del maíz se han dado a conocer muchas teorías, las cuales resume Mesa Bernal (29), así:

- a) Que procede del maíz tunicado.
- b) Que desciende del Euchlaena, bien sea por selección, por mutaciones o por hibridaciones con otra gramínea.
- c) Que es producto del cruzamiento de un teosinte silvestre con uno cultivado.
- d) Que es un híbrido entre un teosinte silvestre y una

gramínea afín, que ha desaparecido.

e) Que el Zea, el Tripsacum y el Euchlaena descienden de una misma planta.

Saufer, consultado por Mesa Bernal (28), asegura que el maíz es originario del Asia; sin embargo, la falta de hechos concretos ha mantenido a los botánicos en completa anarquía. Anderson y Stoner indicaron que el centro de origen del maíz es posiblemente Asam, provincia de la India situada entre el Tibet, Birmania y Bengala, dadas las características especiales de un tipo de maíz de aquella región.

✕ En América, varios son los lugares que se han considerado como centro de origen del maíz: México y Guatemala, Colombia, Perú y Bolivia, Paraguay y Brasil (29). ✕

Collins, citado por Mesa Bernal (29), al tratar en 1931 sobre el origen del maíz, afirma que "la región geográfica en que fue domesticado el maíz, es una cuestión respecto a la cual no puede haber motivo de controversia. Euchlaena, la planta silvestre más cercamente relacionada con el maíz, se conoce solamente en México". Sin embargo, Mangeldorf, en su libro "El origen del maíz indio y sus congéneres" da como centro de origen a Guatemala, cuna del teosinte.

Posteriormente, Alphonse de Candolle, conceptuó que el hecho de ser México y Perú los pueblos que tuvieron agricultura más avanzada en América, sin estar en contacto entre ellos, indica que el lugar de origen debió estar en una región intermedia que para el caso sería Colombia (30).

Dolmatoff comenta los trabajos del profesor Bierket-Smith para admitir que la región del Bajo Magdalena "bien podría haber sido el centro de origen de la horticultura sudamericana primitiva, y así la cuna del cultivo del maíz" y

agrega que "la correlación del origen del cultivo del maíz en el norte de Colombia con las manifestaciones de una cultura aborígen muy antigua, da así lugar a reflexiones de sumo interés para el futuro". Si el cultivo del maíz se originó en las partes bajas de los tres departamentos de la costa atlántica colombiana, las terrazas de cultivo de la Sierra Nevada representan, indudablemente, un documento importante en la historia del desarrollo de esta planta, ya que deben haber sido un verdadero laboratorio en manos de los poseedores de una avanzada cultura (31).

En 1948 J.G. Hawkes, citado por Mesa Bernal (27), encontró en Pueblo Rico (Caldas), una variedad de maíz denominada comúnmente "indio", la cual le llamó la atención por sus características especiales. El cultivo en Pueblo Rico tiene sus modificaciones particulares: una vez preparada la tierra, siembran la semilla al "voleo" y no hacen ninguna labor agrícola hasta cuando regresan después de cinco meses para cosecharlo. Hawkes envió muestras de este maíz al profesor Mangeldorf quien encontró que una de las variedades indias enviadas, demostró ser un duplicado casi exacto de las variedades "únicas" de Asam.

Los Incas se dedicaban especialmente a trabajos agrícolas y ellos constituían el principal objeto de su atención. Esta zona andina fue escenario de un gran desarrollo agrícola y, por lo tanto, del mejoramiento y adaptación de muchas de las plantas que América dió al mundo. Por estas razones varios hombres de ciencia han pensado que el maíz puede ser originario de esta zona (31).

Mangeldorf y Reeves, coinciden con Auguste de Saint Hilaire, citados por Mesa Bernal (30, 32), en que el maíz tunicado puede ser el antecesor inmediato de los maíces cultivados actualmente, y en que el maíz tunicado se cultiva

en el Paraguay; han supuesto también que el centro de origen del maíz está precisamente en esta zona.

De acuerdo con Hernández (22), la historia de este cereal no está completa, porque bien poco o nada se conoce de su remoto origen. El maíz que los primeros exploradores recibieron de los nativos americanos para entregarlo al mundo civilizado era ya una planta domesticada, incapaz de sobrevivir en estado silvestre, seleccionada y adaptada a una gran diversidad de ambientes. Pero, cómo era la planta que el agricultor primitivo tomó de la naturaleza no se sabe. Lo cierto es que el mejoramiento del maíz no ha cesado desde que el hombre se abocó a su cultivo, y que el moderno fitomejorador ha cambiado muy poco esta planta de como la recibiera en herencia de civilizaciones pasadas.

1.3 Clasificación botánica

El maíz conocido hoy en todo el mundo ha sido clasificado científicamente como Zea mays L., miembro de la tribu de las Maydeae de la gran familia de las gramíneas. Esta tribu incluye ocho géneros, cinco de los cuales son orientales relativamente sin importancia: 1) Coix, 2) Sclerachne, 3) Polytoca, 4) Chionachne, 5) Trilebachne, y tres géneros americanos que son: 1) Zea, 2) Tripsacum y 3) Euchlaena (4).

1.4 Usos del maíz

Las formas en que los primitivos hombres de América consumían el maíz eran, como lo son actualmente en nuestros pueblos latinoamericanos, muy variadas; pero en cualquiera de ellas, el maíz constituía el principal alimento diario del hombre.

Aparte de su valor como alimento humano, el maíz es sumamente importante como alimento animal o forraje, en empresas avícolas y como materia prima para muchos productos industriales (4, 22).

Las cañas y tusas se usan como combustible o se transforman en fertilizantes y materiales de construcción. La sémola, el almidón y las harinas de maíz entran en la fabricación de una gran variedad de productos de uso común, tales como: gomas, pinturas, aderezos, textiles, jabones, cosméticos, etc. En fin, no menos de 50 industrias utilizan como materia prima diversos derivados del maíz (22)..

1.5 Suelos y pH

(5) Gruneberg (20, 21), anota que con respecto a suelos es un cultivo poco exigente; da los mejores rendimientos en suelos francos profundos, ricos en humus, bien drenados y aireados.

(6) Berger (4), confirma lo anterior al sostener que se cultiva en una gran variedad de suelos, pero produce mejor en suelos francos bien drenados, aireados, profundos y tibios, y en suelos francos limosos que contienen abundante materia orgánica y están bien abastecidos de nutrientes utilizables.

Jacob y Vexküll (23), opinan que un suelo limoso, profundo, no muy pesado y bien aireado, es lo más indicado para este cultivo. También prospera en suelos arenosos, calódreos, siempre que ellos cubran sus necesidades de humedad. En suelos aluviales y vírgenes produce, igualmente, buenos resultados (20, 21, 23).

Según Berger (4), por medio del buen manejo muchos otros suelos, grises, pardos o café, rojos y negros, de textura variada, pueden convertirse en buenos suelos para el maíz.

(7) Jacob y Vexküll (23), y Gruneberg (20, 21), concluyen que en la selección de suelos para este cereal deberán ser descartados todos los extremos de la escala textural, tales como los de carácter ligero-arenoso o guijarrosos y arcillo-

sos pesados, ya que éstos no permiten el desarrollo radicular de la planta, debido a su deficiente aereación y mala permeabilidad.

El hecho de que el maíz proporcione los mejores rendimientos en suelos francos profundos ricos en humus, muestra que los suelos deben tener una buena existencia de elementos fácilmente intercambiables, con el fin de obtener una cosecha abundante (20, 21).

✓ La reacción óptima del suelo la encuentra el maíz entre los pH de 5.5 y 8.0, y es muy sensible a la acidez, especialmente a los iones de aluminio que resultan de él (20, 21).

Sin embargo, Berger (4), opina que el maíz puede cultivarse en suelos moderadamente ácidos, pero que la gama óptima de pH es de 6.0 a 7.0. También puede cultivarse en suelos más alcalinos, siempre y cuando no se presenten deficiencias de elementos nutritivos.

✓ 1.6 Requisitos climáticos

✓ El maíz es una planta que se adapta muy bien a las diversas condiciones ecológicas, gracias a los muchos tipos que existen, si bien el habitat natural del maíz está situado en los trópicos (4, 23).

✓ La altitud a la cual es posible su desarrollo depende de la latitud, excepto donde el clima es demasiado frío o la temporada del desarrollo vegetativo es demasiado corta (4, 20, 21).

✓ Gruneberg (20), manifiesta que el maíz tiene los siguientes límites para su germinación: el más bajo entre 9 y 10°C; alcanza la germinación óptima entre los 30 y los 32°C; a

temperaturas de 40 a 44°C, se presentan trastornos en este proceso vital. ✓

El maíz agota el suelo en forma considerable, y solamente Según Wallace y Bressman, citados por Berger (4), a una temperatura promedio de 15.5 a 18.3°C, el maíz aparece usualmente sobre la superficie del suelo en un término de 8 a 10 días, mientras que de 10 a 12.8°C, tarda de 18 a 20 días. ✓ del buen cuidado necesario puede limitar los rendimientos aunque todas las condiciones sean perfectas (1).

Después de que las plantas han aparecido sobre el suelo no pueden resistir períodos con temperaturas inferiores al punto de congelación, es decir, a menos de 0°C. La temperatura durante todo el tiempo, desde el brote de la plántula sobre el suelo hasta la formación de la panoja, es muy importante para determinar el tiempo de floración; una vez formada, la temperatura deja de desempeñar esta función tan importante (4). ✓ 2.5 Kgs. de N, 1.0 Kgs. de P₂O₅ y 2.0 Kgs. de K₂O.

✓ Las exigencias de precipitación del maíz son menores en comparación con las de temperatura. Sin embargo, la cantidad y frecuencia de las lluvias que el maíz recibe son factores muy importantes para su producción, siendo la precipitación la limitación climatológica segunda en importancia (4). ✓ las condiciones de Colombia, Grant et al. (19), que dan una producción de 4 Tons. de maíz, que consti-

✓ La humedad necesaria para la germinación es de consideración, puesto que para dicho estadio se requiere un contenido mínimo de 19 a 25% de la capacidad de humedad del suelo; como grado óptimo se considera de un 25 a 60%. Contenidos superiores a 60% de la capacidad de humedad del suelo inhiben el proceso de germinación (20, 21). ✓

2. El maíz y sus necesidades de nutrientes *cumula gran parte del nitrógeno que es absorbido del suelo por la planta*

(b) El maíz agota el suelo en forma considerable, y solamente bajo un correcto abastecimiento de nutrientes puede proporcionar rendimientos satisfactorios (23).

El suministro inadecuado de cualquier nutriente, o la falta del buen cuidado necesario puede limitar los rendimientos aunque todas las condiciones sean perfectas (1).

Según Long, consultado por Jacob y Uexküll (23), una cosecha de 2.845 Kgs/Ha. en Tennessee (EE. UU.), requiere: 180 Kgs/Ha. de N, 62 Kgs/Ha. de P_2O_5 , y 124 Kgs/Ha. de K_2O . Estos datos concuerdan con los de Soubies, citado por el mismo autor, quien reporta las siguientes cantidades extraídas por cada 50 Kgs. de grano, en experimentaciones realizadas en Francia: 2.5 Kgs. de N, 1.0 Kgs. de P_2O_5 , y 2.0 Kgs. de K_2O .

En la Tabla XI del Apéndice se transcriben los datos obtenidos por Mudra, sobre extracción de elementos nutritivos en grano y paja, para las condiciones de Alemania.

Para las condiciones de Colombia, Grant et al (19), manifiestan que una producción de 4 Tons. de maíz, que constituye un buen rendimiento por hectárea, requiere aproximadamente 100 Kgs. de N, 35 Kgs. de P_2O_5 , y 75 Kgs. de K_2O .

2.1 Nitrógeno

(a) De acuerdo con Marín (25), el nitrógeno es el elemento que requieren las plantas en mayor cantidad. Forma parte principal de la materia orgánica del suelo y constituye generalmente del 5 al 6% de su peso. Es un elemento esencial en la formación de las proteínas y es indispensable para el crecimiento y desarrollo de los tejidos vivos (35).

(1) Berger (4), afirma que en las hojas se acumula gran parte del nitrógeno que es absorbido del suelo por la planta antes de formarse la panoja; más del 30% del total del nitrógeno tomado está contenido en las panojas antes de que principie la translocación al grano. Por Gruneberg (20), la asimilación del nitrógeno tiene lugar durante todo el

X Numerosos estudios se ocupan de la influencia que ejerce la fertilización nitrogenada sobre el contenido proteico de las plantas de maíz, y muy especialmente sobre el de los granos, cuya calidad está influida considerablemente por la fertilización nitrogenada. Por otra parte, su exceso puede producir una disminución en la calidad (4, 20). Esta tres se-

(2) La exigencia de nitrógeno en el maíz es mayor que la de los otros elementos y debe ser suministrado principalmente en forma de nitrato o como nitrógeno amoniacal (35).

(3) Gruneberg (20), y Jacob y Vexhill (23), concluyen con lo anterior concuerda Gruneberg (20, 21), al afirmar que el nitrógeno es asimilado por el maíz tanto en forma de nitrato como en forma de sal amoniacal y parece tener preferencia por la primera de ellas.

(4) Jacob y Vexhill (23), encontraron que las fuertes aplicaciones de nitrógeno amoniacal o nítrico, depende de los factores ambientales y de la acidez que presente el suelo (21).

(5) Según Rohades, consultado por Manjarrés (24), al aplicar fertilizante nitrogenado al suelo, dicho nitrógeno puede ser tomado por la planta o perderse por fijación, percolación, arrastrado por el agua de escorrentía o en forma gaseosa.

(6) De acuerdo con Dumenil, citado por Gil (13), la respuesta al fertilizante nitrogenado está influida por el tipo de suelo, erosión, manejo anterior, densidad de siembra y suministro de otros elementos.

(3) Peregrina (35), señala que el nitrógeno debe estar disponible a través de todo el ciclo biológico del cultivo,

Según los resultados de las investigaciones realizadas por Whitehead, Viets y Moxón, citados por Gruneberg (20), la asimilación del nitrógeno tiene lugar durante todo el tiempo de crecimiento y disminuye en la época de madurez.

Una evidencia más de lo anterior la dan Gheorghionow y De Urquido, mencionados por Gil (13), quienes sostienen que el mayor consumo de nitrógeno por parte del maíz se realiza desde las dos semanas antes de la floración, hasta tres semanas después de la fecundación y que este consumo llega a la mitad de la cantidad empleada durante el ciclo vegetativo.

(6) Gruneberg (20), y Jacob y Uexküll (23), concluyen con Berger (4), que el nitrógeno limita los rendimientos más que ningún otro nutriente, siendo, indudablemente, el fertilizante más importante en la nutrición del maíz.

(7) Jacob y Uexküll (23), encontraron que las fuertes aplicaciones de nitrógeno en el crecimiento vegetal son indeseables, ya que ello retarda la madurez y puede causar una disminución en el número de granos.

(8) Además, Rodríguez y Baird (37), en trabajos realizados en el Valle de Medellín, determinaron que dosis elevadas de nitrógeno producían trastornos fisiológicos en las plantas.

2.2 Fósforo

(14) Peregrina (35), reporta que es perfectamente conocido que todas las células de las plantas contienen materiales fosfóricos, los cuales son necesarios para la división ce-

lular de las mismas, y por lo tanto, para la producción de los distintos tejidos vegetales. Scarseth y Salter, consultados por el mismo autor, opinan que el fósforo se encuentra generalmente en los tejidos de crecimiento, tales como yemas y cofias de las raíces; además, se encuentra en los granos de maíz en desarrollo. En aquellos casos en que este elemento no es suficiente para las plantas durante el tiempo cercano a la madurez, las semillas en desarrollo acumulan este nutriente a expensas de los demás tejidos maduros.

El ácido fosfórico fomenta la floración, así como la formación y el desarrollo de los granos (4).

Las hojas contienen cerca del 20% del total de fósforo tomado por las plantas. Durante la formación del grano, la translocación de este elemento es similar a la del nitrógeno. Cuando la planta llega a la madurez, tres cuartas partes del total de fósforo existente en las partes aéreas debe estar en el grano (4).

(14) Gruneberg (21), manifiesta que los fosfatos asimilados se depositan finalmente en el grano, que contiene un 0.57% de P_2O_5 , mientras que en el tallo y las hojas denotan un 0.3%.

La deficiencia de este elemento en el suelo es especialmente desfavorable durante las primeras fases de desarrollo de las plantas, o sea cuando el sistema radicular no está bien formado. (23).

Gruneberg (20), comenta que el maíz absorbe una cantidad mucho mayor de fósforo que cualquiera otra variedad de cereal, aún cuando la extracción de este elemento sea menor que la del nitrógeno y la potasa.

Es indispensable, anota Peregrina (35), que las plantas jóvenes de maíz cuenten con cantidades disponibles suficientes para la formación de sus sistemas radicales; así puede explicarse la respuesta de este cultivo, en las primeras etapas, a los fertilizantes fosfóricos cuando son aplicados adecuadamente.

Según investigaciones de Berger (4), la asimilación de los fosfatos se lleva a cabo durante todo el ciclo vegetativo de la planta, siendo asimilado hasta la iniciación de la floración el 15% de las cantidades necesarias de este elemento, y las mayores necesidades de fosfatos son las que siguen a la floración y a la madurez del fruto.

El ácido fosfórico es asimilado casi exclusivamente en forma inorgánica. Sin embargo, investigaciones realizadas por Roger hacen pensar en la posible asimilación directa de ciertos compuestos orgánicos fosforados, especialmente fitina y lecitina (21).

