

ESTUDIO DE FERTILIDAD EN INVERNADERO DE ALGUNOS SUELOS
DEL ALTIPLANO DE PASTO - NARIÑO - COLOMBIA

Por

Carlos Franco Revelo David

y

Manuel Antonio Revelo David

Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

Artículo 15. del Acuerdo No. 124 del 13 de octubre
de 1.968, emanado del Honorable Consejo
Directivo de la Universidad de Nariño.

Presidentes de tesis

RICARDO GUERRERO RIASCOS I. A.

y

GONZALO PALOMINO ORTIZ I. A.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLOGICO AGRICOLA

Pasto - Colombia

1.968

AN
T
631.3
R451

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

Artículo 1º. del Acuerdo Nº. 324 del 11 de octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Carlos F. Revole David

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS	
PASTO - COLOMBIA	
26100-	
No. <u> </u>	Ej <u>7</u>
Valor <u>\$980⁰⁰</u>	Vol. <u> </u>
Fecha <u>10-VI-76</u>	Don. <u>X</u>
Fac. <u> </u>	Canje <u> </u>
Librería <u> </u>	Comp. <u> </u>

A los esfuerzos y
sacrificio de mis padres
A mi esposa
A mi hija
A mis hermanos

DEDICO

Carlos F. Revelo David

RECONOCIMIENTO:

A RICARDO GUERRERO R., I. A.
Por su valiosa dirección.

A GONZALO PARCIBO G., I. A.
Por su acertada dirección.

Al Sr. MARIO BLASCO, I. A., B.Sc., Ph.D.

A Rodrigo Balboa, T. A.

A mis padres

A mi esposa Eduardo Martínez, I. A.

A mis hijos

A mis hermanos Alfonso Arias I., I. A.

A mis amigos Alfonso Ortiz Segura.

DEDICO

A Emilio Martínez, I. A.

Manuel A. Revelo David

Al señor Francisco Cortés de la H.

A la Universidad de Bariloche.

A la Estación Experimental
de Obispo, L. S. I.

A la Zona Minera del Ministerio de
Minas y Petróleos, en facto.

RECONOCIMIENTO:

A RICARDO GUERRERO R., I. A.

Por su valiosa dirección.

A GONZALO PALOMINO O., I. A.

Por su acertada dirección.

Al Dr. MARIO BLASCO., I. A., M.Sc., PH.D.

A Rodrigo Muñoz., I. A.

A Bernardo Martínez., I. A.

A Antonio Arias F., I. A.

Al Dr. Alfonso Ortiz Segura.

A Eladio Gamboa., I. A.

Al señor Francisco Cortés de La E.

A la Universidad de Nariño.

A la Estación Agropecuaria Experimental
de Obonuco. I. G. A.

A la Zona Minera del Ministerio de
Minas y Petróleos, en Pasto.

	CONTENIDO	Pag.
I.-	INTRODUCCION	1
II .-	REVISION DE LITERATURA	3
	A. NUTRIENTES	3
	A ₁ . El nitrógeno	6
	A ₂ . El fósforo	8
	A ₃ . El potasio	12
	A ₄ . El magnesio	15
	A ₅ . Elementos menores	16
	B. FERTILIDAD DEL SUELO	19
	Conceptos	19
	C. VALOR E IMPORTANCIA DEL ANALISIS QUIMICO	22
	D. ALGUNOS ESTUDIOS DE FERTILIDAD REALI- ZADOS EN INVERNADERO	24
	E. GENERALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO	31
	E ₁ . Geología y geomorfología	33
	E ₂ . Características fisico-químicas de los suelos de Nariño	34
	E ₃ . Fertilidad general de los suelos del Municipio de Pasto	36
III.-	MATERIALES Y METODOS	37
	A. Descripción de los perfiles	40
	B. Toma de las muestras de suelos	42
	C. Métodos para el análisis químico	47
	D. Condiciones del invernadero	48

	Pag.
E. Materos	48
F. Semillero	49
G. Adición de los nutrientes en solución	50
H. Diseño experimental	50
I. Cosecha y determinación del peso en seco	54
J. Eliminación del nemátodo	56
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	58
A. SUELO DE CATAMBUCO	59
A1. Resultados de los análisis químicos	59
A2. Resultados de invernadero	59
1. Respuesta al nitrógeno	59
2. Respuesta al fósforo	62
3. Respuesta al potasio	62
4. Respuesta al magnesio	65
5. Respuesta a elementos menores	65
A3. Discusión	66
B. SUELO DE ANGANOY	70
B1. Resultados de los análisis químicos	70
B2. Resultados de invernadero	70
1. Respuesta al nitrógeno	70
2. Respuesta al fósforo	73
3. Respuesta al potasio	73
4. Respuesta al magnesio	76
5. Respuesta a elementos menores	76
B3. Discusión	77
C. SUELO DE CUJACAL	81
C1. Resultados de los análisis químicos	81
C2. Resultados de invernadero	83

	Pag.
INDICE	
1. Respuesta al nitrógeno	83
Figura 2. Respuesta al fósforo	83
Figura 3. Respuesta al potasio	86
Figura 4. Respuesta al magnesio	88
Figura 5. Respuesta a elementos menores	88
C ₃ . Discusión	88
Figura 3. Respuestas a diferentes dosis de nu-	
D. SUELO DE LA LAGUNA	93
Figura D ₁ . Resultados de los análisis químicos	93
D ₂ . Resultados de invernadero	93
Figura 1. Respuesta al nitrógeno	96
Figura 2. Respuesta al fósforo	96
Figura 3. Respuesta al potasio	98
Figura 4. Respuesta al magnesio	98
Figura 5. Respuesta a elementos menores	100
Figura D ₃ . Discusión	100
Figura 7. Respuesta a la adición de fósforo	
E. DISCUSION COMPARATIVA DE LOS RESULTA- DOS EN LOS CUATRO SUELOS ESTUDIADOS.	104
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
VI.- RESUMEN	110
RESUME	112
VII.- BIBLIOGRAFIA	114
Figura 10. Respuesta a la adición de fósforo	
Figura 11. Respuesta a la adición de potasio	
Figura 12. Respuesta a la adición de magnesio	
Figura 13. Respuesta a la adición de elementos menores	
Figura 14. Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes, en el suelo de Cajacal.	122

ILUSTRACIONES

		Pag.
Figura	1. Localización del Departamento de Nariño y del Municipio de Pasto.	38
Figura	2. Localización de las zonas de estudio dentro del municipio.	39
Figura	3. Respuestas a diferentes dosis de nutrientes en el suelo de Catambuco.	63
Figura	4. Respuestas a la adición de fósforo en el suelo de Catambuco.	64
Figura	5. Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes, en el suelo de Catambuco.	67
Figura	6. Respuesta del suelo de Anganoy a diferentes niveles de nutrientes.	74
Figura	7. Respuesta a la adición de fósforo en el suelo de Anganoy.	75
Figura	8. Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes, en el suelo de Anganoy.	79
Figura	9. Respuesta a la aplicación de nutrientes en el suelo de Cujacal.	85
Figura	10. Respuesta a la adición de fósforo en el suelo de Cujacal.	87
Figura	11. Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes, en el suelo de Cujacal.	90

TABLAS

Pag.

Pag.

Figura 12.	Respuesta a la aplicación de diferentes niveles de nutrientes al suelo de La Laguna.	43
TABLA VII.	Respuesta al fósforo en el suelo de La Laguna.	97
Figura 13.	Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes en el suelo de La Laguna.	44
TABLA VIII.	Respuesta al fósforo en el suelo de La Laguna.	99
Figura 14.	Representación gráfica de la respuesta a la adición de nutrientes en el suelo de La Laguna.	102.
TABLA V.	Combinación de los nutrientes de nutrientes.	53
TABLA VI.		55
TABLA VII.		60
TABLA VIII.		61
TABLA IX.		71
TABLA X.	Resultados promedio de la lechuga tomada en el suelo de Cajacal.	72
TABLA XI.	Resultados promedio del análisis químico del suelo de Cajacal.	80
TABLA XII.	Resultados promedio de la lechuga tomada en el suelo de Cajacal.	84
TABLA XIII.	Resultados promedio del análisis químico del suelo de La Laguna.	94
TABLA XIV.	Resultados promedio de la lechuga tomada en el suelo de La Laguna.	95

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO

No. 26100 - Fac _____

Ej. _____ Vol. _____ Lib. _____

Valor \$ _____ Don. _____ Can. _____ Com. _____

Fecha _____ Resp. _____

TABLAS

		Pag.
TABLA	I. Descripción del perfil dominante en Catambuco.	43
TABLA	II. Descripción del perfil dominante en Anganoy.	44
TABLA	III. Descripción del perfil dominante en Cujacal.	45
TABLA	IV. Descripción del perfil dominante en La Laguna.	46
TABLA	V. Combinación de las distintas dosis de nutrientes.	53
TABLA	VI. Densidades aparentes y miligramos de nutrientes para cada suelo.	55
TABLA	VII. Resultado promedio del análisis químico del suelo de Catambuco.	60
TABLA	VIII. Rendimiento promedio de la lechuga romana en el suelo de Catambuco.	61
TABLA	IX. Resultado promedio del análisis químico del suelo de Anganoy.	71
TABLA	X. Rendimiento promedio de la lechuga romana en el suelo de Anganoy.	72
TABLA	XI. Resultado promedio del análisis químico del suelo de Cujacal.	82
TABLA	XII. Rendimiento promedio de la lechuga romana en el suelo de Cujacal.	84
TABLA	XIII. Resultado promedio del análisis químico del suelo de La Laguna.	94
TABLA	XIV. Rendimiento promedio de la lechuga romana en el suelo de La Laguna.	95

ESTUDIO DE FERTILIDAD EN INVERNADERO DE ALGUNOS SUELOS
DEL ALTIPLANO DE PASTO - NARIÑO - COLOMBIA. (+)

Por

Carlos F. Revelo David y Manuel A. Revelo David

I. INTRODUCCION

Una de las bases más importantes para alcanzar el éxito completo en la explotación agrícola, es el conocimiento del estado de fertilidad de los suelos, el cual puede lograrse mediante ensayos de campo e invernadero y por los análisis químicos.