2.3. Potasio

El potasio es necesario en todos los procesos de desarrollo de las células, y tiene también una gran influencia sobre la respiración, protegiendo a la planta para que esta no sea excesiva. Diversas investigaciones han demostrado que el elemento potasio está íntimamente relacionado con la producción de grasas, almidones, celulosas y pectina en las plantas; sin embargo, este elemento no entra a formar parte permanente en la composición de ninguno de estos compuestos orgánicos (35).

Jacob y Vorkill (23), señalan que la necesidad de potasio en el maíz es también muy alta. Este elemento se acumula siempre en las partes vegetales en donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos, y

que la principal función del potasio es el mantenimiento de la turgencia fisiológica de los coloides del plasma vegetal.

Gruneberg (21), anota también que el potasio contribuye a la reducción de los nitratos, siendo por ello de gran importancia para la síntesis de las sustancias albuminoides y para la división celular.

La translocación del potasio es poca, en su madurez el grano debe contener no más de una tercera parte del total del potasio existente en las partes aéreas de la planta. Al parecer es translocado al suelo a través del sistema radicular. La adsorción del potasio, bien provenga éste de fertilizantes potásicos, materia vegetal mineralizada o minerales del suelo, se realiza siempre en forma de ión potásico, monovalente y electropositivo (4).

El ritmo de adsorción del potasio sigue muy de cerca al desarrollo vegetativo. La adsorción máxima ocurre más temprano que la del nitrógeno. En el grano se acumula poco potasio (3).

Gruneberg (20), reporta que existe, así mismo, una elevada necesidad de potasio durante los períodos de floración y de formación de las mazorcas; sin embargo, su asimilación cesa prácticamente cuando llega a su fin este último estado.

2.4 Calcio, Magnesio y Azufre

Berger (4), con Jacob y Uexküll (23), mencionan que son muy pocas las informaciones que hasta hoy se han publicado acerca de los elementos calcio, magnesio y azufre en la nutrición del maíz, debido principalmente a que muchos fertilizantes contienen estos elementos como constituyentes

secundarios, por lo cual no se presentan deficiencias de ellos.

Gruneberg (20), sostiene que el maíz exige suelos con suficientes iones de calcio. De acuerdo con Peregrina (35) y Berger (4), el calcio es indispensable para el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz; generalmente en el suelo existen suficientes cantidades para satisfacer los requisitos de nutrición de las plantas.

El calcio influye en la translocación de los nutrientes que son manufacturados en las plantas, así como en la actividad fisiológica de otros elementos nutritivos y, además, actúa como agente neutralizador para prevenir la acumulación de materiales tóxicos en los tejidos de las plantas (35).

El calcio es importante en la formación de las paredes celulares para formar un pectinato de calcio, y para la formación de los ácidos orgánicos (4).

El calcio, por su efecto antagónico ante el potasio, fomenta la transpiración de la planta, por lo cual un exceso de este elemento motivará la marchitez de la planta, así como también inhibe la asimilación del potasio y de algunos elementos menores: boro, hierro, zinc, cobre y manganeso (23).

El magnesio es un nutriente esencial de los vegetales. Es uno de los constituyentes de la clorofila, protoclorofila, pectina y fitina (23), sin las cuales es imposible la realización de la síntesis de la materia orgánica (20).

Las sales de magnesio son móviles y están distribuidas a través de toda la planta. En aquellos casos en que el a-

bastecimiento de magnesio es deficiente, las partes más jóvenes de las plantas pueden tomar este elemento de las más viejas (35).

Parece existir una estrecha relación entre el magnesio y los fosfatos. Tanto la absorción como la translocación de los fosfatos son fomentadas por el magnesio bajo ciertas condiciones (4).

El magnesio es adsorbido como catión divalente, puede suministrarse en forma de sulfato, fosfato, carbonato u óxido. Los iones nitratos fomentan su asimilación, en tanto que los iones amonio, potasio y calcio la restringen (23).
 ductivo-oxidativas, tales como la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos.

Una de las funciones del azufre en el crecimiento de las plantas es coadyuvar a la formación de las proteínas. Este elemento es un constituyente esencial de los aminoácidos cisteína y cistina, y de otras sustancias reactivas, así como también de algunos productos vegetales secundarios (4).

Según Jacob y Uexküll (23), las plantas superiores pueden acumular el azufre sólo en forma de ión sulfato (SO_4^{2-}); no obstante, también puede ser posible el aprovechamiento del SO_2 del aire por los vegetales verdes.

2.5 Elementos menores

Las plantas, además de los elementos mayores cuya presencia en los vegetales acontece en mayor o menor cantidad, requieren una cuantía mínima de ciertos elementos para su existencia. Tales elementos son: boro, hierro, manganeso, zinc, molibdeno, cloro, cobalto, vanadio y wolframio, los cuales tienen un elevado grado de eficacia, o sea que pequeñas dosis de ellos son suficientes para alcanzar efectos óptimos (20, 23).

De acuerdo con Berger (4), estos elementos tienen una función definida dentro de la planta, algunas de las cuales no son bien conocidas. En 1957, en el Valle del Cauca, permitieron valorar el efecto de algunos facto-

El boro se lo encuentra particularmente en los ápices vegetativos, flores y tejidos de conducción (floema), su presencia es necesaria en aquellos sitios en donde se verifica una activa división celular. Las plantas requieren el cobre para sus procesos de oxidación y reducción; poco es lo que se sabe sobre su efecto específico en el metabolismo vegetal. El hierro desempeña un importante papel catalizador en las plantas por ser constituyente esencial de varias enzimas; es un elemento clave de diversas reacciones reductivo-oxidativas, tales como la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos.

El manganeso desempeña un papel muy similar al hierro; así mismo, es un catalizador de muchos otros procesos metabólicos. El zinc ejerce influencia sobre el contenido y aprovechamiento racional del P y K en la planta. El molibdeno desempeña un papel importante dentro del proceso de reducción de los nitratos y ejerce, de esta manera, una influencia sobre la formación de albúmina de la planta. Si la reducción nítrica se encuentra inhibida no podrá tener lugar ninguna formación de aminoácidos, hecho que a su vez impedirá la formación de la albúmina (20, 23).

3. Investigaciones en Colombia

En esta parte se presenta una revisión de todos los trabajos publicados hasta la fecha sobre la respuesta del maíz a los diferentes elementos, los cuales se ordenan en la siguiente forma: N-P-K; Nitrógeno; Fósforo; influencia de algunas labores culturales, y la rotación con la aplicación de fertilizantes.

3.1 N-P-K

Estudios realizados por Gómez (17), en el Valle del Cauca en 1967, permitieron valorar el efecto de algunos factores que intervienen en la producción del maíz: destacó, en primer lugar, la fertilidad del suelo; estuvo de acuerdo en que las exigencias del maíz a la aplicación de fertilizantes, como las de cualquier otro cultivo, dependen en gran parte del mayor o menor contenido de nutrientes del suelo en que se siembra, y que la capacidad de éstos para abastecer de nutrientes a los cultivos es cada vez menor, dadas las mayores exigencias requeridas para rendimientos cada vez mayores.

Baird et al (3), en estudios realizados en zonas frías de Colombia (Cundinamarca, Antioquia, Boyacá y Narino), encontraron que no hubo efecto significativo del nitrógeno en los rendimientos del maíz; el fósforo tuvo efecto significativo en algunas localidades; el potasio no presentó efecto alguno; por lo cual, los autores concluyen que el maíz de clima frío no necesita de una fertilización directa, cuando su cultivo se hace después de uno de papa o de trigo, fertilizado adecuadamente.

En la Granja Experimental de Obonuco (Pasto), en ensayos comparativos de tres dosis de nitrógeno, dos de fósforo y dos de potasio, se encontró que los rendimientos fueron altamente significativos para niveles de nitrógeno, cuando se aplicó de 50 a 100 Kg/Ha. el rendimiento aumentó en 2 Ton/Ha., con relación al testigo (9).

Rodríguez y Baird (37), realizaron trabajos en 1963 en el Valle de Medellín, en suelos ligeramente ácidos, medianos en contenido de fósforo y altos en potasio. Encontraron muy poca respuesta a la aplicación de cal; mayores res-

puestas a la aplicación de nitrógeno; con aplicaciones superiores a 100 Kgs/Ha. de este último, observaron trastornos fisiológicos en las plantas. Con la aplicación de fósforo aumentaron ligeramente los rendimientos.

Los mismos autores, en experimentos llevados a cabo en suelos rojos, moderadamente ácidos y pobres en fósforo, encontraron tendencia a aumentar los rendimientos al aplicar cal. Al aplicar sulfato de amonio en dichos suelos, en niveles de 80 a 100 Kgs/Ha. de nitrógeno, encontraron tendencia a disminuir los rendimientos por la acción acidificante del sulfato. Las mayores respuestas las obtuvieron a las aplicaciones de fósforo. Los elementos menores y el potasio no tuvieron efecto sobre la producción.

Gómez et al (14), no encontraron respuesta en el Valle del Cauca a las aplicaciones de P y K; y con la aplicación de N sólo ocasionalmente notaron aumento en el rendimiento.

Este mismo autor (17), en Pruebas Regionales realizadas en 1967 en la región central del Valle del Cauca, en suelos con buenas cantidades de nutrientes, encontraron respuesta a la aplicación de nitrógeno sólo en una tercera parte de dichos suelos; ni el fósforo ni el potasio aumentaron los rendimientos. Es probable que en los suelos de la región sur el nitrógeno y el fósforo sean limitantes para las producciones actuales.

En experimentos llevados a cabo en suelos del Valle del Cauca en 1961, y al ensayar con diferentes dosis de N-P-K, se encontró que estos suelos disponen de cantidades suficientes de éstos para la nutrición del maíz. En uno de ellos se encuentran efectos deprimentes de las aplicaciones de potasio en la producción. Estos mismos experimentos se realizaron en la Granja El Placer (Cauca), en donde hubo

puestas a la aplicación de nitrógeno; con aplicaciones superiores a 100 Kgs/Ha. de este último, observaron trastornos fisiológicos en las plantas. Con la aplicación de fósforo aumentaron ligeramente los rendimientos.

Los mismos autores, en experimentos llevados a cabo en suelos rojos, moderadamente ácidos y pobres en fósforo, encontraron tendencia a aumentar los rendimientos al aplicar cal. Al aplicar sulfato de amonio en dichos suelos, en niveles de 80 a 100 Kgs/Ha. de nitrógeno, encontraron tendencia a disminuir los rendimientos por la acción acidificante del sulfato. Las mayores respuestas las obtuvieron a las aplicaciones de fósforo. Los elementos menores y el potasio no tuvieron efecto sobre la producción.

Gómez et al (14), no encontraron respuesta en el Valle del Cauca a las aplicaciones de P y K; y con la aplicación de N sólo ocasionalmente notaron aumento en el rendimiento.

Este mismo autor (17), en Pruebas Regionales realizadas en 1967 en la región central del Valle del Cauca, en suelos con buenas cantidades de nutrientes, encontraron respuesta a la aplicación de nitrógeno sólo en una tercera parte de dichos suelos; ni el fósforo ni el potasio aumentaron los rendimientos. Es probable que en los suelos de la región sur el nitrógeno y el fósforo sean limitantes para las producciones actuales.

En experimentos llevados a cabo en suelos del Valle del Cauca en 1961, y al ensayar con diferentes dosis de N-P-K, se encontró que estos suelos disponen de cantidades suficientes de éstos para la nutrición del maíz. En uno de ellos se encuentran efectos deprimentes de las aplicaciones de potasio en la producción. Estos mismos experimentos se realizaron en la Granja El Placer (Cauca), en donde hubo

puestas a la aplicación de nitrógeno; con aplicaciones superiores a 100 Kgs/Ha. de este último, observaron trastornos fisiológicos en las plantas. Con la aplicación de fósforo aumentaron ligeramente los rendimientos.

Los mismos autores, en experimentos llevados a cabo en suelos rojos, moderadamente ácidos y pobres en fósforo, encontraron tendencia a aumentar los rendimientos al aplicar cal. Al aplicar sulfato de amonio en dichos suelos, en niveles de 80 a 100 Kgs/Ha. de nitrógeno, encontraron tendencia a disminuir los rendimientos por la acción acidificante del sulfato. Las mayores respuestas las obtuvieron a las aplicaciones de fósforo. Los elementos menores y el potasio no tuvieron efecto sobre la producción.

Gómez et al (14), no encontraron respuesta en el Valle del Cauca a las aplicaciones de P y K; y con la aplicación de N sólo ocasionalmente notaron aumento en el rendimiento.

Este mismo autor (17), en Pruebas Regionales realizadas en 1967 en la región central del Valle del Cauca, en suelos con buenas cantidades de nutrientes, encontraron respuesta a la aplicación de nitrógeno sólo en una tercera parte de dichos suelos; ni el fósforo ni el potasio aumentaron los rendimientos. Es probable que en los suelos de la región sur el nitrógeno y el fósforo sean limitantes para las producciones actuales.

En experimentos llevados a cabo en suelos del Valle del Cauca en 1961, y al ensayar con diferentes dosis de N-P-K, se encontró que estos suelos disponen de cantidades suficientes de éstos para la nutrición del maíz. En uno de ellos se encuentran efectos deprimentes de las aplicaciones de potasio en la producción. Estos mismos experimentos se realizaron en la Granja El Placer (Cauca), en donde hubo

respuesta a todos los elementos estudiados, con excepción del K (8).

Más tarde Gómez (18), en 1968, en estudios realizados a través de once años y medio en el Valle del Cauca, sobre la respuesta de un monocultivo de maíz a la fertilización con N-P-K, concluye que el nitrógeno es el único elemento de aplicar a partir de la décima siembra, para mantener la alta producción del monocultivo; la cantidad de nitrógeno que produce mayores aumentos de la producción está alrededor de los 80 Kg/Ha., o está entre 80 y 120 Kg/Ha. El fósforo y el potasio no son limitantes de la producción ya que se encuentran en el suelo en cantidades asimilables suficientes para las producciones actuales.

En Nataima (Tolima), en un cultivo de maíz continuo, se obtuvo respuesta a la aplicación de N; el tratamiento sin P fue el mejor (8).

Calvache (5), en su estudio realizado en 1965 en un suelo del Departamento del Meta sugiere que, por las respuestas obtenidas en el campo, la probabilidad de obtener mayores rendimientos retribuíbles se consiguen al utilizar niveles de microelementos superiores a 25 Kg/Ha., y niveles de nitrógeno superiores a 100 Kg/Ha.

En la Estación Experimental La Libertad, en los llanos orientales, datos preliminares obtenidos de dos cosechas de maíz sobre suelos de sabana tropical, indicaron respuesta altamente significativa, en general, a todos los nutrientes (10).

Los experimentos de fertilización realizados por Baird et al (2), con N-P-K en los Departamentos de Antioquia, Valle, Córdoba, Cundinamarca y Tolima, demostraron que la respuesta al nitrógeno fue la más general y se obtuvo en to-

das las áreas, con excepción de Montería. En general, se obtuvo poco o ningún beneficio al dividir la aplicación de nitrógeno; de la misma manera, la fuente de nitrógeno fue relativamente poco importante. La respuesta al fósforo estuvo limitada a los suelos lateríticos cerca a Medellín y a la serie de suelos Sabana de Bogotá; la misma respuesta al potasio fue obtenida en esta última región.

3.2 Nitrógeno

En la Granja Tulio Ospina (Medellín), en trabajos sobre la respuesta del maíz a la aplicación de diferentes fuentes de nitrógeno (sulfato de amonio Slow Release, sulfonitrato de amonio común, urea común, urea Slow Release y urea con inhibidor de ureasa) y dosis de 0.75, 150 y 225 Kgs/Ha., en un suelo aluvial, no encontraron diferencias significativas en relación a las diferentes fuentes, pero sí a las diferentes cantidades aplicadas; la mayor producción la obtuvieron para la dosis más alta (9).

Gil (13), al experimentar en suelos del Valle del Cauca y al comparar diferentes dosis de N elemental (0.50, 100, 150 y 200) en formas de sulfato de amonio (21% de N), nitrato de amonio (33.5% de N), sulfonitrato de amonio (26% de N), encontró una diferencia altamente significativa en el rendimiento entre las fuentes y el testigo, al igual que entre las diferentes fuentes. Entre las dosis de una misma fuente no hubo diferencias significativas; sin embargo, al comparar dosis iguales de diferentes fuentes hubo diferencias altamente significativas. De acuerdo a los resultados de campo obtenidos, el sulfato de amonio fue la fuente de más altos rendimientos, y cuando aplicó 150 Kg/Ha. de N, obtuvo la mayor producción. En orden de rendimientos siguieron el nitrato de amonio y el sulfonitrato de amonio, entre los cuales no se encontraron diferencias significativas en los rendimientos.

Grant et al (19), reporta que en investigaciones realizadas en las estaciones experimentales de Medellín, Palmira y Armero, el maíz ha respondido en forma notable a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado comercial. En las tres localidades, la aplicación inicial de 40 Kg/Ha., dió como resultado un aumento de rendimiento de cerca de 1 Ton. de maíz. Los investigadores concluyen que el uso del nitrógeno comercial puede ser económicamente practicable en algunas de las regiones maiceras más importantes de Colombia.

En el Valle de Medellín y en la Sabana de Bogotá en los trabajos realizados en Chinchiná (Caldas) en suelos de la serie 10, Suarez de Castro y Rodríguez (40), al hacer estudios sobre la cal y el fósforo en la producción del maíz, encontraron una respuesta inmediata a la aplicación del fósforo; el testigo produjo el 35% del maíz recogido en el tratamiento de fósforo, a nivel de 50 Kgs. de P_2O_5 por Ha., y un 30% de la producción en el tratamiento de fósforo a nivel de 100 Kgs. de P_2O_5 /Ha. (72.2, 203.4 y 210 Kgs., respectivamente).