A los ensayos de invernadero, en los últimos años se les ha dado importancia porque:

- Mediante ellos se puede obtener información muy valiosa sobre el grado de fertilidad de los suelos.
- Pueden ser una base para planear los ensayos de campo, así como también servir de complemento de los análisis químicos y sus resultados aplicarlos en algunas ocasiones, directamente al campo.
- En tales ensayos, con poco suelo y uso de todos los nutrientes, excepto uno, se puede estimar la deficiencia de elementos nutritivos que pueda existir.

(+) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero Riascos I. A. y Gonzalo Palomino Ortiz I. A., a quienes los autores expresan su gratitud.

Por ser el Altiplano de Pasto una de las áreas agrícolas más importantes del Departamento, se vió en la conveniencia de estudiar sus suelos. Se utilizó un diseño experimental que permitió los cálculos estadísticos; se hizo la investigación con muestras representativas de algunos suelos del altiplano, y a estos suelos se los sometió a las condiciones de invernadero, evaluándose los resultados de acuerdo a las respuestas de la lechuga "Romana" (Lettuce parris Island Cos.) a la aplicación de los distintos tratamientos. El trabajo se presenta complementado con una revisión de literatura.

Este trabajo se considera de especial interés, por ser el primero que se realiza en el Departamento de Nariño.

El objeto básico de este trabajo es el de evaluar el estado de fertilidad de los suelos. También se persigue dejar sentada una base firme, para posteriores y muy necesarios estudios sobre la fertilidad de los suelos de éstas y otras regiones, con el consecuente beneficio que el manejo adecuado de los suelos ocasione.

Para este estudio se escogieron las zonas de Catambuco, Anganoy, Cujacal y La Laguna, regiones esencialmente agrícolas y que forman parte del Altiplano, localizado en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño.

Los ensayos se realizaron en el invernadero de la Estación Agropecuaria Experimental de Obonuco, del Instituto Colombiano Agropecuario.

II. REVISION DE LITERATURA

El problema de la fertilidad puede presentarse cuando una o varias de las condiciones esenciales no son completamente satisfactorias: puede deberse a falta de agua, aire, sustancias alimenticias, factores climáticos y en muchos casos a aspectos topográficos. En base a esto, es necesario el acopio de informaciones y el detenido estudio sobre cualquier suelo, aún más cuando se trata de regiones carentes de experimentación, de las cuales no se tiene más que un aprecio global en lo que respecta a la productividad de las mismas, pero no así sobre su estado de fertilidad, tal como acontece en los suelos objeto de este estudio.

A.- NUTRIENTES.

La expresión: nutrientes vegetales, en el amplio sentido de la palabra, se aplica a todas aquellas materias que son requeridas por las plantas para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas.

Jacob y Uexküll (35), admiten que puede llamarse nutriente vegetal a toda aquella sustancia, que después de ser asimilada por la planta, fomenta el desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la completa madurez, mejorando por consiguiente el rendimiento de la planta, tanto cualitativa como cuantitativamente. En un sentido más limitado, sin embargo, se aplica solo a aquellos nutrientes que son requeridos para la formación del contenido celular, y, en síntesis, a las sustancias inorgánicas absorbidas del suelo.

Se ha encontrado que por lo menos diez y seis elementos son indispensables para el desarrollo normal de las plantas, siendo ellos: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio

nicos; c) en forma de sales generalmente insolubles; d) como compuestos orgánicos resultantes de la descomposición de plantas y animales. Los elementos que se encuentran en la solución son fácilmente tomados por las plantas; los que se hallan adsorbidos en la superficie de los coloides, pueden pasar a la solución del suelo mediante el fenómeno de "intercambio de cationes"; las sales insolubles y los compuestos orgánicos, sufren modificaciones y descomposiciones hasta formar compuestos más solubles que pueden ser aprovechados por las plantas.

La presencia de un elemento cualquiera en una planta, no necesariamente significa que tal elemento sea esencial, ya que apenas puede indicar que dicho elemento está presente en forma disponible en el medio que rodea las raíces -- (48).

Benn-Hamin (4), califica la esenciabilidad de los elementos nutritivos. En primer lugar, por ausencia de un elemento esencial, la planta no puede completar su ciclo de vida aunque todos los otros elementos esenciales estén presentes y todos los factores del medio sean favorables. En segundo lugar, el elemento esencial debe ser directamente necesario para la producción de la planta y no requerido únicamente bajo condiciones especiales, como en el caso de neutralizar alguna sustancia tóxica.

La deficiencia de un elemento cualquiera en la planta a veces es muy difícil de diagnosticar, porque algunos elementos la manifiestan en una forma perfectamente clara, pero hay otros cuyas manifestaciones son muy parecidas entre sí, y aún hay síntomas de deficiencia que se pueden confundir con toxicidad, debido al exceso de otro elemento, por lo cual perfectamente puede conducir a error (34).

A 1.- El Nitrógeno.

El nitrógeno asequible de los suelos, proviene principalmente de la materia orgánica durante su descomposición por microorganismos del suelo (40).

Millar (45), asegura que en climas fríos, en la materia orgánica que se acumula, la transformación del nitrógeno desde una forma orgánica a otra disponible, es lenta. La edad de la materia orgánica de los suelos está relacionada con el grado de descomposición que ha experimentado y, por consiguiente, con la razón de liberación del nitrógeno.

De acuerdo con Buckman y Brady (11), las formas menos activas del nitrógeno, están dadas por las formas complejas y combinaciones orgánicas: proteínas, aminoácidos y formas similares; en forma coloidal y sujeta a desintegraciones. Las formas más simples y asimilables, provienen de las sales de amonio, nitritos y nitratos.

Chavez (19), asegura que el contenido de nitrógeno total en los suelos oscila entre 0,02 y 1%.

Brenner, citado por Blasco (7), afirma que aún cuando el nitrógeno es el elemento de fertilidad más importante, es interesante hacer anotar que la naturaleza química de una considerable fracción de nitrógeno del suelo es desconocida y que ésta fracción desconocida representa al rededor del 40 - 50%.

Asegura Millar (45), que el contenido de nitrógeno del suelo fluctúa según las condiciones de avenamiento, topografía y textura del suelo.

Según Buckman y Brady (11), las condiciones del suelo que influyen en el vigor de la nitrificación son: aireación, temperatura, humedad, cal activa, sales fertilizadoras y la relación carbono-nitrógeno.

De acuerdo con Blasco (7), el nitrógeno del suelo se halla en un alto porcentaje combinado con la materia orgánica, animal o vegetal, dando lugar al fenómeno conocido como "inmovilización del nitrógeno". Los microorganismos del suelo asimilan el nitrógeno mineralizado especialmente y lo inmovilizan, es decir, inmovilización y mineralización son dos procesos contrapuestos. Los microorganismos incorporan el amonio y nitrato en las proteínas, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados contenidos en sus células.

En un sentido muy general, las funciones del nitrógeno se basan en que es un elemento esencial de la clorofila; propician un crecimiento rápido; aumenta el rendimiento de las hojas, frutos y semillas; mejora la calidad de las cosechas de hojas, aumenta el contenido de proteínas; y alimenta los microorganismos del suelo mientras actúan en la descomposición de la materia orgánica (4, 11, 12, 19, 29, 30, 43, 45).

Cooke (17) e Infante (32), aseguran que el elemento nitrógeno induce la máxima utilización del fósforo durante las primeras etapas del crecimiento de las plantas, época ésta en que el fósforo es absorbido más activamente.

Drouet (24), aclara que se ha notado una interacción entre el nitrógeno y el potasio, en la mayoría de los cultivos; sin embargo se puede presentar cierto antagonismo entre estos dos nutrientes cuando la planta absorbe en cantidades excesivas a alguno de ellos.

La absorción del nitrógeno aumenta también cuando el fósforo, el potasio y el sodio, se aplican hasta suplir las necesidades de la planta (16).

El nitrógeno del suelo se pierde por los siguientes procesos: a) separación del nitrógeno con los cultivos; b)

pérdidas por lixiviación; c) pérdidas por erosión; d) pérdidas por volatilización (7, 11, 45).

Las ganancias están dadas, según Chavez (19), por: a) azoficación, o sea, fijación del nitrógeno por microorganismos simbióticos; b) lluvias; c) residuos de cosechas y animales; d) descargas eléctricas; e) por el cultivo de leguminosas.

A 2- El fósforo.

Con la posible excepción del nitrógeno, Buckman y Brady (11), aseguran que ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo. Una carencia de este elemento es doblemente seria, porque evita que las plantas aprovechen otros nutrientes.

Refiere Millar (45), que algunos de los factores influyentes sobre el contenido del fósforo en los suelos, son el tipo de material que dá origen a los suelos y las condiciones climáticas bajo las cuales se han desarrollado, el grado de temperización y su nivel en materia orgánica.

La cantidad de fósforo en el suelo, según Chavez (20), es excesivamente baja y el problema de su relativa carencia se agrava mucho más, ya que solo un porcentaje más o menos pequeño es de utilidad inmediata para la planta. Por tal motivo, el contenido de fósforo total es un dato de poco valor para la interpretación de las necesidades de fertilización fosfatada.

"Como limitante del rendimiento de las cosechas, la deficiencia de fósforo en los suelos es un problema a escala mundial, hecho que es todavía más grave en regiones tropicales debido a la fijación que sufre en suelos ácidos, ricos en sesquióxidos de hierro y aluminio" (6).

El fósforo se presenta en formas orgánicas e inorgánicas. Dentro del fósforo inorgánico, pueden haber fosfatos de alta y baja solubilidad (20,31).

El fósforo orgánico representa hasta el 85% del fósforo total, con amplias variaciones (6). Respecto de esto, Wernshall y Dyer, citados por Lotero (39), han encontrado el 50% del fósforo en los suelos podsólicos, y del 75 al 85% en suelos turbosos. Algunos de estos compuestos orgánicos son aprovechables por las plantas.

Como propiedad fundamental del fósforo orgánico, está la de ser mucho más móvil que el inorgánico (6).

Las formas inorgánicas del fósforo varían en su predominancia de acuerdo a las clases de suelos (6)

Existen muchas pruebas de que las plantas, absorben el fósforo en forma mineral, primordialmente como ión $H_2PO_4^-$; y algunos autores opinan que la concentración extremadamente baja de este ión a valores de pH altos, explica la dificultad que encuentran las plantas para obtener el fósforo de los suelos alcalinos. La absorción de los iones HPO_4^{2-} y PO_4^{3-} es sin duda muy lenta en comparación con la del ión $H_2PO_4^-$ (45).

Hoyos, Williams y Haddock, citados por Blasco (6), aclaran que al aumentar la profundidad del perfil, disminuye la cantidad de fósforo inorgánico y la solubilidad del mismo; que el fósforo inorgánico es menor en suelos bien drenados que en mal drenados; que el aumento de la humedad del suelo, lleva aparejado el incremento del fósforo disuelto y por lo tanto asimilable por las plantas.

El valor del pH óptimo para la mayor eficacia del fósforo en relación con las plantas, según Chavez (20), varía en-

tre 6,5 y 7,5 en cuya amplitud ocurre el mínimo de fijación.

Entre los numerosos estados en que se encuentra el fósforo en los suelos, por su pequeña cantidad y proporción, no se considera que el soluble en la solución del suelo nos indique adecuadamente las condiciones de nutrición para este elemento, aunque su valor sea característico para cada suelo. Tampoco es utilizado el total a pesar de que en algunos casos se ha encontrado correlación entre él y el fácilmente soluble (54).

Millar (45), aclara que dada la insolubilidad de los fosfatos de hierro y aluminio y la baja solubilidad de los fosfatos de calcio, con la excepción del fosfato monocálcico, las plantas de la mayoría de los suelos cultivados, se ven obligadas a absorber el fósforo de una solución muy diluida del mismo.

Cooke, citado por Blasco (6), considera que en ausencia de raíces de las plantas, la concentración del fósforo en la solución del suelo, está gobernada por un equilibrio dinámico entre las fases sólida y la solución, y en el cual el fósforo se disuelve continuamente, de la fase sólida pasa a la solución del suelo y es de nuevo reabsorbido. En presencia de raíces de las plantas, este equilibrio se trastorna y únicamente si la liberación del fósforo de la fase sólida es adecuada, las raíces podrán absorber la cantidad suficiente para sus requerimientos.

Se ha considerado que el fósforo presente en el suelo se puede perder por erosión, inmovilización y por las plantas.

Suarez de Castro (57), en relación con las pérdidas de nutrientes por la erosión, dice que en pendientes del 3% el fósforo asimilable perdido es considerable y que dicha pérdi

da aumenta con los cultivos limpios. El mismo autor, al citar a Hollan y Joachim, aclara que el material erodado puede llegar a ser mas rico en nutrientes que el suelo original.

Buckman y Brady (11), aseguran que el fósforo inorgánico está acondicionado por la reacción del suelo: a valores bajos de pH correspondientes a suelos ácidos, el fósforo se combina con elementos tales como aluminio y hierro para formar compuestos muy insolubles, que son difícilmente aprovechables por la planta; en valores altos de pH, el fósforo se combina con el calcio y el magnesio, y entra a formar parte de compuestos como la apatita y la hidroxapatita, que son también difícilmente aprovechables por la planta. El valor de pH óptimo para la mayor eficacia del fósforo, en relación con las plantas, varía entre 6,5 y 7,5, en cuya amplitud ocurre el mínimo de fijación.

Por su parte Dean (23), observa que sobre los minerales arcillosos comunes de los suelos, tales como la caolinita, montmorillonita e illita, hay mayor poder para fijar el fósforo. La cantidad de fósforo fijado por la caolinita es relativamente alta a pH 4, pero esta fijación disminuye rápidamente a medida que el pH tiende a la neutralización.

De acuerdo con Bradley (8) y Bray (10), la fijación del fósforo puede ser debida a: 1). precipitación química, que es atribuida al calcio y al magnesio en los suelos calcáreos y al hierro, aluminio y manganeso en los suelos ácidos; 2). Adsorción por los óxidos de aluminio y hierro ya que estos tienen propiedades coloidales.

En general la fijación del fósforo aumenta con una disminución en el tamaño de las partículas del suelo; con una disminución del pH; con un aumento de la concentración de iones fosfato en solución; con un aumento en el tiempo de

contacto entre el fósforo y la fase sólida del suelo (37).

Lotero (39), expone el concepto de que la fijación no se debe considerar como una pérdida absoluta, ya que con el tiempo y bajo ciertas condiciones, el fósforo fijado puede llegar a ser aprovechable por las plantas, al menos en forma parcial.

Es difícil establecer en detalle las funciones del fósforo en la economía de las plantas. Aquí solo se considerarán las funciones más importantes:

Estimula el rápido desarrollo de las raíces y el crecimiento. Contribuye sobre la división celular así como a la formación de albúminas. Apresura la maduración del fruto y germinación de la semilla. Estimula el florecimiento. Proporciona a las plantas un crecimiento inicial rápido y vigoroso. Robustecimiento de la paja en los cultivos de cereales, sobre todo de forrajes y hortalizas. Resistencia a ciertas enfermedades (4, 11, 20, 44, 45).

Según Collings (16), el fósforo ayuda a tomar el potasio necesario para la vida vegetal y contrarresta los efectos perjudiciales del nitrógeno cuando se encuentra en cantidades abundantes.

A₃.- El Potasio.

La cantidad de este elemento en los suelos, es generalmente alta (al rededor del 2%), en comparación con los tenores de fósforo y nitrógeno; el potasio se encuentra como constituyente principal de los silicatos primarios y secundarios (21).

Millar (45), anota que el potasio se encuentra en distintas formas en el suelo y aunque no se acepta la exácta separa

ción entre algunas de las que se encuentran en equilibrio, se considera que el de cambio constituye la reserva más importante del fácilmente aprovechable, por lo que se ha determinado la fracción soluble, considerándola como el índice de la potencialidad de estos suelos para la nutrición potásica de las plantas.

Segun Buckman y Brady (11), el potasio del suelo, en función de su aprovechabilidad, se presenta en tres formas:

- Rápidamente aprovechable, o sea el potasio de la solución del suelo y el potasio intercambiable.
- Léntamente aprovechable, o sea el potasio fijado en algunas arcillas como las biotitas o illitas.
- Difícilmente aprovechable, correspondiente al potasio que se encuentra en los minerales primarios (feldespatos y micas).

Expone Chavez (21), que la presencia del potasio se destaca de una manera muy especial, en los feldespatos potásicos, tales como la ortoclase, microlina y algunas plagioclásas, y en las micas como la muscovita y la biotita, que son generalmente abundantes en los suelos minerales. Ya que estos minerales se presentan en el limo y en las fracciones mas finas de las arenas, los suelos pesados disponen, por lo general, de buenas cantidades de potasio. La misma razón es valedera para los altos contenidos de potasio en los horizontes inferiores y de los suelos de origen volcánico. Sin embargo estas formas de potasio se consideran comunmente como potasio difícilmente aprovechable para las plantas.

Millar (45), encontró en un detenido estudio sobre los datos obtenidos por Peech y Bradfield, que ciertos suelos calizos pueden fijar cantidades considerables de potasio en formas no cambiables y que la cal puede aumentar a veces es-

ta fijación.

En relación con la fijación del potasio, Buckman y Brady (11), dan como factores, que influyen de un modo notorio sobre las cantidades de potasio fijadas, los siguientes: a). naturaleza del suelo; b). tiempo, porque a medida que transcurre el tiempo el potasio es fijado por los microorganismos que lo toman para sí, y por las plantas; c). La humedad y sequedad, presentándose menores cantidades de potasio cambiabile en suelos muy húmedos; d). la presencia de un exceso de cal.

Existe una variación considerable en la eficacia de los diferentes cationes para reducir la absorción del potasio. En general el calcio es menos eficaz que el sodio o el magnesio. La tendencia de una planta a absorber sodio, influye sobre su actividad encaminada a suprimir la absorción del potasio. Al parecer, el magnesio restringe más que el sodio el consumo de potasio en las plantas que utilizan poco sodio (45).

Las pérdidas de potasio son ocasionadas por lixiviación, absorción por parte de las plantas, y por fijación (11,45).

Las funciones del potasio en la planta son, entre otras:

Sirve de alimento base para las plantas, como el nitrógeno y el fósforo. Interviene en la formación clorofiliana, favoreciendo la formación de azúcares y su transporte a los órganos de reserva. Interviene también en la formación de prótidos. Regulariza la utilización del agua por la planta y permite economizarla. Aumenta la concentración de elementos minerales en la savia, dando resistencia a las enfermedades. Desarrolla el sistema radicular, fortalece los tejidos. De manera muy general, se puede decir que el potasio es para la planta un factor de equilibrio y salud (11, 21, 27, 45).

A4.- El Magnesio.

El contenido de magnesio en los suelos según Millar (45), varía en las diferentes zonas climáticas; así mismo, bajo las mismas condiciones climáticas, se ha visto que los suelos de textura fina contienen mas magnesio que los arenosos. En general, el contenido del magnesio del subsuelo es mayor que en la superficie.

El magnesio se encuentra absorbido en la fracción coloidal y aparece en la solución como bicarbonato y hasta cierto punto como nitrato. Los minerales más corrientes del suelo que contiene magnesio, son la dolomita, silicatos, ornblanda augita, olivino, talco y serpentina (45).

Jacob y Uexküll (35), aclaran que el magnesio aprovechable por las plantas es el soluble en agua y el intercambiable; que el magnesio es absorbido como catión divalente, pudiendo suministrarse en forma de sulfato, fosfato, carbonato u óxido. Contrario al caso del calcio, el magnesio puede fijarse en muchos suelos en forma no intercambiable, como en el caso del carbonato de magnesio. En tales casos, la nutrición magnésica en vegetales puede realizarse a veces mucho mejor mediante aspersiones foliares que por aplicaciones al suelo.