Sanguino (39), para su estudio de fertilización escogió tres suelos: franco arcilloso de la serie Estación Palmira con pH de 6.6; franco de la Granja La Florida (Popayán) con pH de 4.8, y franco arcilloso de Jamundí con pH de 4.5; de los resultados obtenidos señala que, en general, la producción del maíz en los suelos estudiados estuvo en razón inversa con sus capacidades de fijación del P. Así, el orden de producción de mayor a menor fue: franco arcilloso Palmira, franco arcilloso Jamundí y franco de La Florida; en cambio, en la capacidad de fijación del fósforo el orden fue a la inversa. La fijación del fósforo en los suelos de La Florida y Jamundí aumentó al aumentar el pH con sucesivas adiciones de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Así mismo,

los rendimientos del maíz aumentaron hasta aproximarse a un pH de 6.5. Sin embargo, a partir del pH 7.0, los rendimientos disminuyeron notablemente, sin guardar relación con el aumento de la fijación del fósforo debido, posiblemente, a que otros nutrientes, además del fósforo, pudieron ser limitantes (en especial potasio y elementos menores). Estos argumentos pueden significar que las cantidades de fósforo fijado no son tan apreciables como para hacerlo totalmente inasequible al maíz.

En el Valle de Medellín y en la Sabana de Bogotá se han aumentado los rendimientos del maíz al aplicar fósforo en forma de abono comercial, pero su respuesta no ha sido tan notoria como la del nitrógeno (19).

3.4 Prácticas culturales

Gómez (17), hace énfasis en que el mayor aumento de la producción del maíz que es posible obtener, no se debe tanto a la aplicación de fertilizantes como al empleo de tres prácticas culturales: raleo, represión de plagas y represión de malezas.

Gómez et al (15), llega a la conclusión de que la aplicación de altas dosis de nitrógeno puede suplir en parte la labor de represión de malezas, lo cual significa que la respuesta del maíz al nitrógeno depende indirectamente de este grado de represión.

Bray, citado por Gómez et al (15), ha sugerido la idea de que la destrucción de las malezas en un campo de maíz no es necesaria y que, en la mayoría de los casos, es perjudicial. Este autor opina que las malezas controlan la erosión y añaden la materia orgánica al suelo. Aunque son indispensables grandes cantidades de fertilizantes para suministrar los elementos nutritivos que requieren el maíz y

las malezas, el costo del fertilizante se compensa con la eliminación de las labores de cultivo.

o en uno rotado con soya, o en el que le sigue al barbecho, aumenta el rendimiento.

3.5 Rotación lineal. En el caso del dolichos, el N aplicado no tiene influencia o decrece ligeramente la producción.

Gómez et al (16), en ensayos de rotación con maíz y leguminosas, encontraron que la escasez de nitrógeno asimilable producida por la falta de rotación, es la que ocasiona la disminución de los rendimientos del maíz en el monocultivo, debido a una merma del nitrógeno asimilable en el suelo; lo cual fue comprobado al aplicar 120 Kg/Ha. de nitrógeno en parcelas de maíz continuo, logrando un aumento de producción de 2.10 a 5.06 Ton/Ha. Los autores concluyen también que el maíz rotado con soya o alfalfa conserva alta su producción en la cosecha siguiente a la de la leguminosa, pero sugirieron la posibilidad de que se presenten deficiencias de potasio en cultivos continuos de maíz rotado con leguminosas.

Según Rodríguez (38), las rotaciones son benéficas en la producción y se obtiene un aumento en la misma con adición de nitrógeno. Con el uso de una Leguminosa como abono verde, se obtienen también resultados satisfactorios.

El efecto benéfico de las leguminosas en la producción del maíz no dura más allá de una sola cosecha, o sea de un semestre y, en el caso de la rotación con alfalfa, parece que además de nitrógeno, van haciéndose deficientes otros elementos necesarios al maíz. La producción, tanto de la soya como de la alfalfa, parece ser independiente de la rotación con maíz (8).

El maíz rotado con soya o dolichos tiene una producción mayor que el maíz continuo. En el caso de la soya las diferencias de producción con respecto al maíz sin rotar, van haciéndose menores y, en el caso del dolichos, van ha-

ciéndose mayores a medida que se repiten las siembras. La adición de nitrógeno en maíz continuo, o en uno rotado con soya, o en el que le sigue al barbecho, aumenta el rendimiento en forma lineal. En el caso del dolichos, el N aplicado no tiene influencia o decrece ligeramente la producción (8). (3° 03' 33" N. de B.)

La extensión total del municipio es de 115 kilómetros
 4. Características generales de Berruecos clima frío y 54 para clima medio (34).

"El rasgo más sobresaliente de la geología de Nariño es su fase ígnea y volcánica con todas las consecuencias de intenso metamorfismo. Abundan las rocas masivas, predominando entre ellas las básicas: sienitas, andesitas, propilitos, basaltos, etc. Los granitos y dasitas son escasos, sobre todo los últimos. La fisiónomía porfídica en la sienita es frecuente. Las eyecciones aparecen acompañadas de tobas correspondientes" (7).

"Los valles del Patía, Mayo, Juanambú y Guátara están cubiertos de depósitos volcánicos considerables, arrojados en la época postterciaria por los volcanes Galeras, Las Animas, Sotomayor, etc., y cuyos detritos fueron conducidos hacia las partes bajas por el hielo al derretirse en cantidades inmensas en donde quedaron depositados al parecer, los lagos que en esas épocas debieron existir" (7).

4.1 Localización de Berruecos

El Municipio de Berruecos está localizado en el norte del Departamento de Nariño (Colombia), y limita con los siguientes municipios: por el norte con La Unión, por el sur con Buesaco, por el oriente con San José de Albán y por el occidente con San Lorenzo.

La posición geográfica de la cabecera municipal es la

siguiente: de erosión de estos suelos es muy fuerte, variando de severa a muy severa, con formación de surquillos

Latitud : $1^{\circ} 30' 09''$ Norte

Longitud : $77^{\circ} 08' 25''$ W. de Greenwich
 (5.5 a $(3^{\circ} 03' 33''$ W. de B.)

La extensión total del municipio es de 115 kilómetros cuadrados, distribuidos así: 61 para clima frío y 54 para clima medio (34).

4.2 Suelos

Varela (41), en su estudio general del sector Pasto-Río Mayo, agrupa los suelos de la zona de Berruecos en suelos andesíticos, en donde se presentan en complejos con cenizas volcánicas y rocas verdes, en proporciones variables, ya sea con dominancia de cenizas o con dominancia de andesitas. Estos suelos se encuentran en las márgenes de los ríos Mayo, Juanambú y Pasto.

Estos suelos muestran diferentes grados de desarrollo que van desde los muy superficiales o esqueléticos, como las márgenes del río Pasto y ciertas zonas del río Juanambú, hasta los moderadamente profundos al sur de El Tablón, región de San Eugenio, Municipio de Buesaco.

Generalmente las pendientes oscilan entre 25 y 50% y más, la textura es variable y está en relación directa con la profundidad y grado de meteorización. En los suelos superficiales y poco profundos las texturas son más pesadas. Se nota poca lixiviación en las arcillas.

El drenaje externo es rápido a causa de la pendiente; el interno es medio y, a veces, lento, presentándose en algunos casos cierto hidromorfismo.

El grado de erosión de estos suelos es muy fuerte, variando de severa a muy severa, con formación de surquillos y cárcavas. (4).

El pH de estos suelos oscila entre fuerte a ligeramente ácido (5.5 a 6.5), y tiende a aumentar ligeramente en los horizontes inferiores, aunque en algunos superiores es más alto.

Se caracteriza por tener una capacidad catiónica de cambio muy alta, que va de 20 a 56 m.e./100 gms., aunque el perfil Nar. 31, situado en las márgenes del río Juanambú, sólo tiene una capacidad menor de 12 m.e./100 gms.

El porcentaje de saturación de bases es alto o muy alto, la saturación de calcio es en general alta. El contenido de potasio es alto para la mayoría de los suelos. El de sodio es bajo; sin embargo, en algunos perfiles éste es superior al de potasio, lo cual, explica el autor, se debe a la poca lixiviación de estos suelos que ha impedido que el sodio salga al perfil.

El nitrógeno disponible es variable, en algunos es alto o muy alto; en cambio, en otros es pobre.

Estos suelos, al igual que los formados sobre cenizas y tobas volcánicas, presentan un contenido muy bajo de fósforo disponible.

A pesar de que el Atlas de Nariño (7) y Varela (41), concuerdan al afirmar la existencia de rocas masivas, predominando entre ellas las básicas: sienitas, andesitas, propilitos y basaltos, en los suelos de Berruecos, las prácticas realizadas por el Departamento de Fitotecnia del Instituto Tecnológico Agrícola, indican la presencia de rocas ígneas

ácidas en las cuales predominan los granitos, lo cual confirma, posiblemente, la respuesta negativa del potasio en estos suelos (+).

4.3 Vegetación

Espinal y Montenegro (12), en su estudio sobre formaciones vegetales de Colombia, clasifican la zona de estudio en bosque seco subtropical, con una temperatura inferior a 24°C y promedio anual de lluvias que varía entre 500 y 1.000 m.m.

La vegetación original ha sido totalmente cambiada por el hombre, mediante el pastoreo, la agricultura y las quemadas, y hoy aparecen estas laderas con poca cubierta arbórea.

En los rastrojos se ven asociaciones de Croton ferrugineus H.B.K., Tecoma stans, Cesalpinaceae, Verbenaceae y Mimosaceae (41).

(+) Información personal de los Ingenieros Agrónomos del Departamento de Fitotecnia del I.T.A., Mario Blasco, Ph.D. y Joaquín Gamboa J.

III - MATERIALES Y METODOS

Para el estudio se realizaron tres ensayos regionales de fertilización, como parte del Programa de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A.), en el segundo semestre de 1967, localizados en fincas de agricultores del Municipio de Berruecos, Nariño.

En la Figura 2 puede verse el mapa con la localización del Municipio de Berruecos, Departamento de Nariño, y los sitios en donde se realizaron los experimentos de fertilización.

1. Localización de los experimentos

Los experimentos estuvieron localizados en orden a 55, 58 y 62 Kms. sobre la carretera Pasto-Cali, a una altura sobre el nivel del mar de 1.500, 1.600 y 1.700 m., respectivamente, en las fincas denominadas El Vergel, La Honda y Rosa Florida, en las cuales no se había realizado prácticas de fertilización.

El criterio que se siguió para la ubicación de los experimentos fue el de que quedarán comprendidos en clima medio (1.200 a 1.700 m.s.n.m.), de fácil acceso para su control y en partes planas.

El experimento localizado en la finca La Honda se perdió por cosecha anticipada por parte del agricultor, lo cual impidió la toma de los datos correspondientes.

Para mayor facilidad en la discusión de los resultados, se designó como Suelo A el experimento localizado en la finca El Vergel, y como Suelo B el experimento de la finca Rosa Florida.

2. Preparación del suelo

La preparación del suelo se hizo de acuerdo al método empleado por el agricultor, que consistió en una arada con bueyes y dos rastrelladas.

3. Diseño

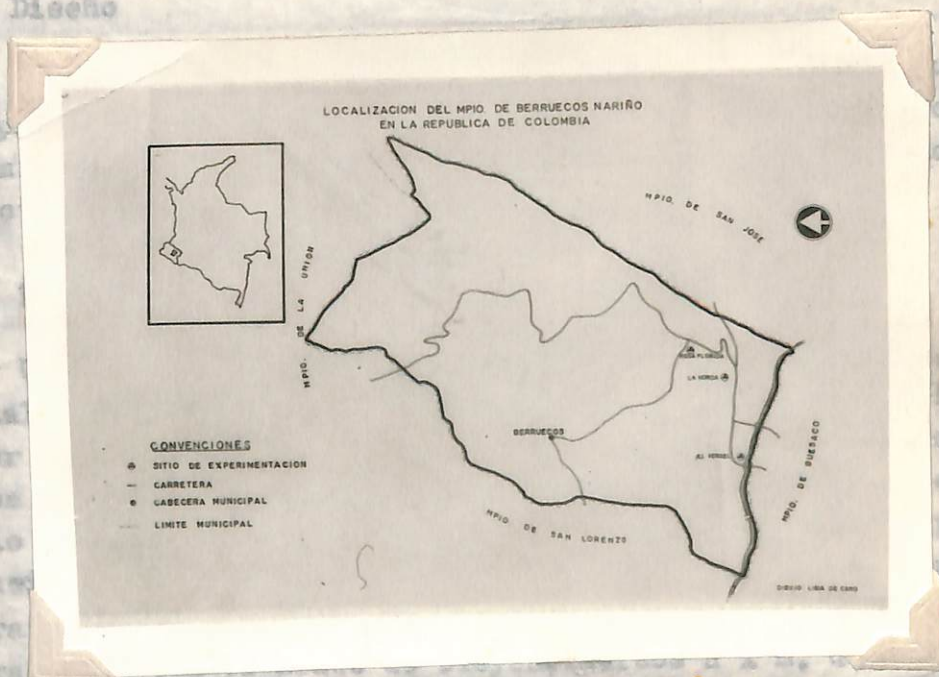


Figura 2 - Localización geográfica del Municipio de Berruecos, y sitios en donde se realizaron los experimentos de fertilización en maíz. (Tomado de copia heliográfica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi").

Los datos sobre el suelo se determinó al respecto de la diferencia entre el suelo con la Tabla Muebles de los suelos. El color de los suelos, la u Foto: A. Mesquera.

2. Preparación del suelo

m La preparación del suelo se hizo de acuerdo al método empleado por el agricultor, que consiste en una arada con bueyes y dos rastrilladas.

3. Diseño

m Los ensayos se realizaron en bloques al azar con cuatro replicaciones. Se utilizaron parcelas de 10 m. de largo por 4 m. de ancho. Los tratamientos y niveles en kilogramos/hectárea se presentan en la Tabla I.

4. Trazado

m Una vez preparado el terreno se procedió al trazado, el cual consistió en dos bloques, cada uno de 66 m. de largo por 10 m. de ancho, con una calle intermedia de 2 m., entre los mismos; cada uno de ellos se dividió en dos, con espacio intermedio de 2 m., para obtener así las cuatro replicaciones con ocho parcelas cada una, correspondientes a los tratamientos experimentales. En todas las replicaciones se trazaron, con el arado de bueyes, surcos a 1 m. de distancia y a una profundidad de 15 cms.

5. Descripción de perfiles y muestreo de suelos

m Para la descripción de perfiles se hizo una calicata de 1 m. de profundidad, 1 m. de ancho y 1.50 m. de largo. Con la ayuda de una cinta métrica se determinó el espesor de las diferentes capas del suelo; con la Tabla Munsell se determinó el color de las mismas. Se utilizó ácido clorhídrico diluido para averiguar la presencia de carbonatos en el perfil. Para cada una de las capas se anotaron las siguientes características: textura, estructura, consistencia, permeabilidad y presencia de macroorganismos.

En cada uno de los suelos y de las repeticiones experimentales se verificó un muestreo de suelos a dos profundidades. **Tabla I -- Tratamientos y niveles expresados en kilogramos por cada replicación, y una por hectárea (0 cms.),** las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de Palmira para análisis de caracterización, fósforo por diferentes métodos y determinación del aluminio intercambiable.

Número Tratamientos Nitrógeno Fósforo Potasio E.M.

Método del potenciómetro.				
1	$N_0 P_1 K_1$	0	90	50
Método de Walkley Black. 50 0				
Nitrógeno total (N _T) : H ₂ O. dividido por el factor 20.				
2	$N_1 P_1 K_1$	100	90	50
Método de Bray 1 y 2. 100 90 50 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 90 50 0				
3	$N_2 P_1 K_1$	200	90	50
Método de Bray 1 y 2. 200 90 50 0				
Método de Bray 1 y 2. 200 90 50 0				
4	$N_1 P_0 K_1$	100	0	50
Método de Bray 1 y 2. 100 0 50 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 0 50 0				
5	$N_1 P_2 K_1$	100	180	50
Método de Bray 1 y 2. 100 180 50 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 180 50 0				
6	$N_1 P_1 K_0$	100	90	0
Método de Bray 1 y 2. 100 90 0 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 90 0 0				
7	$N_1 P_1 K_2$	100	90	100
Método de Bray 1 y 2. 100 90 100 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 90 100 0				
8	$N_1 P_1 K_1 E.M.$	100	90	50
Método de Bray 1 y 2. 100 90 50 0				
Método de Bray 1 y 2. 100 90 50 0				

2. Dosis y aplicación de fertilizantes

Los materiales usados como fuentes de fertilizantes son:

1. Nitrato de amonio, con un contenido de 47% de N.

En cada uno de los suelos y de las replicaciones experimentales se verificó un muestreo de suelos a dos profundidades: la primera que comprende la capa arable (0-20 cms.) por cada replicación, y una general (20-40 cms.), las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de Palmira para análisis de caracterización, fósforo por diferentes métodos y determinación del aluminio intercambiable.

La técnica seguida para estos análisis fue la siguiente:

pH : método del potenciómetro.

Materia orgánica : método de Walkley y Black.

Nitrógeno total (N%) : M.O. dividido por el factor 20.

Fósforo : por varios métodos: Bray I, Bray II, Carolina del Norte y Troug.

Cationes intercambiables (K-Na-Ca-Mg) : método de Peech. Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.): simultáneamente con la extracción de cationes intercambiables, con acetato de amonio.

Aluminio (Al^{+++}) : a una muestra de 10 gr. de suelo se agregan 50 cc. de KCl 1N, se agita durante 5 minutos, se filtra y se lava con 10 cc. de KCl 1N, hasta completar un total de 100 cc. de KCl, se agregan 10 cc. de agua destilada. Al filtrado se le agregan 4 gotas de metil naranja (indicador), más 5 gotas de fenolftaleína; posteriormente se titula con una solución de Na OH 0.05N, hasta una coloración amarillo zapote; la lectura se divide por 2, el resultado se obtiene en m.e. 100 gms/suelo.