Según Millar (45), los iones de magnesio adsorbidos por los coloides del suelo, influyen casi de la misma manera sobre sus características que los iones de calcio, salvo que los iones magnesio tienden a disminuir el estado de floculación. Rara vez, sin embargo, existen iones magnesio suficientes para afectar materialmente el estado de agregación. Los iones magnesio están retenidos por una energía algo menor por los coloides del suelo que los iones calcio, y por lo tanto, se requiere una concentración algo menor para que el

nutrimento sea directamente asimilable por las plantas.

Willis, Piland y Gay, citados por Collings (16), comunican que la aplicación de cal no magnésica a suelos escasos en magnesio, acentuaba el déficit, por lo cual, en tales casos es preferible una caliza dolomítica a una caliza calcítica.

Los iones nitratos fomentan su asimilación, en tanto que los iones amonio, potasio y calcio la restringen (35).

Las pérdidas de magnesio se originan por lixiviación; adsorción por el material coloidal; absorción por organismos vivos del suelo, plantas y microorganismos; precipitación como mineral secundario (11, 45).

A5.- Elementos Menores.

Además de los elementos mayores, se requiere de una cantidad mínima de ciertos elementos (en su mayoría metales pesados) para el desarrollo normal de las plantas. Tales elementos son el boro, hierro, cobre, cinc, manganeso, molibdeno, además de cobalto, vanadio, yodo, fluor y wolfranio, los cuales tienen un elevado grado de eficacia, o sea que en pequeñas cantidades ellos son suficientes para alcanzar efectos óptimos (35).

Millar (45), especifica que estos elementos son tóxicos para las plantas si se hallan disponibles en el suelo en cantidades que no sean muy pequeñas.

Los oligoelementos, según Mela (42), tienen en común su escasa presencia en los suelos, a excepción del hierro, que está al rededor del 6 a 10% en forma de óxidos; los demás en escasas cantidades, al rededor de 50 - 100 pp.m.. Sus funcio

nes son como catalizadores, especialmente para el crecimiento vegetal; pueden servir para sustituir a otros elementos catalizadores o para contrarrestar efectos dañinos de otros elementos.

El suelo de textura intermedia, generalmente proporciona cantidades adecuadas de micronutrientes cuando el pH del suelo está comprendido entre 6 y 7 (11).

De acuerdo a Suarez de Castro (57), el boro puede llegar a ser poco aprovechable a un pH mayor de 7. Jacob y Uexküll (35), dicen que la presencia del boro es necesaria en aquellos sitios donde se verifica una activa división celular; además tiene una gran importancia en la germinación del polen, en la formación de frutos, flores y raíces, en la absorción de cationes y en el transporte de las sustancias dentro de la planta.

El hierro en el estado ferroso, que ocurre en suelos con pH menor de 6,5, es fácilmente soluble en ácido carbónico, no así en el estado férrico que se presenta en condiciones alcalinas (57). Es importante en la síntesis de la clorofila y la base de numerosos sistemas enzimáticos. La formación de la clorofila se encuentra relacionada con la presencia del hierro, sin llegar a ser este un componente directo de su estructura (35).

Al igual que el hierro, el manganeso resulta ser también un elemento imprescindible en la formación de la clorofila, en la reducción de nitratos y en la respiración (35). Cuando el pH es menor de 7 se presenta en forma manganosa, siendo fácilmente utilizable, pues reacciona con el ácido carbónico formando bicarbonato soluble; cuando la condición en el suelo es alcalina, se oxida fácilmente el manganeso hasta formas tetravalentes, insoluble en ácido carbónico,

muy poco aprovechables por las plantas (57).

Según Jacob y Uexküll (35), el cobre lo requieren también las plantas para sus procesos de oxidación y reducción y según parece, fomenta la síntesis de la vitamina A.

En cuanto al cinc, son muy limitados los conocimientos que se tienen acerca de sus funciones específicas. No obstante a ello, la frecuente manifestación de sus síntomas de deficiencia en diversos frutales denota la importancia de sus funciones en el metabolismo vegetal (35). Troug, citado por Suarez de Castro (57), asegura que tanto el cobre como el cinc, pueden llegar a ser inaprovechables bajo condiciones alcalinas o fuertemente ácidas.

El molibdeno es requerido por la planta en dosis ínfimas tanto para sus procesos de absorción de nitratos como para la fijación del nitrógeno atmosférico por los nódulos radiculares de las leguminosas (35).

Buckman y Brady (11), de acuerdo a las relaciones entre los microelementos y elementos mayores, expresan lo siguiente:

- El exceso de cobre o de sulfato puede afectar adversamente el uso del molibdeno.
- La deficiencia de hierro es aumentada por un exceso de cinc, manganeso o cobre.
- Un exceso de fosfato puede aumentar la deficiencia de cinc, hierro y cobre.
- Un aumento de fertilización nitrogenada intensifica la deficiencia de cobre.
- El exceso de sodio o potasio puede afectar adversamente la toma del manganeso.

- planta - Un exceso de cal reduce la toma de boro.
- El hierro, cobre y cinc, pueden reducir la absorción del manganeso.

B.- FERTILIDAD DEL SUELO.

Conceptos:

El término de fertilidad ha sido empleado en más de un sentido, y además de significar la acción favorable de todos los factores que intervienen en el desarrollo de la planta, se usa también para denotar una abundancia de alimentos para la misma. Los estudios sobre la fertilidad de los suelos, significan generalmente investigaciones del estado y distribución de los elementos nutritivos en los suelos.

Asegura Hall (29), que un suelo fértil no es rico en sí mismo, pero responde y aprovecha de la mejor forma posible los abonos aplicados.

Según Millar (45), fundamentalmente un suelo fértil es rico en restos de vegetaciones previas y posee una textura muy uniforme, adaptada para satisfacer las necesidades de la planta en aire y agua.

Complementando lo anterior Gudiel (26), dice que la fertilidad de los suelos se completa con la actividad desarrollada por las bacterias, hongos y lombrices; que originan transformaciones caracterizadas por una serie de procesos de descomposición de la materia orgánica.

Lotero (38), considera fértiles aquellos suelos que "a excepción del nitrógeno y del agua, tienen una gran reserva de nutrientes en formas aprovechables a las raíces de la

planta, aunque estas formas sean relativamente inmóviles en el suelo". Las formas aprovechables pero relativamente inmóviles, son las bases intercambiables como potasio, calcio, magnesio y manganeso; las formas intercambiables o adsorbidas de fósforo; las formas precipitadas de materiales relativamente insolubles como carbonatos o fosfatos de calcio.

Hay ciertos criterios mayores que tienen un rumbo definitivo sobre la fertilidad del suelo, y estos son:

1º.- "El concepto de aprovechabilidad", el cual reconoce que diferentes formas de nutrientes en los suelos varían en su grado de aprovechabilidad, y que a menudo una pequeña cantidad de una forma altamente aprovechable es la que tiene mayor influencia sobre el crecimiento de la planta (9).

2º.- "Ley del mínimo de Liebig". El rendimiento obtenido es determinado por el elemento que se halla en la cantidad más reducida, en relación con las necesidades de las cosechas (24).

3º.- "El concepto de rendimiento en porcentajes, de Baule". Establece que el rendimiento final es el producto de todos los factores del rendimiento, y no un resultado de un factor mínimo (9).

4º.- "El concepto de Movilidad o Elasticidad", propuesto por Bray, establece que los nutrientes aprovechables del suelo tienen una disponibilidad variable que depende de su movilidad y de la naturaleza de la planta. Aquellos con poca movilidad (N, P, Ca, Mg) tienden a seguir el movimiento en porcentaje de Baule y los móviles como el nitrógeno, en forma de nitrato, y el agua, tienden a seguir la idea de Liebig, de un nutriente limitante (9).

Aclara Drouet (24), que la "Ley del mínimo" no es abso

luta, pues aun cuando uno de los factores de crecimiento de la planta sea suficiente, pueden otros factores obrar. Por ejemplo: se ha notado una interacción entre el nitrógeno y la potasa en la mayoría de los cultivos, o sea, mientras más grande sea el aporte de nitrógeno, mejor es la nutrición de la planta en nitrógeno y la planta aprovechará mejor la potasa.

Al considerar las deficiencias y las interacciones, no se debe pensar en un solo elemento nutritivo sino en el conjunto de ellos, pues la ausencia o insuficiencia de uno solo basta para limitar el crecimiento de la planta (24).

Hall (29), señala los siguientes factores que determinan la fertilidad: a). Cierta cantidad de anhídrido carbónico en el aire; b). Luz, como fuente de energía para el proceso de fotosíntesis; c). Temperatura adecuada; d). Humedad; e). Aire; f). alimentos para la planta; g). Ausencia de constituyentes perjudiciales, tales como sulfatos o cloruros sódicos, ácido sulfúrico, sustancias alcalinas como el carbonato sódico, o compuestos metálicos venenosos como ciertas sales de cobre, plomo, cinc, níquel; h). Ausencia de una competencia excesiva; i). Sujeción de las raíces; j). Otros factores.

Respecto a la fertilidad general de los suelos de Colombia, Bair y otros (3), afirman que en una forma muy general los suelos mas fértiles son los aluviales, los cuales en su estado natural pueden considerarse altos en la mayoría de nutrientes de las plantas y valores de pH adecuados para la mayoría de los cultivos. Despues de un tiempo de cultivo sin fertilización, el nitrógeno llega a ser el elemento más limitante, especialmente en el caso de las gramíneas.

En Colombia el contenido de materia orgánica y el nitró

geno total en los suelos aumenta al aumentar la altura sobre el nivel del mar. Los datos obtenidos indican que la respuesta inicial al nitrógeno, está principalmente concentrada en las regiones mas bajas y cálidas del país. En las partes altas de las montañas, aunque los suelos contengan suficiente nitrógeno total, hay factores tales como la baja temperatura, deficiencia de nutrientes, pH bajo, etc., que limitan la rata de descomposición de la materia orgánica y la rata de mineralización del nitrógeno para hacerlo aprovechable para las plantas (3).

Baird y otros (3), aseguran que las respuestas al fósforo en Colombia, estan principalmente localizadas en las regiones mas altas, frías y aún medias; el fósforo es el elemento mas limitante. En cuanto al potasio, por lo general, todos los suelos colombianos no demuestran notables deficiencias de este elemento.

En cuanto a los suelos de Nariño, no existen datos sobre el desequilibrio nutricional en los suelos, pero basándose en los análisis químicos de más de cuatrocientas muestras de las diversas regiones del Departamento, se puede asegurar que el nitrógeno no constituye un elemento limitante para las cosechas.

La deficiencia del fósforo en Nariño, posiblemente se deba a que sus suelos son, en la mayoría, ácidos, condición ésta que proviene de su origen esencialmente volcánico.

El potasio es sin duda alguna el elemento que menos problema presenta en los suelos de Nariño.

C.- VALOR E IMPORTANCIA DEL ANALISIS QUIMICO.

El análisis químico es una medida para determinar la cantidad completa de los elementos presentes en el suelo,

independiente de su forma y de su aprovechabilidad. Al respecto, Hardy (3), dice que tales datos son de mucho valor para estudiar la formación del suelo y otras fases de la ciencia del mismo, pero que dan muy poca información sobre la aprovechabilidad de los elementos esenciales para las plantas. Por eso, Saiz del Río (53), expone la necesidad de quitar la idea errónea, de que un análisis químico hecho en una muestra de suelo, capacita a cualquier persona para resolver los problemas de cultivo y fertilización. El mismo autor dice que: "La interpretación de los resultados de un análisis debe ser hecho por una persona que conozca no solamente las propiedades físicas y químicas del suelo, sino su historia y su futuro en cuanto a prácticas agrícolas, fertilizantes y cultivos".

Observa Marin (41), que con el objeto de interpretar los resultados del análisis de una muestra, siendo la parte más difícil en la investigación de la fertilidad, se necesita mucha experiencia y acceso a una gran diversidad de experimentación sobre fertilización de suelos, realizada en terrenos de los mismos tipos que aquellos a que se aplicará la investigación. Por eso Betancourt (5), aclara que después de efectuado el análisis químico, del cual no se debe prescindir, el suelo es a menudo ensayado nuevamente por medio de cultivos en macetas, que se lleva a cabo en el invernadero, ó experimentos de fertilización realizados en el campo.

En cuanto a los estudios en invernadero, asegura Correa (18), obtener información muy valiosa en cuanto se refiere al grado de fertilidad de los suelos, porque pueden servir como base para planear los ensayos de campo y sirven también como complemento de los análisis químicos, a la vez que sus resultados podrían ser aplicados directamente al campo, en muchas ocasiones.

Los análisis químicos y los ensayos biológicos son los dos métodos generales más conocidos y usados en determinación de la fertilidad de los suelos. Entre los métodos biológicos figuran las técnicas de invernaderos, dentro de las cuales las más conocidas, según Parra y Quinceno, citados por Guedez (27), son las siguientes: Técnica de Mitscherlich, técnica de Jenny, técnica de Stephenson y Schuster, técnica de Codwell, técnica de Neubauer.

D.- ALGUNOS ESTUDIOS DE FERTILIDAD REALIZADOS EN INVERNADERO.

Los primeros ensayos en invernadero, según Correa (18) fueron efectuados por Jenny en la Universidad de California (EE.UU) en el año de 1.943. Jenny hizo ensayos de invernadero con más de cuatrocientos cincuenta suelos de este Estado, para conocer las variaciones en la fertilidad dentro de las series y tipos de suelo. A la vez, más de cien suelos fueron sometidos simultáneamente a ensayos de campo e invernadero, usando pastos, leguminosas, granos menores y unos pocos con hortalizas para los primeros y para los segundos, lechuga "Romana" como planta indicadora. Los experimentos de campo e invernadero fueron calibrados y los resultados expresados en forma de un gráfico en el cual el número correspondiente al porcentaje de suelos que dieron resultados positivos aparecía comparado con las producciones de lechuga en el invernadero, de tal manera, que mientras menor es la producción relativa en los ensayos con macetas, mayor es la posibilidad de asegurar una respuesta en el campo.

No existen muchos estudios sobre la fertilidad de los suelos en Colombia, mediante los ensayos de invernadero, y mucho menos para el Departamento de Nariño. De acuerdo con las publicaciones consultadas, los ensayos de invernadero

han sido combinados con análisis químicos detallados, en la mayoría de los casos, y en otros han sido efectuados coordinadamente con ensayos de campo, como medio para el diagnóstico de la deficiencia de nutrientes en el suelo y para indicar la manera de corregir dichas deficiencias.

Los numerosos trabajos realizados con distintas series de suelos, bajo la diversidad de climas y diferentes cultivos, demuestran que los suelos colombianos, casi en su totalidad, son deficientes en elementos nutritivos, especialmente en fósforo (20).

A continuación se citan en forma resumida los trabajos más importantes efectuados en el país.

Dávila (22), en 1.952 hizo el estudio de los suelos de la "Hoya del Río Bogotá", y encontró marcadas deficiencias, en fósforo, nitrógeno, calcio y elementos menores.

Parra (46), en 1.952 hizo el estudio de la fertilidad de los suelos de la serie "Chinchiná", siguiendo el método de Jenny y usando lechuga "Romana" como planta indicadora. Los ensayos revelaron deficiencias muy agudas de nitrógeno y fósforo pero ninguna de potasio.

Jenny y otros (36), en 1.953 efectuaron en la Universidad de California un estudio sobre la fertilidad de ocho -- suelos colombianos. Los suelos estudiados fueron del Departamento del Valle y en este estudio encontraron que la fertilidad de esos suelos es muy variable; que las aplicaciones de N, P, K, pueden hacer más productiva la mayoría de los suelos y finalmente, que los problemas primarios de fertilidad se cree tengan relación con una deficiencia de fósforo.

Parra (47), en el año de 1.953, estudió los suelos de

la serie 10 de Chinchiná, usando chapolas de café como planta indicadora por el periodo de un año. Obtuvo un efecto altamente significativo del nitrógeno en presencia de P, K, y PKCa, altamente significativo del fósforo en presencia de NK y NKCa, altamente significativo del calcio en presencia de NP y NPCa, observó además que en presencia de N, P, K, y N,P,K,Ca, el efecto del magnesio no fué significativo; que los efectos del calcio si fueron significativos en presencia de NK, NP, PK, NPK y NPKCa; que una solución de elementos menores no influyó significativamente en presencia de NPKCaMg y que las chapolas de café son muy prometedoras como planta indicadora, en medio tropical.

Sánchez (55), en 1.954 hizo un estudio de la fertilidad de dos tipos de suelo; uno de la serie Gorgona y otro de la serie Estación Palmira. Como plantas indicadoras usó el tomate y el maíz. No encontró deficiencias significativas de nutrientes en los suelos de la serie Estación Palmira, pero sí en los de la serie Gorgona, con respuestas a los tratamientos NP, NK, NPK, cuando la planta indicadora fué tomate. Con maíz el tratamiento NPK bajó los rendimientos con respecto al testigo en forma significativa en la serie Estación Palmira, en tanto que en el mismo suelo, el tratamiento NK aumentó con respecto al testigo pero no en forma significativa. En la serie Gorgona, con maíz, los tratamientos no fueron superiores al testigo, y al aplicar nitrógeno solo, se produjo un efecto deprimente altamente significativo con respecto al testigo. Al emplear tomate como planta indicadora, todos los tratamientos fueron altamente significativos con relación al testigo, especialmente los que incluían fósforo. Atribuyó él, la causa de estos resultados a los siguientes factores: a)- heterogeneidad del suelo; b)- diferencias de intensidad lumínica dentro del invernadero; c)- variaciones en la humedad del suelo; d)- diferencias de temperatura entre los diferentes puntos

del invernadero; e)- influencia de la sombra proyectada de las plantas adyacentes; f)- concentraciones tóxicas o débiles de los nutrientes. Halló además que el maíz se comportó en forma deficiente como planta indicadora, en tanto que el tomate es prometedor como planta índice.

Rojas Cruz (52), en 1.954 con sus trabajos de laboratorio e invernadero, determinó el grado de la fertilidad de las principales series de la Sabana de Bogotá. El método de invernadero que usó para el estudio fué el de Jenny con algunas modificaciones. La deficiencia más aguda en todos los suelos fué de fósforo, seguida por calcio, en la mayoría de ellos. Solo en algunas de las series fué marcada la deficiencia de nitrógeno asimilable y de magnesio. Todas las series están provistas de potasio, pues no le fué posible obtener respuestas a este elemento en los ensayos de invernadero. Encontró también que el magnesio y el potasio son satisfactorios y consiguió aumentar los rendimientos, cultivando lechuga "Romana" en el invernadero al agregarle cal en una dosis equivalente a diez toneladas por hectárea, logrando aumentar el pH de 5.0 a 5.6.

La fertilidad de los suelos de la Estación Agrícola experimental de Palmira, fué estudiada también por Aristizábal (2), en 1.954, quien utilizó para ello lechuga "Romana", obteniendo los siguientes resultados: respuesta a la aplicación del nitrógeno y fósforo en la serie Valle; respuesta a N P K y elementos menores en la serie Ferrocarril; respuestas a nitrógeno y fósforo en la serie Arcilloso de Palmira, y respuesta a fósforo y elementos menores en la serie Estación Palmira.

Silva, citado por Fortoul e Irusta (34), en 1.955 estudió en el laboratorio e invernadero, los suelos de la serie La Ceja (Antioquia), obteniendo respuestas al tratamiento

completo N P K, con encalamiento de 5.5 toneladas por hectarea. Sin embargo, el mismo tratamiento sin cal, apenas sí dió una respuesta mediocre. Obtuvo además, respuestas marcadas a la aplicación del nitrógeno y fósforo y a pesar de que no pudo obtener reacción al potasio, la respuesta a este elemento no fué tan definida como en el caso del nitrógeno y fósforo.