6. Fuentes y aplicación de fertilizantes

Los materiales usados como fuentes de fertilizantes fueron:

Urea, $(NH_2)_2CO$, con un contenido de 45% de N.

Superfosfato triple, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, con 45% de P_2O_5 .

Sulfato de potasio, K_2SO_4 , con 48% de K_2O .

Elementos menores "Agrimins", producto comercial con 9.62% de ZnSO_4 ; 5.12% de CuSO_4 ; 0.6% de B; 5.62% de MnSO_4 ; 7.6% de FeSO_4 , y 0.03% de Mo.

Al momento de la siembra se aplicaron en el fondo del surco: 1/3 del nitrógeno, el fósforo, el potasio y los elementos menores, y se cubrieron con una capa de tierra. Los fertilizantes se mezclaron al momento de la aplicación para evitar posibles pérdidas por reacciones químicas. El nitrógeno restante se aplicó cuando el maíz alcanzó una altura aproximada de 50 cms.

En la Tabla II se indican las cantidades aplicadas de cada una de las fuentes en gramos parcela, correspondientes a los diferentes tratamientos utilizados.

7. Siembra

Se utilizó la variedad Diacol V-351, recomendada por el I.C.A. para la zona media de Colombia, comprendida entre 1.200 y 1.700 m.s.n.m.

La siembra se realizó el 8 de Octubre de 1967. Se colocaron cuatro semillas por sitio, cada 40 cms., con un total de 25 sitios por surco.

8. Resiembra

Fue necesario hacer una resiembra parcial en ambos lotes debido a las malas condiciones climatológicas que se presentaron en la región. Dicha resiembra se realizó 15 días después.

Tabla II - Cantidades aplicadas de cada una de las fuentes en gramos/parcela, correspondientes a los diferentes tratamientos utilizados en los ensayos de fertilización de maíz

Número	Tratamientos		Urea		Superfosfato Triple	Sulfato de Potasio	Elementos Menores
			Primera aplic.	Segunda aplic.			
1	0	90	0	0	800	471	0
2	100	90	296.30	592.70	800	417	0
3	200	90	592.70	1185.30	800	417	0
4	100	0	296.30	592.70	0	417	0
5	100	180	296.30	592.70	1.600	417	0
6	100	90	296.30	592.70	800	0	0
7	100	90	296.30	592.70	800	834	0
8	100	90	296.30	592.70	800	417	200

9. Raleo

Cuando el maíz alcanzó una altura aproximada de 50 cms. se hizo raleo a dos plantas por sitio, para un total de doscientas plantas por tratamiento, que corresponde a una población de cincuenta mil plantas por hectárea.

10. Labores culturales

En el momento de la siembra se aplicó Aldrín al 2.5% a razón de 200 Kgs./Ha., para el control de Agrothis ipsilon.

Inmediatamente después de la siembra se aplicó Gesaprin, a razón de 2 Kg/Ha. en 200 lts. de agua, para el control de malezas de la primera época de cultivo.

Durante el período vegetativo se hicieron aplicaciones frecuentes de Dipterex (12 Kg/Ha.), el cual se aplicó en forma localizada; Telodrex (1.5 Kg/Ha.), D.D.T. (2 Kg/Ha.), disueltos en 300 lts. de agua, para el control de Laphygma frugiperda, Heliothis zea y Epitris sp.

Los productos y cantidades por hectárea aplicados, se hicieron de acuerdo a las recomendaciones del I.C.A. para este cultivo.

Durante el ciclo vegetativo se realizaron tres desyerbas. Cuando el maíz alcanzó una altura aproximada de 50 cms. se realizó la labor de aporque.

11. Muestreo foliar y calificación del estado vegetativo del cultivo

Una vez florecida el 50% de la población, se procedió a tomar muestras de los pecíolos por cada tratamiento, y por ensayo.

Estas muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá (Cundinamarca), para la determinación de contenidos de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio en las hojas.

La técnica seguida para esta determinación fue la siguiente:

Independiente de cada uno de los tratamientos se convirtieron a kilogramos/hectárea.

- % de N : Microkeldahl
- % de P : Vanadato de amonio
- % de Ca: Absorción atómica
- % de Mg: Tiazol amarillo
- % de K : Fotometría de llama

En la misma época se calificó el estado vegetativo del cultivo, de acuerdo a su apariencia general; cada uno de los tratamientos se calificaron de 1 a 5: 1 para el mejor y 5 para el peor.

12. Cosecha

El día 17 de Abril de 1968 se realizó la cosecha de los dos surcos centrales de cada tratamiento, se eliminaron las plantas de los dos sitios extremos de cada surco; los sitios perdidos se consideraron como talos, se anotó el número de plantas y de mazocas cosechadas por tratamiento.

Una vez desgranado y pesado el maíz se tomaron muestras de 500 grs. por tratamiento y por replicación, para determinar el porcentaje de humedad.

Por medio del "Stand-latte" se determinaron los diferentes grados de humedad para las muestras, que posteriormente se unificaron a un 12% de humedad con la ayuda de Tablas de Conversión para el efecto, dadas por el I.N.A. en su cartilla de tipificación de granos (6).

Debido a que el número de plantas cosechadas en cada uno de los tratamientos fue variable, se hizo necesario uniformar este número en base a la población promedio cosechada (74 plantas) en ambos suelos, para efectos del análisis estadístico.

El rendimiento de cada uno de los tratamientos se convirtió luego a kilogramos/hectárea.

1. Suelo

En esta parte se presenta la descripción de los perfiles, el análisis físico y el análisis químico de los suelos, y se discute en forma comparativa para ambos suelos.

1.1 Descripción de perfiles y análisis físico-químico

En la Tabla III se describen los dos perfiles correspondientes a los suelos en donde se realizaron los experimentos.

Como se puede observar, ambos suelos son profundos y fértiles.

IV - RESULTADOS Y DISCUSION

En este Capítulo se discuten diversos aspectos que son necesarios para valorar la respuesta relativa del maíz a la aplicación de fertilizantes, tales como: el suelo, dentro de éste la descripción de perfiles, el análisis físico mecánico y el análisis químico; algunas observaciones sobre el cultivo; análisis foliar y análisis de rendimientos, a fin de evaluar y justificar la respuesta obtenida en el campo.

1. Suelo

En esta parte se presenta la descripción de los perfiles, el análisis físico y el análisis químico de las muestras, y se discute en forma comparativa para ambos suelos.

1.1 Descripción de perfiles y análisis físico-mecánico

En la Tabla III se describen los dos perfiles correspondientes a los suelos en donde se realizaron los experimentos.

Como se puede observar, estos suelos son profundos y presentan características similares en sus perfiles. En las capas superiores se encuentran texturas medianas, y en las inferiores texturas livianas.

En el Suelo A se presentan problemas de drenaje, debido a la escorrentía ocasionada en los lotes vecinos con pendientes mayores, las arcillas son depositadas en el lote experimental y tapan los poros del suelo por la formación de costras. Por otra parte, el horizonte de 40 a 100 cms. presenta un material indurado que dificulta el paso del agua a través del mismo. El Suelo B presenta mejores condiciones para el desarrollo de las plantas.

Tabla III - Descripción de perfiles correspondientes a los suelos de las fincas
El Vergel y Rosa Florida, en donde se realizaron los experimentos
de fertilización en maíz

Perfil	Profundidad cms.	Textura	Color	Estructura	Consistencia	Permeabilidad	Observaciones
SUELO A	0-40	Franco-arcillo-arenosa	10YR2/2	Granular	Friable	Mediana	Presencia de raíces
	40-100	Franco-arenosa	5YR2/2	Nuciforme	Firme	Lenta	Presencia material indurado
	100- X	Arenosa	7.5YR4/2	Grano simple	Muy friable	Rápida	
SUELO B	0-45	Franco-arenosa	5YR2/2	Granular	Friable	Mediana	Presencia de raíces
	45-70	Arenosa	10YR4/3	Grano simple	Muy friable	Rápida	
	70- X	Arenosa	7.5YR4/2	Grano simple	Muy friable	Rápida	

Datos generales:

SUELO A:

Altitud : 1.500 m.s.n.m.
Relieve : plano 1% pendiente
Erosión : moderada
Uso : maíz, caña, frijol
Reacción HCl : negativa

SUELO B:

Altitud : 1.700 m.s.n.m.
Relieve : plano
Erosión : moderada
Uso : maíz, frijol, maní
Reacción HCl : negativa

En la Tabla IV se presenta el análisis físico-mecánico de los dos suelos; de acuerdo con este análisis el Suelo A presenta una textura franco-arcillo-arenosa, y el Suelo B una textura franco-arenosa. En las muestras tomadas de 20 a 40 cms. se encontraron las mismas texturas para cada uno de los suelos.

1.2 Análisis químico

En la Tabla V se indican algunas de las propiedades químicas de los dos suelos, a profundidades de 0-20 cms.; el promedio, y los resultados de una muestra general para cada suelo, tomada de 20-40 cms.

El Suelo A presenta una reacción medianamente ácida, con poca variación en las replicaciones. En el Suelo B, la reacción es fuertemente ácida, sin variación importante dentro de las replicaciones. La reacción de las muestras tomadas de 20-40 cms., es igual a la de la capa superficial para cada suelo.

Como se puede observar, el Suelo A está en mejores condiciones de pH para el desarrollo del maíz, ya que la reacción óptima para este cultivo debe estar en un pH de 5.5 a 8.0. La mayor acidez del Suelo B puede deberse a su mayor contenido de aluminio en forma intercambiable.

X El contenido promedio de materia orgánica es medio para el Suelo A y muy alto para el Suelo B, y están en relación con lo afirmado por Marín y Gómez (26), al establecer que el contenido de M.O. aumenta a medida que se asciende sobre el nivel del mar. El nitrógeno determinado en función de la M.O. guarda esta misma relación.

A profundidades de 20-40 cms., el contenido de M.O. y

Tabla IV - Análisis físico-mecánico de los suelos correspondientes a los perfiles descritos

	SUELO A		SUELO B	
	0 - 20 cms.			
Arcillas	24.0 %		17.4 %	
Limos	20.1 %		22.2 %	
Arenas	55.9 %		60.4 %	
Textura	Franco-arcillo-arenosa		Franco-arenosa	
20 - 40 cms.				
Arcillas	26.8 %		16.8 %	
Limos	21.73%		19.28%	
Arenas	55.10%		63.82%	
Textura	Franco-arcillo-arenosa		Franco-arenosa	

nitrógeno es un poco más bajo que en la capa de 0-20 cms., pero conserva la misma relación.

Tabla VI - Calificación del desarrollo vegetativo del cultivo

El contenido promedio de fósforo hasta 40 cms. es alto para ambos suelos, a pesar de que se presenta una gran variación en las replicaciones.

El contenido promedio de potasio en la capa arable es alto para ambos suelos, con poca variabilidad en las replicaciones. Sin embargo, es mucho mayor el contenido para el Suelo A. En la muestra tomada de 20-40 cms. el contenido es alto para el Suelo A, y medio para el Suelo B, es decir que no está en relación con el contenido de la capa arable.

2. Observaciones sobre el desarrollo del cultivo

En el Capítulo anterior se anotó la necesidad de resiembra parcial en ambos ensayos, lo cual se debió, posiblemente, a que después de la siembra hubo una fuerte precipitación que estimuló la germinación de las semillas, sometida luego a un prolongado período de sequía (15 días).

En términos generales, se puede afirmar que el desarrollo del cultivo fue normal para la zona, y que no hubo variación notoria en las diferentes parcelas de los dos ensayos para un mismo tratamiento.

En cuanto a la respuesta vegetativa del maíz a los diferentes tratamientos, se puede anotar que las parcelas que recibieron aplicaciones de nitrógeno, respondieron con mayor crecimiento y vigor, en contraste con los tratamientos sin nitrógeno que presentaron una altura notoriamente inferior.

En la Tabla VI se presenta la calificación correspondiente al desarrollo y vigor de las plantas, para los diferentes tratamientos y replicaciones.

Tabla VI - Calificación del desarrollo vegetativo del cultivo en el momento de la floración

Número	Tratamiento			SURLO A				SURLO B			
				I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	0	90	50	5 ⁺	5	5	2	5	5	5	5
2	100	90	50	1 ⁺⁺	1	3	1	1	2	3	1
3	200	90	50	2	2	2	1	2	1	3	1
4	100	0	50	3	1	2	1	2	3	2	2
5	100	180	50	1	2	2	1	1	1	1	1
6	100	90	0	1	1	3	1	3	2	3	1
7	100	90	100	1	2	3	1	1	2	2	1
8	100	90	50+200	1	1	3	1	1	1	1	1

(+) = malo

(++) = mejor

El promedio general por ensayo, al tiempo de la cosecha, fue de 74 plantas por tratamiento o parcela, lo cual equivale a una población de 40.217 plantas por hectárea, que se puede considerar como buena.

3. Análisis foliar

Se presentan los resultados del análisis foliar en el siguiente orden: nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores, los cuales se discuten en relación con las cantidades aplicadas en el suelo y la influencia entre ellos.

En la Tabla VIII se indican los resultados comparativos del análisis foliar en los dos ensayos de fertilización en maíz en el Municipio de Berruecos, Nariño.

3.1 Nitrógeno

En ambos suelos aumenta el contenido de nitrógeno en las hojas al aplicar 100 Kg/Ha., en relación al tratamiento sin nitrógeno, y disminuye al aplicar 200 Kg/Ha.

Cuando la cantidad de nitrógeno aplicada en el suelo varía de 0 a 100 y 200 Kg/Ha., el fósforo absorbido en las hojas aumenta en relación directa para ambos suelos.

El contenido de calcio se hace mayor al aplicar nitrógeno al suelo. En el Suelo B hay un ligero descenso cuando se aplican 200 Kg/Ha. de este elemento; igual comportamiento se observa para el magnesio en presencia de diferentes niveles de nitrógeno.

En cuanto a los contenidos de potasio foliar, en el Suelo A aumenta cuando se aplican 100 Kg/Ha. de N, y se mantiene constante al aplicar 200 Kg/Ha. En el Suelo B aumenta

Tabla VII - Resultados comparativos del análisis foliar en los dos experimentos de fertilización en raíz (+)

Elemento	Tratamientos	N%			P%			Ca%			Mg%			K%		
		Suelo		A	Suelo		A	Suelo		A	Suelo		A	Suelo		A
		B	A		B	A		B	A		B	A		B	A	
Nitrógeno	0	90	50	1.65	2.57	0.34	0.22	0.67	0.85	0.30	0.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
	100	90	50	2.13	3.58	0.35	0.27	0.99	1.00	0.31	0.28	2.51	2.51	2.18	2.18	2.18
	200	90	50	1.99	2.96	0.43	0.34	1.25	0.95	0.35	0.23	2.51	2.51	1.88	1.88	1.88
Fósforo	100	0	50	2.15	2.74	0.29	0.31	0.95	0.84	0.33	0.25	2.36	2.36	2.36	2.36	2.36
	100	90	50	2.13	3.58	0.35	0.27	0.99	1.00	0.31	0.28	2.51	2.51	2.18	2.18	2.18
	100	180	50	2.11	2.62	0.33	0.33	0.76	0.69	0.24	0.18	2.51	2.51	2.18	2.18	2.18
Potasio	100	90	0	2.03	2.68	0.27	0.32	0.91	0.71	0.25	0.18	2.27	2.27	1.64	1.64	1.64
	100	90	50	2.13	3.58	0.35	0.27	0.99	1.00	0.31	0.28	2.51	2.51	2.18	2.18	2.18
	100	90	100	2.11	2.68	0.34	0.27	1.15	0.76	0.52	0.25	1.97	1.97	2.41	2.41	2.41
E. M.	100	90	50	2.13	3.58	0.35	0.27	0.99	1.00	0.31	0.28	2.51	2.51	2.18	2.18	2.18
	100	90	50+200	2.05	2.43	0.39	0.26	1.00	0.57	0.33	0.19	2.62	2.62	1.97	1.97	1.97

(+) Solamente fueron ocho tratamientos; sin embargo, en la presente tabla se agrupan por elementos para observar la influencia de cada uno de ellos en sus diferentes niveles y su efecto sobre los demás.

hasta el nivel de 100 Kg/Ha.; el nivel de 200 Kg/Ha. de N produce descenso. El contenido de nitrógeno en los tejidos para el Suelo B, se mantiene constante a niveles de 0, 100 Kg/Ha. de K_2O , y 3.2 Fósforo a nivel de 50 Kg/Ha.

En el Suelo A el fósforo, en su nivel de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , ocasiona un aumento de su contenido en las hojas en relación al nivel de 0 Kg/Ha.; a su nivel de 180 Kg/Ha. disminuye. En el Suelo B no se observa relación alguna respecto a las cantidades aplicadas de este nutriente.

Cuando se aplica K_2O en su nivel de 90 Kg/Ha., el contenido de nitrógeno en las hojas para el Suelo A, tiene tendencia a disminuir al aplicar P_2O_5 . En el Suelo B aumenta al nivel de 90 Kg/Ha. y disminuye a 180 Kg/Ha. de P_2O_5 .

La mayor presencia de calcio en los tejidos se registra al nivel de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 para ambos suelos.

El contenido de magnesio en las hojas para el Suelo A, disminuye con la aplicación de P_2O_5 . En el Suelo B se incrementa con la aplicación de 90 Kg/Ha., para descender con la aplicación del tercer nivel.