Correa (18), en 1.957, en su estudio comparativo de la fertilidad de seis series de suelos de Colombia, bajo condiciones de invernadero y usando como plantas indicadoras la lechuga "Romana", maíz de la variedad E.T.O. blanco y frijol, encontró que hubo diferencia significativa entre el testigo y el completo sin cal, excepto en la lechuga; al agregar cal al tratamiento completo, la producción aumentó significativamente al aplicar fósforo en presencia de N,K y Cal con las tres plantas indicadoras; la producción aumentó significativamente al agregar potasio al suelo en presencia de N, P y Cal, excepto cuando la planta índice fué lechuga; el aumento significativo, al agregar al completo con Cal una mezcla de elementos menores, fué variable para cada suelo y para cada planta indicadora.

En 1.959 Vega y Baird (58), en sus estudios de fertilización al trigo, concluyen que los suelos de la Sabana de Bogotá son ricos en nitrógeno total, pero se presenta deficiencia debido a la mayor demanda de las plantas por efecto del fósforo aplicado. En lugares no cultivados ni fertilizados recientemente, sería conveniente aplicar una dosificación de fósforo superior a 200 Kgs. por hectárea, de P₂O₅. El potasio puede llegar a ser deficiente con altas producciones.

Rodríguez y Correa (50), en su trabajo de investigaciones sobre la fertilidad de los suelos de tres regiones del norte de Colombia, realizado en 1.962, bajo condiciones de

invernadero, encontró que las regiones de San Jorge, Bajo Cauca y Ayapel, son de gran importancia agrícola por su extensión y su reciente incorporación a la agricultura. Los suelos de San Jorge son muy fértiles y producen buenas cosechas sin la adición de fertilizantes, aunque es posible que con la adición de elementos menores se pueda elevar un poco más los rendimientos. En los suelos del Bajo Cauca, el rendimiento sin fósforo es inferior al del completo (N.P.K) y estadísticamente significativo, lo que indica que uno o varios de estos elementos limitan la producción en el campo. En los suelos de Ayapel, hubo aumento estadísticamente significativo para los tratamientos con los elementos menores (N,P,K, más E.M.) y el completo más cal (N,P,K, más cal). - Para su estudio usó el método Jenny.

Silva (56), en 1.962, al estudiar dos tipos del suelo de la Granja "El Placer" (Popayán) concluyó que los suelos eran muy ácidos (pH 4.5 y 4.7) y bajos en calcio, pero con alta capacidad de cambio; alto contenido de materia orgánica y de potasio; bajos en el contenido de fósforo. El mayor beneficio fué obtenido con la adición de cal en proporción de 15 toneladas por hectárea, lo que no se considera práctico para el agricultor, en cuanto a lo económico se refiere. Al adicionar fósforo hubo aumento en la producción de alfalfa, no así con adiciones de potasio y boro.

Estudios realizados en los Llanos Orientales, (15), en 1.963 sobre suelos de terrazas y vegas, explican claramente, que el fósforo sigue siendo elemento limitante; el potasio ocupa un segundo lugar pero de mucha menos importancia que el nitrógeno. La explicación para que el fósforo sea el más indispensable, es la misma que para cualquier suelo colombiano, o sea, que es fijado principalmente por el hierro y el aluminio. En cuanto al potasio, su deficiencia se debe a la baja saturación, dentro de la baja saturación de bases,

y a la alta saturación de sodio, que impide la eficacia del potasio. En relación al nitrógeno, su deficiencia se debe al poco contenido de materia orgánica de los suelos.

Rodríguez y Lotero (51), en 1.967, estudiando la respuesta de la lechuga "Romana" y alfalfa a fuentes y dosis de fósforo y cal en un suelo orgánico de Antioquia, bajo condiciones de invernadero, concluyen lo siguiente: a)- la aplicación de fósforo aumentó considerablemente los rendimientos, siendo su efecto mas notorio en la alfalfa que en la lechuga; b)- la aplicación de cal aumentó significativamente los rendimientos de la lechuga y de la alfalfa, siendo mas recomendable la adición de diez toneladas por hectárea; c)- siendo el superfosfato concentrado una fuente de fósforo de fácil adquisición en el país, es mas recomendable usarlo en este tipo de suelos.

Wieczorek y Baird (60), en 1.959, presentan los resultados de 19 experimentos de fertilización en la región "papa" de Nariño realizados entre los años de 1.955 y 1.957. Utilizaron papa de la variedad "Ojona". Los niveles de los tratamientos fueron: para el primer ensayo, 0-40 Kgs. por hectárea de nitrógeno; 0-80-160 Kgs. por hectárea de P_2O_5 , y 0-80 Kgs. por hectárea de K_2O ; para el segundo ensayo, 0-50-100 Kgs. por hectárea de nitrógeno; 0-100-200 Kgs. por hectárea de P_2O_5 , y 0-100 Kgs. por hectárea de K_2O . Los tratamientos fueron aplicados en cuatro replicaciones.

En todos los casos, la producción del tratamiento completo (N + P + K) excedió a la del testigo; el promedio para el tratamiento completo fué de 18.6 Ton./Ha. y para el testigo 10.8 Ton./Ha.. Al respecto concluyen lo siguiente: primero, la principal respuesta en producción obtenida con fertilizantes químicos se debió al fósforo y en segundo lugar, al nitrógeno, y hubo una ligera evidencia de respuesta

a potasio; segundo, el cultivo continuo de papa, en "Obonuco", disminuyó rápidamente el nitrógeno, el fósforo y el potasio aprovechables del suelo; tercero, se debe usar un fertilizante completo, en la región productora de papa de este Departamento, y se sugiere aplicar de 50-100 Kgs./Ha. de nitrógeno, 100 Kgs./Ha. de P_2O_5 y 25-50 Kgs./Ha. de K_2O ; cuarto, algunos de los rendimientos obtenidos fueron bajos, debido a la falta de humedad del suelo; quinto, conviene hacer mas investigaciones sobre fertilización de cultivos de papa, en Nariño, porque solo así es posible obtener la información que se necesita para hacer recomendaciones precisas.

Guerrero (28), en su informe preliminar sobre el reconocimiento detallado de los suelos de Obonuco y de otros municipios del Departamento de Nariño, dice que: "Es usual la fertilización en todos los cultivos propios de la zona". Al respecto se puede decir que a excepción de los suelos de la Granja de Obonuco, la práctica de fertilización se hace sin previo estudio de las necesidades nutritivas del suelo, lo que conlleva siempre a un rendimiento inferior al esperado.

E.- GENERALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Nariño tiene una área de 32.560 kilómetros cuadrados; con topografía, clima y vegetación variados.

Según Guhl, citado por Rodríguez (49), de acuerdo a los pisos térmicos, el piso térmico cálido que constituye la primera zona, tiene 17.354 Km.² y es ocupado por el 18% de la población. Generalmente abarca la región de la Costa, la zona de los manglares y la llanura del Pacífico; comprendida entre 0 y 600 metros sobre el nivel del mar; temperatura media de 26 grados centígrados; precipitación anual media

de 2.000 a 4.000 mms.; relieve plano y ondulado. De amplias terrazas aluviales, diques naturales y zonas inundables. En la región de los manglares, la vegetación está constituida por asociaciones arbóreas o arbustivas perennifoliadas, halofíticas que prosperan en las costas tropicales. De acuerdo a Espinal (25), el suelo de los manglares es limoso, carece de oxígeno y contiene grandes concentraciones de sustancias disueltas. Para los demás suelos, en su generalidad de origen volcánico, la vegetación predominante es la que caracteriza a las selvas lluviosas tropicales típicas.

La segunda zona perteneciente al piso térmico templado tiene 5.799 kilómetros cuadrados, en la cual se alberga el 26% de la población. Va de los 601 a los 2.000 m.s.n.m.; -- temperatura media de 26°C y una precipitación anual media de 3.000 mms.. Formada por llanuras aluviales y por las bases de la cordillera Occidental, en la costa del Pacífico (25), y a medida que aumenta la altura, se enmarcan regiones propias para la agricultura, pero en su mayoría por lo accidentado, la mejor posibilidad es para la silvicultura (49). Predominan los suelos calcáreos. La vegetación predominante es la característica para el piso térmico templado en el cual queda incluido el bosque seco montano bajo y el bosque pluvial montano bajo (25).

La tercera zona, comprendida entre los 2.000 y 3.000 m.s.n.m. y que perfectamente se puede extender hasta los 3.300 m.s.n.m. (49); tiene una temperatura media de 15°C., con una precipitación media anual que va de los 500 a los 1.000 mms.. Esta zona es fría y en la cual se halla el 54% de la población distribuida en los 6.155 kilómetros cuadrados que le corresponden. Constituida por suelos volcánicos; relieve pronunciado; sometidos a un exceso de lavado cuando se establecen cultivos limpios; son relativamente ácidos. La vegetación predominante, de acuerdo a Espinal (25)

la correspondiente al bosque húmedo montano bajo, bosque muy húmedo montano bajo, bosque seco montano bajo y bosque pluvial, subtropical.

Por último tenemos la cuarta zona, que va desde los 3.001 m.s.n.m. en adelante, con una temperatura hasta de 11 grados centígrados por encima. En este piso térmico se distinguen dos zonas, que llevan los nombres de "Páramo bajo" en donde se alberga el 2% de la población y aún hay posibilidad de vida y explotación agrícola; y el "páramo alto", donde no es posible la vida humana en condiciones normales, y que está cubierta de pajonales y frailejones (49).

E₁.— Geología y geomorfología del Departamento de Nariño.

De acuerdo al informe rendido por los ingenieros encargados del trazado del que fué Ferrocarril de Nariño, (14), "el rasgo más sobresaliente de la geología del Departamento es su fase ígnea y volcánica con todas sus consecuencias de intenso metamorfismo. Abundan las rocas masivas, predominando entre ellas las básicas: sienitas, andesitas, basaltos, etc.. Los granitos y las dasitas son muy escasos. Las eyecciones aparecen acompañadas de las tobas correspondientes".

Garcés y Gutierrez (14), aclaran que: "Tanto en el Valle del Patía como en los demás valles profundos que se encuentran al sur, las rocas que forman la base de la serie, en lo general, son esquistos metamórficos antiquísimos, quizá silurianos. La parte superior de la formación terciaria está compuesta de cascajo y conglomerados en grandes cantidades, cretácico-terciarios, entre los cuales se encuentran margas y esquistos de distribución irregular y de poca extensión, en algunos puntos, aunque abundan en otros

Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño. Para mayor claridad, se agruparon los distintos análisis de suelos, correspondientes a 35 municipios de los 49 que tiene el Departamento, de acuerdo a las zonas climáticas, así:

Piso térmico cálido, cuya altura vá desde los 600 metros sobre el nivel del mar, tiene los siguientes datos: -- textura que oscila entre franco-arcilloso y franco; pH ácido (5.30); nitrógeno total normal (0.22%); materia orgánica media (2.64%); carbón orgánico normal (1.53%); fósforo muy bajo (14.77 kgs./Ha.); potasio muy alto (464.48 Kgs./Ha.); calcio, contenido medio (1.651.2 Kgs./Ha.); magnesio, bajo (349.5 Kgs./Ha.); relación carbono-nitrógeno de 6.95.

Es de anotar, que los datos obtenidos en el laboratorio, fueron promediados por el número de muestras de los -- suelos correspondientes a cada piso térmico y luego comparados con la tabla de fertilidad (ver apéndice) para su interpretación aproximada.

Piso térmico templado, con altura que va desde los 601 a 2.000 metros sobre el nivel del mar. Textura predominante, franco-arcilloso, franco y franco-arcilloso-arenoso; pH ligeramente ácido (5.78); nitrógeno total, alto (0.29%); alto contenido de materia orgánica (5.42%); carbono orgánico, alto (3.47%); bajo en fósforo (28.82 kgs./Ha.); potasio, muy alto (561,31 Kgs./Ha.); calcio, alto (4.491.44 Kgs./Ha.); -- magnesio, bajo (625.50 Kgs./Ha.); relación carbono-nitrógeno igual a 11.96.

Piso térmico frío, cuya altura sobre el nivel del mar fluctúa entre los 2.001 y 3.300 metros. Textura, con predominancia franco, franco-arcilloso, franco-arenoso; pH ligeramente ácido (5.78); nitrógeno total, muy alto (0.38%); -- materia orgánica, muy alta (6.51%); carbón orgánico, alto --

(3.81%); fósforo, muy bajo (16,55 Kgs./Ha.); potasio, muy alto (619,14 Kgs./Ha.); calcio, muy alto (5.771,40 Kgs./Ha.); magnesio, bajo (558,50 Kgs./Ha.); relación Carbono-Nitrógeno de 10,02.

E3.- Fertilidad general de los suelos del municipio de Pasto.

Según el estudio de los análisis químicos de suelos, correspondientes a 42 zonas del municipio de Pasto, situadas entre los 2.001 y 3.300 metros sobre el nivel del mar, se obtuvieron los siguientes datos en promedio: textura, fluctúa entre franco y franco-arcilloso; pH ligeramente ácido (5,72); nitrógeno total, muy alto (0,48%); carbón orgánico, muy alto (4,95%); materia orgánica, muy alta (8,69%); relación carbono-nitrógeno, igual a 10,31; fósforo, bajo (21,62 Kgs./Ha.); potasio, muy alto (640,47 Kgs./Ha.); calcio, alto (4.649,23 Kgs./Ha.); magnesio, bajo (797,30 Kgs./Ha.); - capacidad de cambio, muy alta (32,19 m.e./100 grs.); bases totales, alta (13,80 m.e./100 grs.) y saturación de bases, mediana (18,39%).

A los suelos del municipio de Pasto, les corresponde una fertilidad moderada, de acuerdo a la tabla de fertilidad que aparece en el apéndice.

III. MATERIALES Y METODOS

Con el propósito de iniciar la evaluación del estado actual de la fertilidad de algunos suelos del Altiplano de Pasto, fueron escogidas las zonas de Catambuco, Anganoy, Cujacal y la Laguna, que en su conjunto representan una gran área agrícola, la cual forma parte de la Zona Central del Municipio de Pasto.

La Zona Central del Municipio de Pasto, limita: al norte, con el río Juanambú; al sur, con el río Bobo y el Guátara; y al oriente con la cordillera Centro-Oriental. La topografía de este macizo es abrupta, especialmente la que mira hacia el occidente. La pendiente de los terrenos en el ángulo nor-este, presenta caídas de un gran desnivel y mesetas de terrenos planos de gran fertilidad, ampliamente aprovechables por la actividad agropecuaria. La parte situada hacia el oriente es mucho más suave y forma los terrenos que han estructurado el Valle de Atríz; pero hacia el norte en la hoya del río Pasto, nuevamente los terrenos son quebrados y aparecen mesas escalonadas en Chachagüí, Duarte y Toro (61).

El Volcán Galeras estructura toda la orogenia y la hidrografía de esta región. Un poco mas hacia el norte se levanta el Macizo del Morazurco de forma irregular, en su parte occidental, con laderas de gran pendiente. Tambien es un sistema aislado y apenas insinúa pertenecer al núcleo de la cordillera Centro-Oriental por su lado sureste; elevación que forma la divisoria de aguas entre el río Pasto y el Juanambú (61).

La climatología, según el Departamento Nacional de Estadística (DANE), (13), tiene las siguientes características:



Figura No. 1.

Mapas que muestran la localización del Municipio de Pasto en el Departamento de Nariño, en la República de Colombia.

Foto: Alberto Puertas

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS



Figura No. 2.

La franja blanca del mapa corresponden de a la zona central del municipio de Pasto, en la cual se encuentran los corregimientos de Catambuco, Anganoy, Cujacal y La Laguna, cuyos suelos se estudiaron en el presente trabajo.

Foto: Alberto Puertas

Temperatura máxima media:	21.0 grados centígrados
Temperatura mínima media:	9.9 grados centígrados
Temperatura media:	15.4 grados centígrados
Oscilación de temperatura:	16.5 grados centígrados
Precipitación anual:	612 mm.

La distribución de las lluvias en Pasto durante el año es la siguiente:

Meses de invierno:	enero, febrero, marzo, - abril, mayo, octubre, <u>no</u> viembre y diciembre.
Meses de verano:	junio, julio, agosto, y - septiembre.
Meses de mayor lluvia:	abril, octubre y noviembre.
Meses de mayor sequía:	julio y agosto.

A.- DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES.

La descripción de los perfiles se realizó durante el tiempo comprendido entre el 5 de mayo de 1.967 y el 10 de A gosto del mismo año.

Se escogieron las zonas de Catambuco, Anganoy, Cujacal y La Laguna, por ser éstas los sitios mas representativos del Altiplano de Pasto.

La descripción de los perfiles se realizó aprovechando las zanjas, barrancas y caminos, sobre los cuales se hizo un corte con el objeto de apreciar la distribución de los horizontes; para terrenos planos, se abrieron hoyos de un metro de largo, 0.80 mts. de ancho y dos metros de profundi

dad.

Los materiales usados fueron: barreno tipo standard de 90 cms., palas, nivel Abney, altímetro, tabla Munsell y ácido clorhídrico (HCl) 10%.

Se siguió el siguiente procedimiento:

- a).- Se marcaron los horizontes que se pudieron apreciar a simple vista, por el cambio de color o por la variación de textura, anotando las respectivas profundidades.
- b).- Se determinó cuidadosamente la textura trabajando al tacto en un poco de tierra humedecida; la consistencia también al tacto; y el color mediante la tabla Munsell.
- c).- Se observó la riqueza y distribución relativa de la materia orgánica, en cuanto a raíces de plantas y restos orgánicos, anotando la capa de suelo en que se desarrolla con mas abundancia, su penetración máxima y la distribución general.
- d).- Para determinar la presencia de carbonatos, se probó cada horizonte con unas gotas de ácido clorhídrico al 10%.
- e).- Se hizo observaciones sobre el drenaje interno.

En cada zona se hicieron seis cortes, en diferentes lugares, para hacer la descripción de los perfiles respectivos.

Una vez hechas las descripciones de los perfiles y de acuerdo a la similitud que éstos presentaban para cada zona, se escogieron áreas representativas y se anotó para cada u-

na, la pendiente y ubicación exacta.

B.- TOMA DE LAS MUESTRAS DE LOS SUELOS.

En cada zona se determinó una área representativa, la cual se la dividió en cuatro lotes, de donde se tomaron las muestras de los suelos, en la capa arable, tanto para el análisis químico como para el invernadero.

Para los análisis químicos, de cada lote se tomaron 20 muestras, las cuales, una vez mezcladas, se empacaron en una bolsa de polietileno que llevaba la etiqueta con el número, además del nombre del lote o finca seleccionada para el estudio. O sea, de cada zona se separaron cuatro muestras para el laboratorio de química.

Las muestras de suelo para el invernadero se tomaron en cada zona, de los cuatro lotes, y se mezclaron. Fueron sometidas a un secamiento al aire, dentro del invernadero, extendidas sobre las mesas del mismo, para mas tarde librarlas de piedras, raíces, etc., mediante un tamíz de dos milímetros.

En general para todas las muestras, se tuvo la precaución de no tomarlas en los lugares cercanos a caminos, montones de estiércol, acequias, árboles, lugares donde se haya aplicado abonos y en sitios no muy representativos del terreno.

Como materiales para la recolección de muestras se utilizaron: palas, bolsas de polietileno con capacidad para un kilo y etiquetas.

TABLA I. Descripción del perfil dominante en el suelo de Catambuco. Localizado a 6 Kms. + 850 mts. en la carretera Pasto-Ipiiales; 800 mts. al margen izquierdo. Finca "Villa Eliza".

Profundidad en cms.	Textura	Estructura	Consistencia	Color	Reacción al HCl	Observaciones
0 - 40	franco	granular	friable	10YR3/2	negativa	
40 - 80	franco-arcilloso	migajosa	firme	10YR2/1	negativa	presencia de concreciones de color marrón.
80 - 130	arcilloso-limoso		firme	10YR2/1	negativa	
130 - 150	arcilloso		extremadamente firme	2,5Y4/3	negativa	presencia de raicillas.
150 X	limoso		firme	5Y4/3	negativa	presencia de manchas grandes color rojizo.