En el Suelo A el contenido de potasio en las hojas aumenta con el segundo nivel de P_2O_5 , pero permanece constante a la aplicación del tercer nivel. En el Suelo B los contenidos disminuyen con la aplicación de P_2O_5 .

3.3 Potasio

El contenido de potasio en las hojas en el Suelo A, aumenta levemente cuando se aplican 50 Kg/Ha. de K_2O , y descendiendo notoriamente al aumentar la dosis. En el Suelo B, aumenta a medida que se aumenta la cantidad de K_2O en el suelo.

La aplicación de K_2O al suelo, para el Suelo A, incrementa la presencia de nitrógeno en los tejidos; para el Suelo B, lo mantiene constante a niveles de 0, 100 Kg/Ha. de K_2O , y se incrementa a nivel de 50 Kg/Ha.

En el Suelo A el contenido de fósforo en las hojas aumenta con aplicaciones de 50 Kg/Ha. de K_2O , y desciende con 100 Kg/Ha. Para el Suelo B su contenido baja al aumentar la cantidad de K_2O en ambos niveles.

Cuando se aplica K_2O en su nivel de 50 Kg/Ha., el contenido de calcio en los tejidos aumenta para ambos suelos. Al aumentar la dosis, se incrementa en el Suelo A y disminuye en el Suelo B.

Aplicaciones de potasio incrementan la presencia de magnesio en la planta, en ambos suelos.

3.4 Elementos menores

La aplicación de elementos menores en el Suelo A, aumenta la presencia de fósforo, potasio, calcio; es depresivo para nitrógeno y magnesio. En el Suelo B se disminuyen los contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

4. Análisis de rendimientos

Se analizan los rendimientos obtenidos para cada uno de los elementos, a sus diferentes niveles, en cada uno de los suelos, y luego se comparan algunas respuestas semejantes en los dos suelos.

En la Tabla VIII se dan los promedios de rendimiento en Kg/Ha., a un 12% de humedad, obtenidos con los diferentes tratamientos de N-P-K y elementos menores en los dos suelos.

Tabla VIII - Respuesta comparativa del maíz, en Kg/Ha., a la aplicación de N-P-K y E.M., al 12% de humedad (+)

Ele- mento	Tratamiento	SUELO A				SUELO B					
		I	II	III	IV	Prom.	I	II	III	IV	Prom.
Nitró- geno	0 90 50	3.144	3.711	2.262	5.665	3.698	2.839	4.608	3.464	2.970	3.471
	100 90 50	4.248	6.887	6.188	7.235	6.134	6.290	6.419	5.170	6.198	6.019
	200 90 50	3.904	5.973	3.051	7.031	4.990	6.340	5.745	6.205	5.375	5.916
Fós- foro	100 0 50	3.604	6.054	5.241	6.764	5.416	6.112	7.319	5.542	5.350	6.081
	100 90 50	4.248	6.887	6.168	7.235	6.134	6.290	6.419	5.170	6.198	6.019
	100 180 50	5.436	4.922	3.132	6.709	5.050	4.897	7.080	4.136	6.593	5.676
Pota- sio	100 90 0	6.317	5.302	8.752	5.901	6.568	5.265	6.177	5.184	6.153	5.695
	100 90 50	4.248	6.887	6.168	7.235	6.134	6.290	6.419	5.170	6.198	6.019
	100 90 100	5.442	6.950	4.414	6.940	5.936	7.418	6.178	5.101	5.687	6.096
E. M.	100 90 50	4.248	6.887	6.168	7.235	6.134	6.290	6.419	5.170	6.198	6.019
	100-90-50+200	4.927	6.051	4.766	8.202	5.986	5.506	6.437	5.949	5.899	6.197

(+) Fueron solamente ocho tratamientos; sin embargo, en esta tabla se agrupan por elemento para observar la respuesta de cada uno de ellos en tres niveles diferentes, con dos niveles constantes de los otros elementos.

estudiados. En esta Tabla se agrupan los tratamientos con tres niveles variables para cada elemento, y constantes los dos niveles de los otros elementos, con el fin de facilitar la comparación de la respuesta en los dos suelos.

4.1 Nitrógeno

En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan las respuestas a la aplicación de nitrógeno.

En el Suelo A la mejor respuesta se obtuvo con la aplicación de 100 Kg/Ha. de N. Este tratamiento dió un rendimiento promedio de 6.134 Kg/Ha., que es altamente significativo en relación al tratamiento sin nitrógeno. El incremento equivale al 65.8%.

Al aplicar 200 Kg/Ha. de N, se incrementa el rendimiento con respecto al tratamiento sin nitrógeno, pero demostró un efecto depresivo en relación al mejor tratamiento.

En el Suelo B la mejor respuesta se obtuvo con la aplicación de 100 Kg/Ha. de N. Este tratamiento dió un rendimiento promedio de 6.019 Kg/Ha., que es altamente significativo respecto al tratamiento sin nitrógeno; el incremento equivale a 73.4%.

Así mismo, el nivel de 200 Kg/Ha. de N, aumentó el rendimiento pero demostró un efecto depresivo con respecto al mejor tratamiento.

Por lo anterior se puede afirmar que ambos suelos responden muy bien a la aplicación de 100 Kg/Ha. de N, y que 200 Kg/Ha. pueden producir toxicidad en las plantas.



Figura 3 - Respuesta del maíz a la aplicación de 0-90-50 Kg/ha. de N-P-K. Obsérvese la menor altura de las plantas en relación con las parcelas vecinas.

Foto: A. Mosquera.



Figura 4 - Maíz al cual se le aplicaron 100-90-50
Kg/Ha. de N-P-K.

Foto: A. Mosquera.

4.2 Maíz

En las Figuras 4, 6 y 7 se presenta la respuesta en el maíz a la aplicación de P_2O_5 .

En el Suelo A la mejor respuesta se obtiene con la aplicación de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 . Este tratamiento



N P K+EM
200 90 50 0

Figura 5 -- Aspecto de la respuesta del maíz a la fertilización con 200-90-50 Kg/Ha. de N-P-K.

4.3 Frijol

Foto: A. Mosquera.

En las Figuras 4, 6 y 7 se presenta la respuesta en el frijol a la aplicación de K_2O .

En el Suelo A no se obtuvo respuesta a la aplicación de

4.2 Fósforo

En las Figuras 4, 6 y 7 se presenta la respuesta en el campo a la aplicación de P_2O_5 .

En el Suelo A la mejor respuesta se obtiene con la aplicación de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 . Este tratamiento dió un promedio de 6.134 Kg/Ha.; no existe diferencia estadística significativa respecto al tratamiento sin P_2O_5 ; el incremento equivale al 13.2%.

La aplicación de 180 Kg/Ha. de P_2O_5 disminuye el rendimiento con relación a los niveles de 0 y 90 Kg/Ha. de P_2O_5 .

En el Suelo B no se obtuvo respuesta a la aplicación de P_2O_5 . Aplicaciones de 90 y 180 Kg/Ha. produjeron una disminución en el rendimiento respecto al tratamiento sin aplicación de P_2O_5 .

Aunque en el Suelo B no se obtuvo respuesta a la aplicación de P_2O_5 , en el Suelo A el incremento debido a 90 Kg/Ha. fue de 718 Kg/Ha., y la depresión en el Suelo B para el mismo nivel fue de 62 Kg/Ha.; ésto hace pensar en la posibilidad de aplicaciones bajas de este elemento para los suelos de Berruecos.

4.3 Potasio

En las Figuras 4, 8 y 9 se presenta la respuesta en el campo a la aplicación de K_2O .

En el Suelo A no se obtuvo respuesta a la aplicación de K_2O . Aplicaciones con 50 y 100 Kg/Ha. causaron una disminución en el rendimiento respecto al tratamiento sin aplicación de K_2O .



Figura 6 - Respuesta del cultivo del maíz a la adición
de 100-0-50 Kg/Ha. de N-P-K.

Foto: A. Mosquera.



Figura 7 - Aspecto de la respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de 100-180-50 Kg/Ha. de N-P-K_v

Foto: A. Mosquera.



Figura 8 - Aplicación de 100-90-0 Kg/Ha. de N-P-K
en el cultivo de maíz.

Foto: A. Mosquera.

En el suelo B la aplicación de 75 y 100 Kg/ha. de K_2O , aumentó el rendimiento respecto al tratamiento sin K_2O . Los promedios de los rendimientos para estos dos niveles fueron 6.019 y 6.096 Kg/ha., respectivamente, con un incremento del 7% con relación al tratamiento sin K_2O .



Figura 9 - Respuesta del maíz a la fertilización con 100-90-100 Kg/ha. de N-P-K.

Foto: A. Mosquera.

En el Suelo B la aplicación de 50 y 100 Kg/Ha. de K_2O , aumentó el rendimiento respecto al tratamiento sin K_2O . Los promedios de los rendimientos para estos dos niveles fueron 6.019 y 6.096 Kg/Ha., respectivamente, con un incremento del 7% con relación al tratamiento sin K_2O .

En ninguno de los dos suelos se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por lo cual se puede afirmar que la aplicación de potasio no es esencial en estos suelos, o que responden a dosis muy bajas.

4.4 Elementos menores

En la Figura 10 se presenta la respuesta en el campo a la aplicación de elementos menores.

En el Suelo A no se obtuvo respuesta a la aplicación de elementos menores. La aplicación de 200 Kg/Ha. de E.M. produjo una disminución en el rendimiento.

En el Suelo B la aplicación de elementos menores produjo un leve aumento de 2.9% en relación al tratamiento comparativo.

Entre los tratamientos 100-90-50 y 100-90-50 + 200, no se presentaron diferencias estadísticas significativas, por lo cual se concluye que no es necesaria la aplicación de elementos menores para obtener mayores rendimientos del maíz en los suelos estudiados.

5. Relación entre contenidos de nutrientes en el suelo y los rendimientos

5.1 Nitrógeno

El contenido de nitrógeno total en el Suelo A, de acuerdo



Figura 10 - Respuesta del maíz a la aplicación de 100-90-50 y 200 Kg/Ha. de N-P-K y E.M.

Foto: A. Mosquera.

de el análisis químico, fue de 0.12% con variación de 0.12 a 0.13% entre replicaciones. En el Suelo B fue de 0.45% con variación de 0.44 a 0.48% entre replicaciones. Podría pensarse que esta relación se conserva cuando los suelos

Al comparar ambos suelos no se encuentra una relación entre el contenido de nitrógeno total y la respuesta al tratamiento sin nitrógeno, tanto que en el Suelo B, con mayor contenido en el suelo, se obtuvo menor respuesta que en el Suelo A con menor contenido de nitrógeno total.

Para el nivel de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , la respuesta por rendimiento en el Suelo A que en el Suelo B; con 200 Kg/Ha. de N la depresión fue mayor en el Suelo A que en el Suelo B. Lo anterior puede indicar que el Suelo A tiene mayor cantidad de nitrógeno aprovechable que el Suelo B. En la replicación IV del Suelo B, hubo incremento en

La respuesta a la aplicación del tratamiento 0-90-50 fue altamente variable para ambos suelos, en cada replicación, y parece ser que existe una relación entre el contenido de nitrógeno total, en cada replicación, y los rendimientos.

La aplicación de 100 Kg/Ha. de N produce un fuerte incremento en ambos suelos, pero no guarda relación con el contenido de nitrógeno en el suelo; el nivel de 200 Kg/Ha. si conserva esta relación.

5.2 Fósforo

El contenido de fósforo asimilable en el Suelo A, de acuerdo con el análisis químico, fue de 29 p.p.m. con variación de 11.6 a 59.2 p.p.m. entre replicaciones. Para el Suelo B, fue de 32.9 p.p.m. con variación de 19.4 a 52.8 p.p.m. entre replicaciones.

La respuesta para el tratamiento sin P_2O_5 fue altamente variable para ambos suelos, en cada replicación, pero mayo-

res para el Suelo A; parece que en este suelo existe cierta relación entre el contenido de fósforo asimilable y el rendimiento; en el Suelo B no existe esta relación. Podría pensarse que esta relación se conserva cuando los suelos tienen menos de 15 p.p.m., o sea cuando hay un contenido bajo de fósforo asimilable, lo cual explica que en el Suelo B, con contenidos de 19.4 a 52.8 p.p.m. (medio-alto), no se haya obtenido respuesta a la aplicación de P_2O_5 .

Para el nivel de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , la respuesta por replicación en el Suelo A es notoria. En el Suelo B la tendencia es depresiva. Para nivel de 180 Kg/Ha., la tendencia es depresiva para ambos suelos.

Es importante anotar que en la replicación I del Suelo A, y en la replicación IV del Suelo B, hubo incremento en la producción a medida que se incrementaron las aplicaciones de P_2O_5 , lo cual no ocurrió en las otras replicaciones. Es muy probable que la depresión general al incremento de fósforo no se deba, directamente, a la acción tóxica de este elemento.

5.3 Potasio

El contenido de potasio en el Suelo A, de acuerdo al análisis químico, fue de 0.67 m.e./100 grs., con variación de 0.62 a 0.70 m.e./100 grs. entre replicaciones. En el Suelo B fue de 0.30 m.e./100 grs., con variación de 0.27 a 0.35 m.e./100 grs. entre replicaciones.

Existe una relación directa entre el contenido de potasio, en cada uno de los suelos, y la respuesta al tratamiento sin K_2O .

Para el nivel de 50 Kg/Ha. de K_2O en el Suelo A, se presentó una disminución en el rendimiento, y en el Suelo B se

presentó un incremento. Con 100 Kg/Ha. de K_2O continuó la disminución en el Suelo A, y un leve aumento en el Suelo B.

Debido a que el Suelo A responde en forma negativa a la aplicación de K_2O y el Suelo B lo hace en forma positiva, y a la relación que existe entre el contenido de potasio en el suelo y los rendimientos, se puede pensar en la posibilidad de experimentar con dosis más bajas de K_2O .

6. Relación entre nutrientes del suelo, contenido foliar y rendimiento

6.1 Nitrógeno

En la Figura 11 se presenta la relación entre contenidos del suelo, contenido foliar y rendimientos, con la aplicación de tres niveles de nitrógeno (0-100-200 Kg/Ha.).

Al comparar tratamientos sin nitrógeno en ambos suelos no existe una relación entre el contenido de nitrógeno foliar y el rendimiento; sin embargo, el contenido de nitrógeno en las hojas es mayor en el Suelo B (2.57%) con 0.45% de N en el suelo, que en el Suelo A (1.65%) con 0.12% de N en el suelo, por lo cual se deduce que el contenido de nitrógeno en las hojas, para el tratamiento sin nitrógeno, es independiente del rendimiento y dependiente del nitrógeno del suelo.

Para nivel de 100 Kg/Ha. de N, tanto el contenido de nitrógeno en las hojas como el contenido en el suelo, son mayores para el Suelo B que para el Suelo A. Los rendimientos fueron a la inversa.

El efecto depresivo de 200 Kg/Ha. de N disminuye en ambos suelos el contenido foliar.

SUELO A

(0.12 %)

SUELO B

(0.45 %)

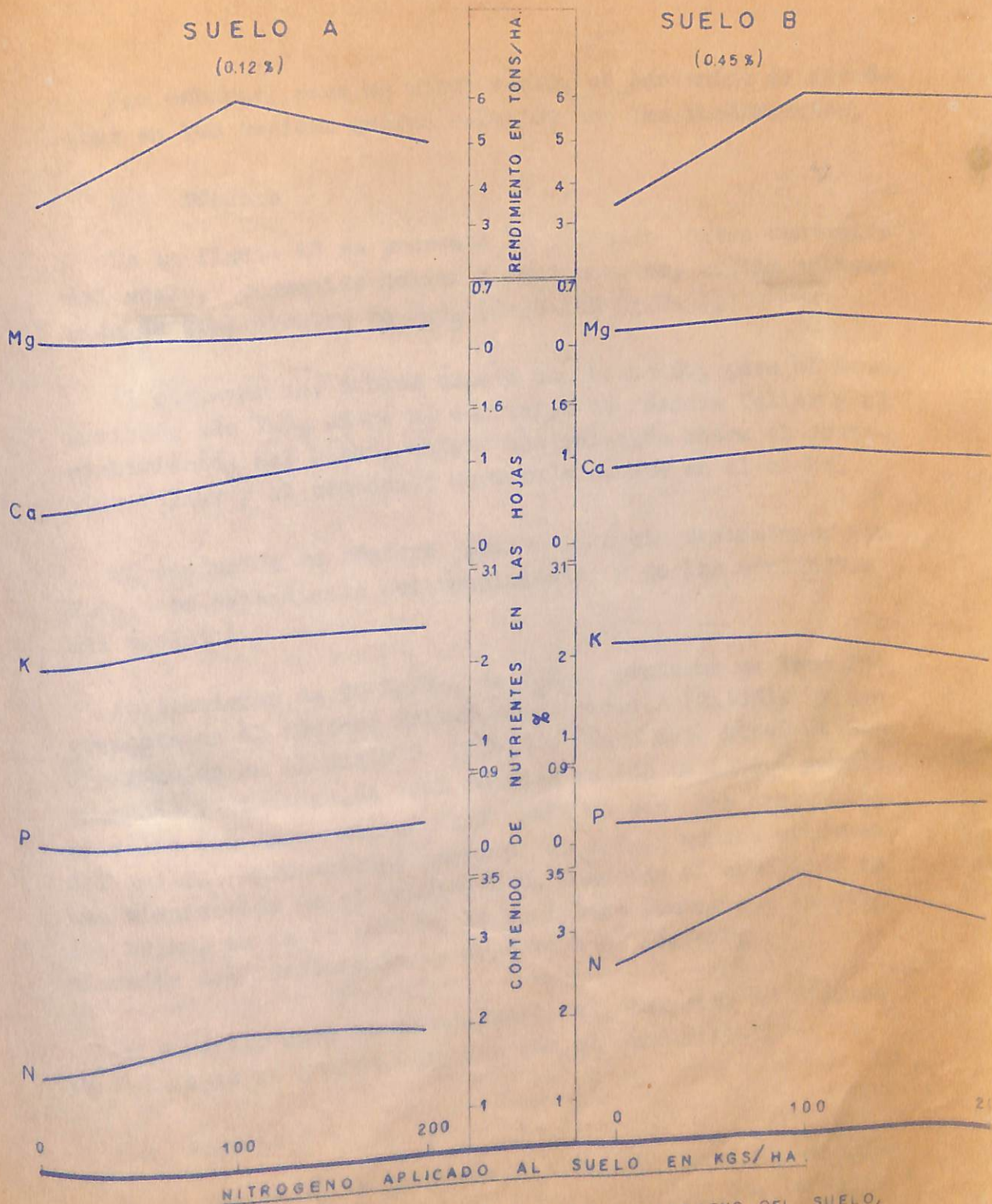


FIGURA 11 RELACION PARA AMBOS SUELOS, ENTRE NITROGENO DEL SUELO, CONTENIDOS FOLIARES, Y RENDIMIENTOS CON LA APLICACION DE TRES NIVELES DE ESTE ELEMENTO. MPIO. DE BERRUECOS, NARIÑO

DIBUJO: LIBIA DE CANO

Sin embargo, para un mismo suelo, el contenido de nitrógeno en los tejidos guarda relación con los rendimientos.

6.2 Fósforo

En la Figura 12 se presenta la relación entre contenido del suelo, contenido foliar y rendimientos, con la aplicación de tres niveles de P_2O_5 (0-90-180 Kg/Ha.).

Al comparar los suelos existe una relación, para el tratamiento sin P_2O_5 , entre el contenido de fósforo foliar y el rendimiento; así mismo, existe una relación entre el contenido foliar y el contenido de este elemento en el suelo.

El contenido de fósforo foliar para el tratamiento sin P_2O_5 , es dependiente del rendimiento y de los contenidos del suelo.

Aplicaciones de 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , producen un leve incremento en el fósforo foliar en el Suelo A (0.35%), y una disminución en el Suelo B (0.27%). Para este nivel el incremento o disminución del fósforo en los tejidos, guarda relación con los rendimientos pero no con los contenidos del suelo. Aplicaciones mayores de P_2O_5 , aunque producen una disminución en el rendimiento, aumentan el contenido en las hojas, en ambos suelos, lo cual hace pensar que la disminución del rendimiento no es debida al fósforo.

En general, para un mismo suelo, el contenido de fósforo en las hojas no guarda relación con el rendimiento.

6.3 Potasio

En la Figura 13 se presenta la relación entre el contenido del suelo, contenido foliar y rendimientos, con la aplicación de tres niveles de K_2O (0-50-100 Kg/Ha.).

SUELO A

(29 PPM)

SUELO B

(33 PPM)

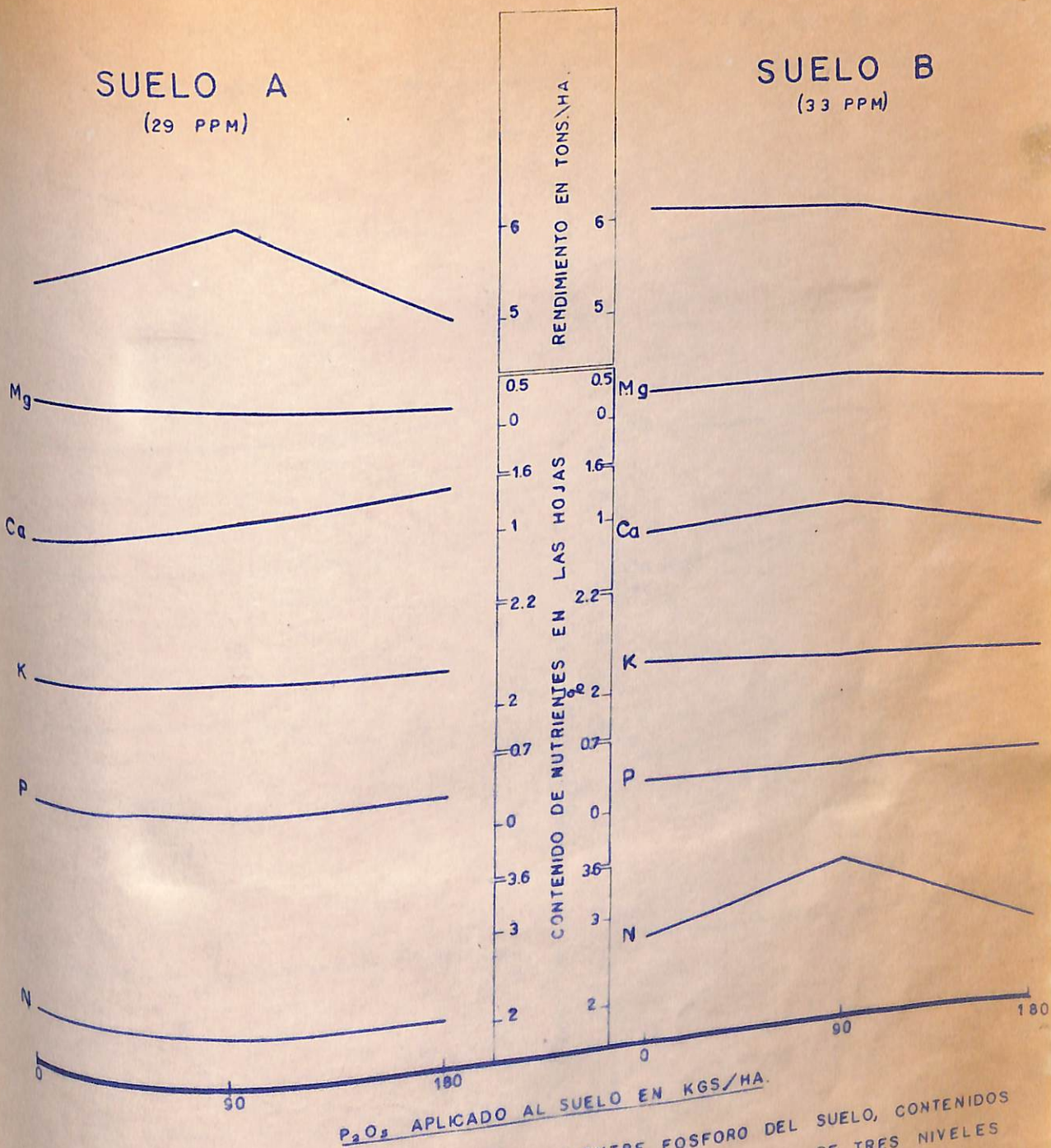


FIGURA 12

RELACION PARA AMBOS SUELOS, ENTRE FOSFORO DEL SUELO, CONTENIDOS FOLIARES Y RENDIMIENTOS CON LA APLICACION DE TRES NIVELES DE ESTE ELEMENTO. MPIO. DE BERRUECOS, NARIÑO

DIBUJO: LIBIA DE CANO

SUELO A

(0.67 m.e/100 GRS. DE SUELO)

SUELO B

(0.30 m.e/100 GRS. DE SUELO)

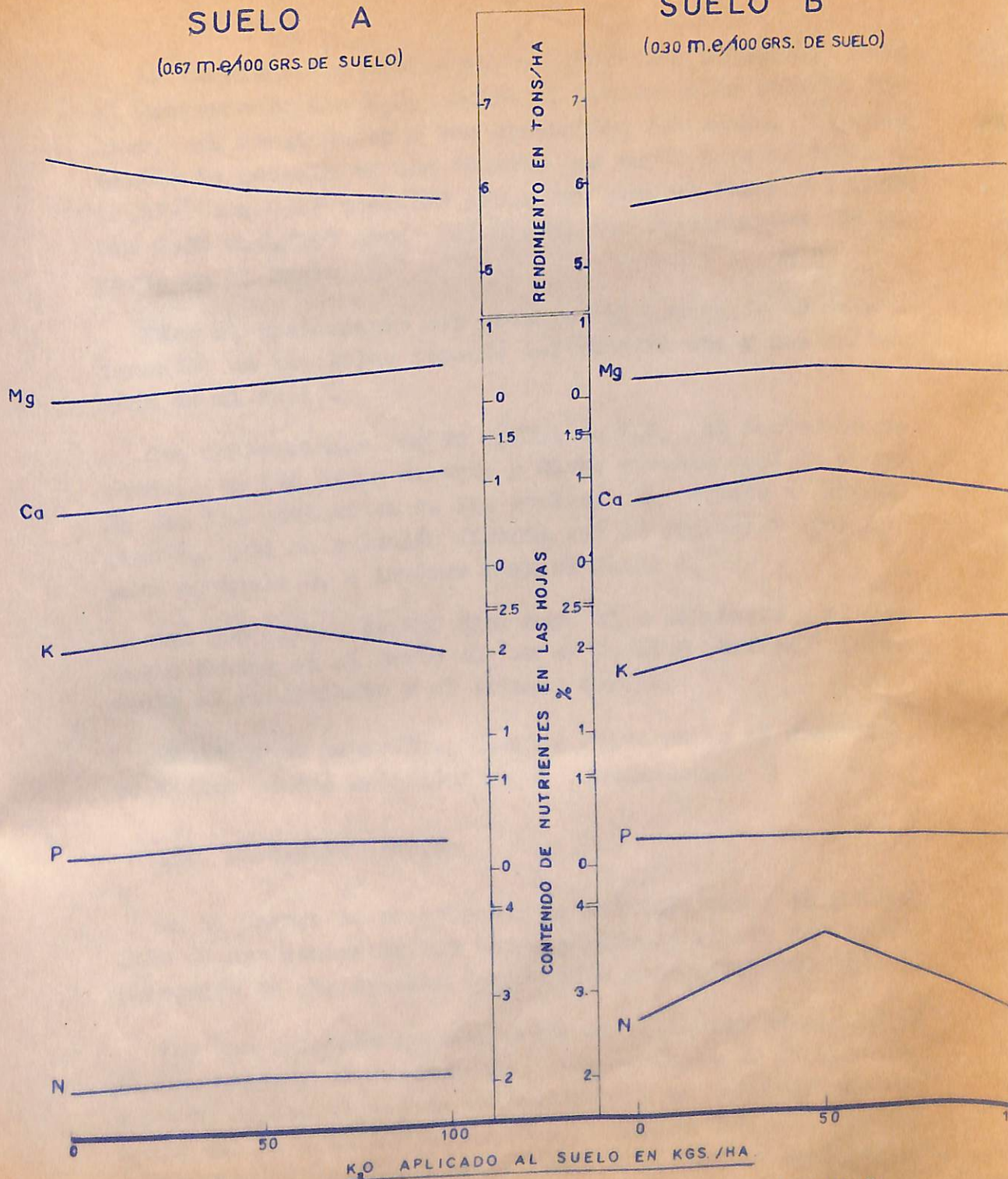


FIGURA 13

RELACION PARA AMBOS SUELOS, ENTRE POTASIO DEL SUELO, CONTENIDOS FOLIARES Y RENDIMIENTOS, CON LA APLICACION DE TRES NIVELES DE ESTE ELEMENTO. MPIO. DE BERRUECOS. NARIÑO

DIBUJO: LIBIA DE CANO

SUELO A

SUELO B

Al comparar los suelos se encuentra una relación, para el tratamiento sin K_2O , entre el contenido de potasio foliar, el rendimiento y los contenidos del suelo. El contenido de potasio en los tejidos es mayor para el Suelo A (2.27%) con 0.67 m.e./100 grs., que para el Suelo B (1.64%) con 0.30 m.e./100 grs. Así mismo, los rendimientos son mayores en el Suelo A.

Para el tratamiento sin potasio, el contenido de este elemento en las hojas depende del rendimiento y del contenido en el suelo.

Con aplicaciones de 50 Kg/Ha. de K_2O , el contenido de potasio en las hojas aumenta y dicho aumento está de acuerdo con los contenidos de los suelos. En cuanto a rendimiento, está en relación directa con el contenido foliar para el Suelo B, e inverso para el Suelo A.

Con 100 Kg/Ha. de K_2O disminuye el rendimiento y el potasio foliar en el Suelo A. En el Suelo B aumentan levemente el rendimiento y el potasio foliar.

En términos generales, para un mismo suelo el contenido foliar guarda relación con el rendimiento.

6.4 Elementos menores

En la Figura 14 se presenta la relación entre el contenido de nutrientes en las hojas y el rendimiento con la aplicación de dos niveles de elementos menores (0-200 Kg/Ha).

Hay una relación inversa entre el contenido de elementos en las hojas y el rendimiento, para el Suelo A, ya que la mayoría de los elementos se incrementan en los tejidos, en tanto que el rendimiento decrece. Para el Suelo B, con mayores rendimientos, los contenidos de elementos decrecen.

FIGURA 14 RELACION PARA AMBOS SUELOS ENTRE CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LAS HOJAS Y RENDIMIENTO CON LA APLICACION DE DOS NIVELES DE ELEMENTOS MENORES. PRUEBA DE BARRAGAN, 1945.

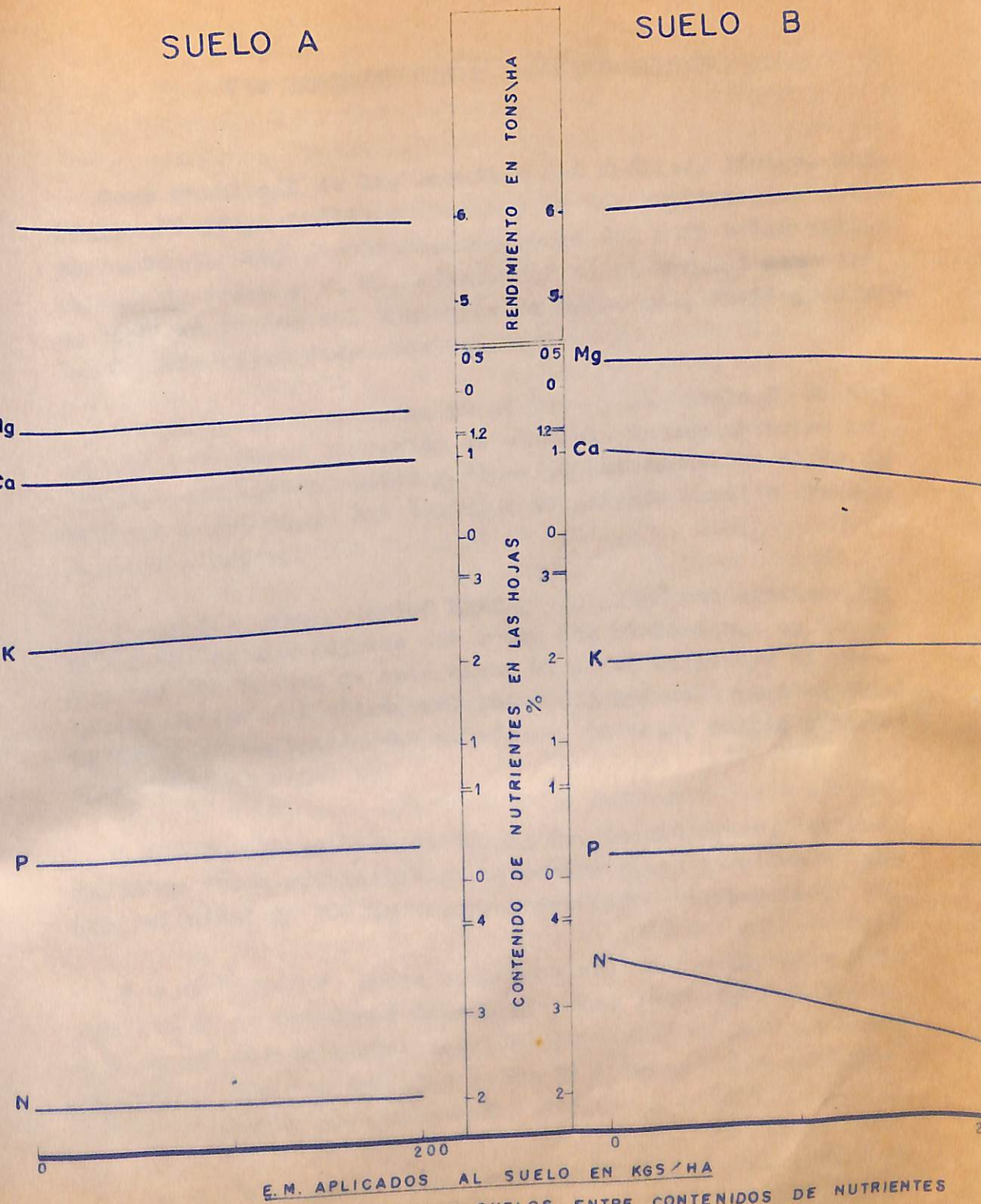


FIGURA 14 RELACION PARA AMBOS SUELOS, ENTRE CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LAS HOJAS, Y RENDIMIENTOS, CON LA APLICACION DE DOS NIVELES DE ELEMENTOS MENORES. MPIO. DE BERRUECOS, NARIÑO.

DIBUJO: LIBIA DE CANO

V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de los estudios del análisis físico, análisis químico, análisis foliar y de los rendimientos obtenidos en el campo, sobre la respuesta del maíz a las aplicaciones de N-P-K y E. M., efectuados en el segundo semestre de 1967 en suelos del Municipio de Berruecos, Nariño, se presentan las siguientes conclusiones:

1 - El Suelo A tiene un pH de 5.9 y el Suelo B de 5.3 debido a su mayor contenido de aluminio intercambiable; registran contenidos medios y altos de nitrógeno, y altos en fósforo y potasio. Las texturas son franco arcillo arenosa y franco arenosa.

2 - Aplicaciones de 100 Kg/Ha. de nitrógeno aumentan la presencia en los tejidos de todos los elementos, en ambos suelos; 200 Kg/Ha. de este mismo elemento disminuye el contenido foliar del nitrógeno, potasio y magnesio para el Suelo A; y el contenido del nitrógeno, potasio, calcio y magnesio para el Suelo B.

3 - Con aplicaciones de 100 Kg/Ha. de nitrógeno, aumentaron en forma considerable los rendimientos para ambos suelos; el nivel de 200 Kg/Ha. presentó efecto depresivo.

4 - Al comparar ambos suelos existe relación entre los contenidos de nitrógeno del suelo y los contenidos foliares, pero no en cuanto a rendimientos; sin embargo, para un mismo suelo, los rendimientos están de acuerdo a los contenidos de nitrógeno presente en los tejidos.

5 - Aplicaciones de fósforo no registran ninguna relación respecto a la presencia de los demás elementos en las hojas.

6 - El Suelo A presenta poca evidencia a la respuesta de P_2O_5 , el Suelo B no presenta respuesta; aplicaciones de 180 Kg/Ha. de P_2O_5 , disminuyen los rendimientos en ambos suelos.

7 - En general, los rendimientos no guardan relación con los contenidos foliares y los del suelo, para aplicaciones de P_2O_5 .

8 - Para ambos suelos, aplicaciones de 50 Kg/Ha. de K_2O , fomentan la absorción de todos los elementos; 100 Kg/Ha. los disminuye.

9 - Existe una relación directa entre el contenido de potasio en cada uno de los suelos y la respuesta al tratamiento sin K_2O . Para el nivel de 50 Kg/Ha. de K_2O , en el Suelo A se presentó una disminución en el rendimiento, en el Suelo B se presentó un incremento; lo mismo sucede con 100 Kg/Ha. de K_2O .

10 - No hay evidencia a la aplicación de elementos menores en los suelos estudiados.

11 - De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos 100-90-0, 100-90-50 y 100-90-50+200, son los que producen los mejores rendimientos para ambos suelos. Los buenos rendimientos obtenidos con el último tratamiento, se deben a la influencia de N-P-K y no a los elementos menores.

En base al estudio realizado, y de acuerdo a las conclusiones, se presentan las siguientes recomendaciones:

1ª - Los resultados sugieren la conveniencia de aplicar 100 Kg/Ha. de N; 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , y 0 Kg/Ha. de K_2O .

2ª - Debido a que los rendimientos sin la aplicación de

N fluctúan de 2.262 a 5.665 Kg/Ha., para el Suelo A, entre las replicaciones, y de 2.839 a 4.608 Kg/Ha., en el Suelo B, entre las replicaciones, y por otra parte, el Suelo A tiene menor contenido de N total pero mayor rendimiento que el Suelo B, se recomienda el estudio de formas asimilables de este elemento en los suelos estudiados.

3ª - Se sugiere el estudio de niveles de 0 a 90 Kg/Ha. de P_2O_5 , y de 0 a 50 Kg/Ha. de K_2O .

4ª - Se anota que para futuras investigaciones, relacionadas con fertilización en maíz, deberán tomarse muestras foliares para cada tratamiento por replicación, a fin de correlacionar los contenidos de nutrientes de los tejidos con los rendimientos por tratamiento o parcela.

elementos menores, por lo cual se concluye que el tratamiento para estos suelos fue el 100-10-0.

VI - RESUMEN

Este estudio cubre un aspecto general de la respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores. Para el efecto, durante el segundo semestre de 1967 se realizaron tres Pruebas Regionales de fertilización, una de ellas se perdió por cosecha anticipada, localizadas en fincas de agricultores, en los kilómetros 55, 58 y 62 de la carretera Pasto-Cali, a alturas comprendidas entre 1500 a 1700 m.s.n.m., y pertenecientes al Municipio de Berruecos, Narino, Colombia.

Con este trabajo se pretendió determinar el efecto de la aplicación de tres niveles de nitrógeno (0, 100, 200 Kg/Ha.); tres niveles de fósforo (0, 90, 180 Kg/Ha. de P_2O_5); tres niveles de potasio (0, 50, 100 Kg/Ha. de K_2O), y dos niveles de elementos menores (0, 200 Kg/Ha.) en los rendimientos del maíz.

Los suelos en estudio se caracterizan por ser de origen andesítico, en donde se presentan en complejos con cenizas volcánicas y rocas verdes en proporciones variables; el análisis de caracterización determinó para estos suelos un pH de 5.3 y 5.9, contenidos medios y altos de nitrógeno total, altos en fósforo y potasio. El aluminio intercambiable varía de 0.1 a 1.2 m.e./100 gra.; texturas franco arcillo arenosa y franco arenosa.

Se hizo análisis foliar a fin de relacionarlo con el análisis químico y los rendimientos.

Se encontró una respuesta notoria a la aplicación de 100 Kg/Ha. de nitrógeno; el nivel de 200 Kg/Ha. de este elemento presentó efecto depresivo; leve respuesta a la aplicación de fósforo; no respondieron el potasio y los e-

lementos menores, por lo cual se concluye que el tratamiento para estos suelos fue el de 100-90-0. X

This study covers a general aspect of the response of crops to various applications of Nitrogen, Phosphorus and Potassium. Three regional fer-

SUMMARY

This study covers a general aspect of the response of corn to several rates of application of Nitrogen, Phosphorus and Potassium and some micronutrients. Three regional fertilization tests were carried out in the second half of 1967, one of which was lost because of an anticipated harvesting. Field experiments were done in farm areas located in the Berruecos County, Nariño, Colombia, by the highway Pasto-Cali, in the 55th., 58th. and 62 th. kilometers and at altitude between 1500 and 1700 meters above sea level.

The purpose of this experiment was to determine the effect of fertilization of three levels of Nitrogen (0, 100, 200 Kgs/hectare), three levels of Phosphorus (0, 90, 180 Kgs of P_2O_5 /hectare), three levels of Potassium (0, 50, 100 Kgs of K_2O /hectare) and two of minor elements (0, 200 Kgs/hectare) on corn yields.

The soils under study were of Andesian origin, were both volcanic ash complexes and green rocks are present in variable proportions. An analysis of this soils gave pH values of 5.3 and 5.9, medium and high contents of total Nitrogen, high contents of Phosphorus and Potassium, and a sandy clay loam and sandy loam.

A foliar analysis was made to relate with the chemical analysis and the yields.

It was found a significant response to the 100 Kgs/hectare level of Nitrogen. However, the 200 Kgs/hectare level showed a depressive effect. It also was found a slight effect of Phosphorus on soils, although the influence of Potassium and minor elements on them was nonsignificant. It might be concluded that the best treatment for these soils was a 100 - 90 - 0 rate.

VII - BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ANONIMO. 1965 Nutrientes indispensables para el maíz. Agric. de las Amer. (EE. UU.) 14(12):18-20. (mimeografiado).
2. BAIRD, G. et al. 1958 Algunos estudios sobre la fertilización del maíz en Colombia. III Reunión Interamericana de Fitogenetistas, Fitopatólogos, Entomólogos y Bafólogos. Ministerio de Agricultura de Colombia. División de Investigaciones Agropecuarias, Bogotá. 397 p.
3. . 1960 Ensayos preliminares sobre respuesta del maíz de clima frío a la aplicación de fertilizantes. Agric. Trop. (Bogotá) 16(4):233-240.
4. BERGER, J. 1967 El maíz, su producción y abonamiento. Agric. de las Amer. (EE. UU.) 203 p.
5. CALVACHE, B. 1965 Fertilización del maíz en el Departamento del Meta. Rev. Fac. Nat. Agr. (Medellín) 15(25):55-62.
6. CAMACHO, P. 1965 Cartilla de tipificación de granos. 2ª ed. Instituto Nacional de Abastecimientos INA. División Técnica, Bogotá. 55 p.
7. COLOMBIA 1959 Ministerio del Trabajo. División Técnica de Seguridad Social Campesina. Nariffo. Sus necesidades geográficas, económicas y sociales como factores de planeamiento para la adopción de un régimen de seguridad social rural. Bogotá, Litografía ARCO. 218 p.
8. 1961 Ministerio de Agricultura. División

- de Investigaciones agropecuarias. Informe Anual del Programa de Suelos, Bogotá. 83 p. (mimeografiado).
9. COLOMBIA 1963 Instituto Colombiano Agropecuario. Informe Anual del Programa de Suelos. División de Investigaciones, Bogotá. 144 p. (mimeografiado).
 10. _____ 1964 Instituto Colombiano Agropecuario. Informe Anual del Programa de Suelos. División de Investigaciones, Bogotá. 150 p. (mimeografiado).
 11. _____ 1967 Ministerio de Agricultura. Plan Cuatrienal Agropecuario 1967-1970. Serie Planeamiento No. 1, Bogotá. 57 p.
 12. ESPINAL, L. y E. MONTENEGRO. 1963 Formaciones Vegetales de Colombia. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Departamento Agrológico, Bogotá. 201 p.
 13. GIL, A. 1959 Comparación de cuatro fertilizantes nitrogenados en maíz en un suelo del Valle del Cauca (Colombia). Acta Agronómica. (Palmira) 2(3-4):153-167.
 14. GOMEZ, J. et al. 1960 Respuesta del maíz a la aplicación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el Departamento del Valle del Cauca (Colombia). Agric. Trop. (Bogotá) 16(1):17-29.
 15. _____ 1961 Influencia de algunas labores de cultivo en el rendimiento del maíz. Agric. Trop. (Bogotá) 17(7):387-396.
 16. _____ 1964 Informe preliminar sobre efectos de una rotación soya, alfalfa en la producción del maíz. Agric. Trop. (Bogotá) 20(11):625-635.

17. GOMBZ, J. 1967 *Cómo aumentar los rendimientos del maíz en el valle del Río Cauca.* Agric. Trop. (Bogotá) 23(3):133-140.
18. _____ 1968 *Respuesta de un monocultivo de maíz a la fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio.* Agric. Trop. (Bogotá) 24(3):157-166.
19. GRANT, U. et al. 1956 *Cómo aumentar la producción de maíz en Colombia.* Departamento de Investigaciones Agropecuarias. Boletín de Divulgación No 1, Bogotá. 51 p.
20. GRUNBERG, F. 1959 *Nutrición y fertilización del maíz.* Verlagsgesellschaft für Ackerbau MBH. Boletín Verde No 9 (Alemania). 46 p.
21. _____ 1964 *El maíz: clima, suelo y nutrición fosfórica.* Bol. Agric. Soc. Ant. de Agric. (Medellín) 532:9708-9712.
22. HERNANDEZ, A. 1954 *Historia, uso e importancia del maíz. I Reunión Centroamericana.* Turrialba (Costa Rica). PP. 35-42. (mimeografiado)
23. JACOB, A. y H. UEXKÜLL. 1964 *Fertilización, nutrición y abonamiento de los cultivos tropicales y subtropicales.* Trad. L. López Martínez de Alba. 2ª ed. Veenman & Zonen (Países Bajos). 626 p.
24. MANJARRES, O. 1960 *Influencia de algunas labores de nivelación y adición de nitrógeno sobre la fertilización de un suelo franco arcilloso de la serie Estación Palmira.* Acta Agrónomica (Palmira) 10(3-4): 331-334.

25. MARIN, G. 1965 Factores que deben tenerse en cuenta al hacer recomendaciones sobre fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. 55 p. (mimeografiado)
26. MARIN, G. y J. GOMEZ. 1968 La interpretación del análisis de suelo. Instituto Colombiano Agropecuario. Boletín de Divulgación N° 16, Bogotá. pp. 37-39.
27. MESA-BERNAL, D. 1951 Un importante descubrimiento en Colombia relacionado con el origen del maíz. Agric. Trop. (Bogotá) 7(4):35-38.
28. _____. 1954 Descripción, sistema de cultivo y usos del maíz, según observaciones publicadas en el año de 1526 por Dr. Gonzalo Fernández de Oviedo. Agric. Trop. (Bogotá) 10(7):49-55.
29. _____. 1955 De dónde es originario el maíz? Agric. Trop. (Bogotá) 11(8):681-689.
30. _____. 1955 De dónde es originario el maíz? Agric. Trop. (Bogotá) 11(9):753-758.
31. _____. 1955 De dónde es originario el maíz? Agric. Trop. (Bogotá) 11(10):807-815.
32. _____. De dónde es originario el maíz? Agric. Trop. (Bogotá) 11(12):941-946. 1955.
33. _____. 1956 Consideraciones generales sobre el cultivo del maíz. Agric. Trop. (Bogotá) 12(11):723-732.
34. NARIÑO. 1952 Mapas Municipales. Secretaría de Obras

Publicas Departamentales. Secc. de Cartografía y Dibujo. S.P. (copias heliográficas)

35. FERREGRINA, R. 1954 Teoría y práctica del uso de fertilizantes para maíz. I Reunión Centroamericana. Turrialba (Costa Rica). pp. 333-387 (mimeografiado)
36. ROBERT, L. et al. 1957 Razas de maíz en Colombia. Departamento de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico No 2, Bogotá. 159 p.
37. RODRIGUEZ, J. y G. BAIRD. 1963. Fertilización del maíz en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Tulio Ospina". Agric. Trop. (Bogotá) 19(3):138-148.
38. RODRIGUEZ, J. 1964 Estudios de varias rotaciones y niveles de nitrógeno en la producción del maíz en un suelo aluvial de la Granja "Tulio Ospina". VIII Conferencia Anual del Programa de Maíz, Medellín. pp. 145-147. (mimeografiado)
39. SANGUINO, E. 1961 Influencia del pH sobre la fijación del fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. Acta Agronómica (Palma) 11(3-4):187.209.
40. SUAREZ DE CASTRO, F. y A. RODRIGUEZ. 1962 Investigación sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Editorial Antares, Bogotá. 473 p.
41. VARELA, J. 1963 Estudio general de los suelos del sector Pasto-Río Mayo. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Departamento Agrológico, Bogotá. 102 p.

Tabla I - Anotaciones Generales del ensayo de Fertilización correspondientes al Suelo 2.

Order Cont- ct	No Cont.	No Cont. part.	No cont. part.	Prod. Cont.	% Ho- molog	Cont. cont.	Page or Page of 125 inverted (+)	Page No./No.
				(+)				
		78	71	7	13.98	92.04	1.027	1.027
		79	72	8	13.98	92.04	1.027	1.027
		80	73	9	13.98	92.04	1.027	1.027
		81	74	10	13.98	92.04	1.027	1.027
		82	75	11	13.98	92.04	1.027	1.027
		83	76	12	13.98	92.04	1.027	1.027
		84	77	13	13.98	92.04	1.027	1.027
		85	78	14	13.98	92.04	1.027	1.027
		86	79	15	13.98	92.04	1.027	1.027
		87	80	16	13.98	92.04	1.027	1.027
		88	81	17	13.98	92.04	1.027	1.027
		89	82	18	13.98	92.04	1.027	1.027
		90	83	19	13.98	92.04	1.027	1.027
		91	84	20	13.98	92.04	1.027	1.027
		92	85	21	13.98	92.04	1.027	1.027
		93	86	22	13.98	92.04	1.027	1.027
		94	87	23	13.98	92.04	1.027	1.027
		95	88	24	13.98	92.04	1.027	1.027
		96	89	25	13.98	92.04	1.027	1.027
		97	90	26	13.98	92.04	1.027	1.027
		98	91	27	13.98	92.04	1.027	1.027
		99	92	28	13.98	92.04	1.027	1.027
		100	93	29	13.98	92.04	1.027	1.027
		101	94	30	13.98	92.04	1.027	1.027
		102	95	31	13.98	92.04	1.027	1.027
		103	96	32	13.98	92.04	1.027	1.027
		104	97	33	13.98	92.04	1.027	1.027
		105	98	34	13.98	92.04	1.027	1.027
		106	99	35	13.98	92.04	1.027	1.027
		107	100	36	13.98	92.04	1.027	1.027
		108	101	37	13.98	92.04	1.027	1.027
		109	102	38	13.98	92.04	1.027	1.027
		110	103	39	13.98	92.04	1.027	1.027
		111	104	40	13.98	92.04	1.027	1.027
		112	105	41	13.98	92.04	1.027	1.027
		113	106	42	13.98	92.04	1.027	1.027
		114	107	43	13.98	92.04	1.027	1.027
		115	108	44	13.98	92.04	1.027	1.027
		116	109	45	13.98	92.04	1.027	1.027
		117	110	46	13.98	92.04	1.027	1.027
		118	111	47	13.98	92.04	1.027	1.027
		119	112	48	13.98	92.04	1.027	1.027
		120	113	49	13.98	92.04	1.027	1.027
		1	114	50	13.98	92.04	1.027	1.027
		2	115	51	13.98	92.04	1.027	1.027
		3	116	52	13.98	92.04	1.027	1.027
		4	117	53	13.98	92.04	1.027	1.027
		5	118	54	13.98	92.04	1.027	1.027
		6	119	55	13.98	92.04	1.027	1.027
		7	120	56	13.98	92.04	1.027	1.027
		8	1	57	13.98	92.04	1.027	1.027
		9	2	58	13.98	92.04	1.027	1.027
		10	3	59	13.98	92.04	1.027	1.027
		11	4	60	13.98	92.04	1.027	1.027
		12	5	61	13.98	92.04	1.027	1.027
		13	6	62	13.98	92.04	1.027	1.027
		14	7	63	13.98	92.04	1.027	1.027
		15	8	64	13.98	92.04	1.027	1.027
		16	9	65	13.98	92.04	1.027	1.027
		17	10	66	13.98	92.04	1.027	1.027
		18	11	67	13.98	92.04	1.027	1.027
		19	12	68	13.98	92.04	1.027	1.027
		20	13	69	13.98	92.04	1.027	1.027
		21	14	70	13.98	92.04	1.027	1.027
		22	15	71	13.98	92.04	1.027	1.027
		23	16	72	13.98	92.04	1.027	1.027
		24	17	73	13.98	92.04	1.027	1.027
		25	18	74	13.98	92.04	1.027	1.027
		26	19	75	13.98	92.04	1.027	1.027
		27	20	76	13.98	92.04	1.027	1.027
		28	21	77	13.98	92.04	1.027	1.027
		29	22	78	13.98	92.04	1.027	1.027
		30	23	79	13.98	92.04	1.027	1.027
		31	24	80	13.98	92.04	1.027	1.027
		32	25	81	13.98	92.04	1.027	1.027
		33	26	82	13.98	92.04	1.027	1.027
		34	27	83	13.98	92.04	1.027	1.027
		35	28	84	13.98	92.04	1.027	1.027
		36	29	85	13.98	92.04	1.027	1.027
		37	30	86	13.98	92.04	1.027	1.027
		38	31	87	13.98	92.04	1.027	1.027
		39	32	88	13.98	92.04	1.027	1.027
		40	33	89	13.98	92.04	1.027	1.027
		41	34	90	13.98	92.04	1.027	1.027
		42	35	91	13.98	92.04	1.027	1.027
		43	36	92	13.98	92.04	1.027	1.027
		44	37	93	13.98	92.04	1.027	1.027
		45	38	94	13.98	92.04	1.027	1.027
		46	39	95	13.98	92.04	1.027	1.027
		47	40	96	13.98	92.04	1.027	1.027
		48	41	97	13.98	92.04	1.027	1.027
		49	42	98	13.98	92.04	1.027	1.027
		50	43	99	13.98	92.04	1.027	1.027
		51	44	100	13.98	92.04	1.027	1.027
		52	45	101	13.98	92.04	1.027	1.027
		53	46	102	13.98	92.04	1.027	1.027
		54	47	103	13.98	92.04	1.027	1.027
		55	48	104	13.98	92.04	1.027	1.027
		56	49	105	13.98	92.04	1.027	1.027
		57	50	106	13.98	92.04	1.027	1.027
		58	51	107	13.98	92.04	1.027	1.027
		59	52	108	13.98	92.04	1.027	1.027
		60	53	109	13.98	92.04	1.027	1.027
		61	54	110	13.98	92.04	1.027	1.027
		62	55	111	13.98	92.04	1.027	1.027
		63	56	112	13.98	92.04	1.027	1.027
		64	57	113	13.98	92.04	1.027	1.027
		65	58	114	13.98	92.04	1.027	1.027
		66	59	115	13.98	92.04	1.027	1.027
		67	60	116	13.98	92.04	1.027	1.027
		68	61	117	13.98	92.04	1.027	1.027
		69	62	118	13.98	92.04	1.027	1.027
		70	63	119	13.98	92.04	1.027	1.027
		71	64	120	13.98	92.04	1.027	1.027
		72	65	1	13.98	92.04	1.027	1.027
		73	66	2	13.98	92.04	1.027	1.027
		74	67	3	13.98	92.04	1.027	1.027
		75	68	4	13.98	92.04	1.027	1.027
		76	69	5	13.98	92.04	1.027	1.027
		77	70	6	13.98	92.04	1.027	1.027
		78	71	7	13.98	92.04	1.027	1.027
		79	72	8	13.98	92.04	1.027	1.027
		80	73	9	13.98	92.04	1.027	1.027
		81	74	10	13.98	92.04	1.027	1.027
		82	75	11	13.98	92.04	1.027	1.027
		83	76	12	13.98	92.04	1.027	1.027
		84	77	13	13.98	92.04	1.027	1.027
		85	78	14	13.98	92.04	1.027	1.027
		86	79	15	13.98	92.04	1.027	1.027
		87	80	16	13.98	92.04	1.027	1.027
		88	81	17	13.98	92.04	1.027	1.027
		89	82	18	13.98	92.04	1.027	1.027
		90	83	19	13.98	92.04	1.027	1.027
		91	84	20	13.98	92.04	1.027	1.027
		92	85	21	13.98	92.04	1.027	1.027
		93	86	22	13.98	92.04	1.027	1.027
		94	87	23	13.98	92.04	1.027	1.027
		95	88	24	13.98	92.04	1.027	1.027
		96	89	25	13.98	92.04	1.027	1.027
		97	90	26	13.98	92.04	1.027	1.027
		98	91	27	13.98	92.04	1.027	1.027
		99	92	28	13.98	92.04	1.027	1.027
		100	93	29	13.98	92.04	1.027	1.027
		101	94	30	13.98	92.04	1.027	1.027
		102	95	31	13.98	92.04	1.027	1.027
		103	96	32	13.98	92.04	1.027	1.027
		104	97	33	13.98	92.04	1.027	1.027
		105	98	34	13.98	92.04	1.027	1.027
		106	99	35	13.98	92.04	1.027	1.027
		107	100	36	13.98	92.04	1.027	1.027
		108	101	37	13.98	92.04	1.027	1.027
		109	102	38	13.98	92.04	1.027	1.027
		110	103	39	13.98	92.04	1.027	1.027
		111	104	40	13.98	92.04	1.027	1.027
		112	105	41	13.98	92.04	1.027	1.027
		113	106	42	13.98	92.04	1.027	1.027
		114	107	43	13.98	92.04	1.027	1.027
		115	108	44	13.98	92.04	1.027	1.027
		116	109	45	13.98	92.04	1.027	1.027
		117	110	46	13.98	92.04	1.027	1.027
		118	111	47	13.98	92.04	1.027	1.027
		119	112	48	13.98	92.04	1.027	1.027
		120	113	49	13.98	92.04	1.027	1.027
		1	114	50	13.98	92.04	1.027	1.027
		2	115	51	13.98	92.04	1.027	1.027
		3	116	52	13.98	92.04	1.027	1.027
		4	117	53	13.			

Tabla I - Anotaciones generales del ensayo de fertilización correspondientes al Suelo A

Orden Cose- cha	Nº Trat.	Nº plant. pare.	Nº maz. pare.	Prod. Pare. (+)	% Hu- medad	Fact. corr.	Peso en base a 12% humedad (+)	Peso Kg/Ha.
1	2	78	71	7.200	18.98	92.04	6.627	3.602
2	6	58	82	8.000	18.06	93.18	7.454	4.051
3	4	74	69	5.725	18.45	93.18	5.335	2.899
4	3	61	59	5.050	16.88	94.31	4.763	2.588
5	1	77	71	5.000	17.08	94.31	4.716	2.563
6	7	74	73	8.750	18.65	92.04	8.054	4.377
7	5	84	80	9.800	18.26	93.18	9.132	4.963
8	8	74	71	7.825	18.26	93.18	7.291	3.963
9	1	62	54	5.000	18.65	92.04	4.602	2.501
10	5	79	75	8.450	19.43	92.04	7.777	4.227
11	7	61	74	9.100	18.26	93.18	8.479	4.608
12	2	70	81	10.475	18.84	92.04	9.641	5.240
13	4	73	69	9.600	18.84	92.04	8.836	4.802
14	8	77	78	10.000	18.06	93.18	9.318	5.064
15	6	69	68	7.950	19.04	92.04	7.317	3.977
16	3	70	79	9.200	19.63	90.90	8.363	4.545
17	3	92	101	6.100	19.43	92.04	5.614	3.051
18	5	90	88	6.050	17.86	93.18	5.637	3.064
19	8	91	94	9.425	18.84	92.04	8.675	4.715
20	1	81	84	3.950	17.86	93.18	3.681	2.000
21	7	76	79	7.200	18.45	93.18	6.709	3.646
22	4	87	85	9.900	18.65	92.04	9.112	4.952
23	2	49	57	6.650	20.42	90.90	6.044	3.285
24	6	47	71	9.050	22.48	90.90	8.226	4.471
25	8	62	86	11.050	18.84	92.04	10.170	5.527
26	5	85	86	12.250	18.45	93.18	11.405	6.196
27	2	85	87	13.200	18.26	93.18	12.300	6.685
28	6	85	85	10.900	18.70	92.04	10.032	5.452
29	3	85	91	13.150	19.83	90.90	11.953	6.496
30	4	83	93	12.050	18.26	93.18	11.228	6.102
31	7	63	72	9.500	19.04	92.04	8.744	4.752
32	1	69	74	8.600	20.02	90.90	7.817	4.249

Tabla II - Anotaciones generales del ensayo de fertilización correspondientes al Suelo B

Tabla III - Promedio de plantas cosechadas por tratamiento

Orden Cosecha	Nº Trat.	Nº plant. pare.	Nº maz. pare.	Prod. Pare.	% Humedad	Fact. corr.	Peso en base a 12% humedad (+)	Peso Kg/Ha.
				(+)				
1	3	59	70	8.550	23.28	87.50	7.481	4.066
2	4	68	81	9.500	23.28	87.50	8.312	4.517
3	7	55	81	9.325	22.69	87.50	8.159	4.434
4	6	78	88	9.150	21.11	89.77	8.214	4.464
5	1	79	63	4.700	15.76	95.45	4.486	2.438
6	5	77	83	8.400	21.31	89.77	7.540	4.098
7	5	80	95	10.800	18.17	93.18	10.063	5.469
8	8	72	80	10.570	22.49	88.63	9.368	5.091
9	1	69	67	6.825	18.56	93.18	6.360	3.456
10	2	84	105	12.325	23.08	87.50	10.784	5.861
11	5	74	97	11.650	21.51	89.77	10.478	5.695
12	4	83	80	13.200	18.83	92.04	12.149	6.603
13	6	81	91	11.900	25.64	84.09	10.007	5.438
14	7	87	100	11.975	20.72	89.77	10.750	5.842
15	3	74	83	10.250	27.21	82.95	8.502	4.621
16	8	81	101	12.400	25.64	84.09	10.427	5.667
17	4	66	75	8.700	25.64	84.09	7.315	3.976
18	8	63	73	8.350	20.92	89.77	7.496	4.074
19	5	66	81	7.925	20.52	89.77	7.114	3.866
20	3	68	75	9.400	21.40	89.77	8.438	4.586
21	2	76	82	9.100	23.87	86.36	7.859	4.271
22	6	81	81	9.425	22.29	88.63	8.398	4.564
23	7	87	93	10.850	28.19	81.81	8.876	4.824
24	1	79	74	5.950	22.49	88.63	5.273	2.866
25	3	76	92	9.850	24.65	82.95	8.171	4.441
26	1	81	67	5.360	20.92	89.77	4.812	2.613
27	7	82	100	11.400	28.39	81.81	9.326	5.069
28	5	86	107	11.880	16.20	95.45	11.339	6.163
29	8	74	95	9.850	22.10	88.63	8.730	4.745
30	6	74	88	10.275	22.10	88.63	9.106	4.949
31	2	81	98	11.475	22.69	87.50	10.041	5.457
32	4	92	110	11.100	26.23	88.63	9.843	5.350

(+) grs./18.4 m²

Tabla III - Promedio de plantas cosechadas por tratamiento
y por tratamiento

Número	Tratamientos				Suelo A		Suelo B	
	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento	Tratamiento
1	0	90	50	70	0.93	68	0.88	77
2	100	90	50	74	1.05	80	1.00	80
3	200	90	50	80	1.04	80	1.24	69
4	100	0	50	79	1.00	86	1.12	77
5	100	180	50	82	0.97	92	1.31	76
6	100	90	0	77	1.14	87	1.16	79
7	100	90	100	77	1.09	94	1.20	78
8	100	90	50 + 200	82	1.08	90	1.24	73
9	100	90	50+200	82	1.08	90	1.24	73

Tabla IV - Promedio de mazorcas cosechadas por parcela
y por tratamiento

Número	Tratamientos	Suelo A		Suelo B	
		Parcela	Planta	Parcela	Planta
1	0 90 50	70	0.98	68	0.88
2	100 90 50	74	1.05	80	1.00
3	200 90 50	80	1.04	80	1.16
4	100 0 50	79	1.00	86	1.12
5	100 180 50	82	0.97	92	1.21
6	100 90 0	77	1.14	87	1.16
7	100 90 100	75	1.09	94	1.20
8	100 90 50+200	82	1.08	90	1.24

Tabla V - Respuesta del maíz en granos por parcela y replicación, en cada uno de los tratamientos estudiados, correspondientes al Suelo A (74 plantas)

Replica- ción	T r a t a m i e n t o s								Totales Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	4.653	6.287	5.778	5.335	8.045	9.349	8.053	7.365	54.865 6.858
II	5.492	10.192	8.841	8.957	7.285	7.847	10.286	8.955	67.855 8.481
III	3.363	9.129	4.516	7.757	4.635	12.952	6.532	7.054	55.938 6.992
IV	8.384	10.708	10.406	10.011	9.929	8.734	10.270	12.139	80.581 10.072
Totales	21.892	36.316	29.541	32.060	29.894	38.882	35.142	35.513	259.239
Promedio	5.473	9.079	7.385	8.015	7.473	9.720	8.785	8.878	

Tabla VI -- Análisis de varianza correspondiente al Suelo A

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.M.	C.M.	F		5%	1%
				Observ.			
Bloques	3	54,451	18,150	6,368 ⁺⁺		3,0725 ⁺⁺	4,8710 ⁺⁺
Tratamiento	7	49,880	7,126	2,500 ⁺		2,4876 ⁺⁺	3,6396 ^{ns}
Residuo	21	59,854	2,850				
Total	31	164,185					

(++) : altamente significativo

(+) : significativo

(ns) : no significativo

Tabla VII - Prueba de comparación para medias de tratamientos en el Suelo A (Prueba de Tukey)

	6	2	8	7	4	5	3
	9.720	9.079	8.878	8.785	8.015	7.473	7.385
5.473	4.247 ⁺⁺	3.601 ⁺	3.405 ⁺	3.402 ⁺	2.542 ^{ns}	2.000 ^{ns}	1.912 ^{ns}
7.385	2.335	1.694	1.493	1.400	0.630	0.088	0
7.473	2.247	1.606	1.405	1.312	0.542	0	
8.015	1.805	1.064	0.863	0.770	0		
8.785	0.935	0.291	0.193	0			
8.878	0.842	0.200	0				
9.079	0.641	0					

5% = 2.744

1% = 3.464

(++) : altamente significativo
 (+) : significativo
 (ns) : no significativo

Tabla VIII - Respuesta del maíz en gramos por parcela y replicación, en cada uno de los tratamientos estudiados, correspondientes al Suelo B (74 plantas)

Replicación	T r a t a m i e n t o s								Totales Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	
I	4.202	9.309	9.383	9.046	7.247	7.793	10.978	9.628	67.586 8.448
II	6.820	9.501	8.502	10.832	10.478	9.142	9.144	9.526	73.945 9.243
III	5.127	7.625	9.183	8.203	6.122	7.672	7.750	8.805	60.478 7.560
IV	4.396	9.173	7.956	7.917	9.757	9.107	8.416	8.730	65.452 8.181
Totales	20.545	35.608	35.024	35.998	33.604	33.714	36.288	36.689	267.470
Promedio	5.136	8.902	8.756	8.999	8.401	8.428	9.072	9.172	

Tabla IX - Análisis de varianza correspondiente al Suelo B

Fuentes de Variación	G.L.	S.C.M.	C.M.	F		1%
				Observ.	5%	
Bloques	3	11,665	3,888	3,650 ⁺	3,0725 ⁺	4,8740 ^{ns}
Tratamiento	7	49,701	7,100	6,666 ⁺⁺	2,4976 ⁺⁺	3,6396 ⁺⁺
Residuo	21	22,369	1,065			
Total	31	83,735				

(++) : altamente significativo
 (+) : significativo
 (ns) : no significativo

Tabla X - Prueba de comparación para medias de tratamientos en el Suelo B (Prueba de Tukey)

8	7	4	2	3	6	5
9.172	9.072	8.999	8.902	8.756	8.428	8.401
5.136	4.036 ⁺⁺	3.936 ⁺⁺	3.863 ⁺⁺	3.766 ⁺⁺	3.620 ⁺⁺	3.292 ⁺⁺
8.401	0.771	0.671	0.589	0.501	0.355	0.027
8.428	0.744	0.644	0.571	0.474	0.327	0
8.756	0.416	0.316	0.243	0.146	0	
8.902	0.270	0.170	0.097	0		
8.999	0.173	0.073	0			
9.072	0.100	0				

5% = 1.673

1% = 2.112

(++) : altamente significativo

Tabla XI - Extracción de elementos nutritivos realizada por el maíz, según Mudra (+)

Cantidad cosechada	N Kg/Ha.	P ₂ O ₅ Kg/Ha.	K ₂ O Kg/Ha.	CaO Kg/Ha.
2.500 Kg/Ha. de grano	40	14	9	0.7
5.000 Kg/Ha. de paja	37	15	82	24.0
Extracción total	77	29	91	24.7
4.000 Kg/Ha. de grano	64	15	23	1.2
7.000 Kg/Ha. de paja	52	21	115	34.0
Extracción total	116	36	138	35.2

(+) Tomado de Gruneberg (20).



T	6989
631.88	Peñuela Viveros, Jorge
P349	Respuesta del maiz a la
	<u>aplicación de nitrógeno</u>
	fosforo potasio y elementos
	menores en dos duelos de
NOMBRE	Amor Ortiz
Nº del Carnet	585
NOMBRE	Edwin Tambo
Nº del Carnet	185
NOMBRE	Edwin Tambo

X

631.88
P349

0069891

6989

6989