Datos generales:

A. s. n. m. 2.840 mts.
 Drenaje natural: medio
 Vegetación: pradera artificial
 Uso actual: ganadería
 Pendiente: del 0 al 5%
 Borde de horizonte: difusos, excepto la tercera capa en que son definidos.

TABLA II. Descripción del perfil predominante en el suelo de Angancy. Localizado en dirección Nor-oeste de la plazuela de la población 500 mts. Finca "San Rafael".

Profundidad en cms.	Textura	Estructura	Consistencia	Color	Reacción al HCl	Observaciones.
0 - 20	franco	granular	muy friable	10YR3/1	negativa	abundante pila arcilla.
20 - 80	franco-arcilloso	granular	friable	10YR2/1	negativa	
80 - X	franco-limoso		firme	5YR3/2	negativa	presencia de concreciones de color rojo.

Datos generales:

A. s. n. m. 2.790 mts.
 Drenaje natural: medio
 Vegetación: pradera artificial
 Uso actual: ganadería
 Pendiente: 25%
 Bordes de horizonte: difusos

TABLA III. Descripción del perfil dominante en el suelo del Cujacal. Localizado a dos kilómetros de la carretera Cujacal-Estre-lla del Oriente, 60 mts. al margen derecho. Finca "San José".

Profundi- dad en cms.	Textura	Estructura	Consistencia	Color	Reacción al HCl	Observaciones.
0 - 32	franco	granular	muy friable	10YR2/2	negativa	abundante pie- drecilla.
32 - 75	franco- arcilloso	granular	friable	10YR4/3	negativa	
75 - 140	arcilloso		firme	10YR4/4	negativa	presencia de concreciones de color ro- jizo.
140 - X	arcilloso		muy firme	2,5Y5/2	Negativa	

Datos generales:

a. s. n. m. 2.840 mts.
 Drenaje natural: lento
 Vegetación: pradera artificial
 Uso actual: ganadería
 Pendiente: 5%
 Bordes de horizonte: difusos.

C.- METODOS PARA EL ANALISIS QUIMICO.

Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de suelos del Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño.

Los métodos usados fueron:

a).- Determinación de la humedad, por diferencia de peso después de someter la muestra a un secado de 105 grados centígrados, durante 24 horas.

b).- El Índice de Higroscopicidad, utilizando la misma muestra de suelo empleada en la determinación de la humedad, secada a 105 grados centígrados, la cual se colocó en una cámara saturada de humedad durante 24 horas para luego pasarla. El Índice se obtiene por diferencia de peso.

c).- El pH Potenciométrico, se determinó con el potenciómetro de Beckman H-2, para lo cual se empleó la muestra de suelo seca al aire, pasada por una malla No. 10.

d).- La determinación del nitrógeno total, se hizo por medio del método de Kjeldahl modificado, descrito por Saiz del Río (53), que consiste en la destilación de las muestras atacadas previamente por ácido sulfúrico, y titulación del destilado.

e).- El fósforo se determinó por el método de fotocolorimetría de Bray y Kurtz N° 1 descrito por Saiz del Río.

f).- La determinación del Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio, se hizo por el método de fotometría de llama, previa extracción de las mismas con acetato de amonio.

g).- La Materia Orgánica se determinó por el método de Walkley-Black, descrito por Saiz del Río (53).

F.- SEMILLERO.

Como planta indicadora se utilizó la lechuga "Romana" (Lettuce parris Island. Cos.), planta altamente exigente en nutrientes, especialmente en fósforo, resistente a las enfermedades y de un periodo vegetativo corto.

Para el semillero se utilizó un cajón de eternit con dimensiones de 70 cms. de largo, 50 cms. de ancho y 12 cms. de profundidad. Se llenó con una mezcla de 50% de suelo franco-arcilloso y 50% de arena cernida. La desinfestación se hizo a base de formolina, o sea, una concentración de 1% de formol; se cubrió el semillero con polietileno. A los tres días se quitó el polietileno y se removió el suelo del semillero para facilitar la salida de los vapores del formol, operación que se repitió a los seis días. En estas condiciones se dejó el semillero por un tiempo de 15 días, al cabo de los cuales se regó con agua destilada y se preparó para la siembra.

Las semillas de la lechuga se sembraron al voleo el 6 de septiembre de 1.967; se las regó diariamente con agua destilada. La germinación total se obtuvo a los seis días.

A las cuatro semanas de sembradas las lechugas, se realizó el trasplante a los materos, previa selección de las mejores plantas.

El suelo de los materos previamente preparado, fué humedecido con agua destilada durante los tres días anteriores al trasplante. En cada matero se sembraron dos plantas de lechuga "Romana".

G.- ADICION DE LOS NUTRIENTES EN SOLUCION.

A los tres días del trasplante y después de haber seleccionado la planta más robusta de cada matero, se procedió a adicionar las distintas soluciones nutritivas, con la ayuda de pipetas graduadas, teniendo en cuenta que el nutriente en solución no tuviera contacto con las hojas de la planta. De acuerdo a los tratamientos, cada matero fué diferenciado con su etiqueta correspondiente.

Dentro del invernadero, se distribuyeron las materas por el diseño experimental de bloques al azar.

H.- DISEÑO EXPERIMENTAL.

a).- El diseño seguido en este estudio fué el de bloques al azar, con cuatro replicaciones.

Los tratamientos aplicados fueron:

1.-	N ₀	P ₀	K ₀		testigo
2.-	N ₀	P ₁	K ₁		sin nitrógeno
3.-	N ₁	P ₁	K ₁		Completo
4.-	N ₂	P ₁	K ₁		doble nitrógeno
5.-	N ₁	P ₀	K ₁		sin fósforo
6.-	N ₁	P ₂	K ₁		doble fósforo
7.-	N ₁	P ₁	K ₀		sin potasio
8.-	N ₁	P ₁	K ₂		doble potasio
9.-	N ₁	P ₁	K ₁	Mg	completo más magnesio
10.-	N ₁	P ₁	K ₁	Mg	EM completo más magnesio más elementos menores

b).- Las dosis empleadas para los elementos fueron:

Para nitrógeno:	Para nitrógeno	NO	0	Kgs./Ha.
	N	N ₁	100	" "
Para fósforo:	Fosfato monobásico	N ₂	200	" "
	Para el fósforo	P ₀	0	" "
Para potasio:	P ₂ O ₅	P ₁	150	" "
		P ₂	300	" "
Para magnesio:	Para el potasio	K ₀	0	" "
	K ₂ O	K ₁	50	" "
		K ₂	100	" "
Para boro:	Para el magnesio	Mg	100	" "
	MgO			
Para cinc:	Para elementos menores:			
		Manganeso	40	" "
		Boro	30	" "
Para cobre:		Cinc	30	" "
		Cobre	25	" "
		Molibdeno	2	" "

En la tabla V se muestran todas las combinaciones de estas modificaciones.

c).- Como fuentes de nutrientes se emplearon reactivos analíticos, teniendo en cuenta su pureza.

TABLA V.- Combinación de las distintas dosis de N, P₂O₅, K₂O, MgO y elementos menores (boro, manganeso, cinc, cobre y molibdeno).

Tratamientos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	E.M.
1.- N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	0	0
2.- N ₀ P ₁ K ₁	0	150	50		
3.- N ₁ P ₁ K ₁	100	150	50		
4.- N ₂ P ₁ K ₁	200	150	50		
5.- N ₁ P ₀ K ₁	100	0	50		
6.- N ₁ P ₂ K ₁	100	300	50		
7.- N ₁ P ₁ K ₀	100	150	0		
8.- N ₁ P ₁ K ₂	100	150	100		
9.- N ₁ P ₁ K ₁ Mg	100	150	50	100	
10.- N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	100	150	50	100	127

Las soluciones matrices se prepararon por separado para cada uno de los elementos y para cada suelo. En un litro de agua destilada se adicionó la cantidad calculada de la fuente de nutrientes.

Los nutrientes se aplicaron en solución, de modo que cada 15 c.c. contienen la cantidad de miligramos de nutrientes por pote, calculada para cada suelo, equivalente a una aplicación de 100 Kgs./Ha..

Como los cuatro suelos estudiados tienen distintas densidades aparentes, la cantidad de miligramos de nutrientes por cada 1,6 Kgs. de suelo, se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Nutrientes} = \frac{1,6\text{Kgs.} \times 100 \text{ Kgs.}^*}{\text{D.A.} \times 2 \times 10^6 \text{ Kgs.}} \quad (\text{miligramos por pote})$$

La Tabla VI muestra la densidad aparente de cada suelo y la cantidad de miligramos que se requiere por pote.

I.- COSECHA Y DETERMINACION DEL PESO EN SECO.

Durante las ocho semanas que permanecieron las lechugas en los materos, se hicieron las labores de desyerba, remoción del suelo y adición del agua destilada cuando las plantas lo requerían, y se reguló la temperatura y aireación del invernadero por medio de las pestañas graduables.

La cosecha se realizó el 7 de diciembre de 1.967, o sea, ocho semanas después del trasplante. Utilizando una navaja,

*: 1,6 Kgs. : peso del suelo para cada matero
D.A. x 2x10⁶Kgs.: peso de una hectárea de suelo
D.A. : Densidad aparente.

se cortaron las lechugas a ras de tierra e inmediatamente
TABLA VI. Densidad aparente de cada uno de los suelos
estudiados, y sus respectivas cantidades de
miligramos de nutrientes, aplicados en 15
c.c. de solución por pote y equivalente a u
na adición de 100 kgs. de nutrientes por --
hectárea

Suelo	Densidad aparente	mgrs. nutriente por pote.	C.C. sol. por pote
Catambuco	1.33	60.15	15
Anganoy	1.07	74.77	15
Cujacal	1.32	60.60	15
La Laguna	1.29	60.02	15

Como en los suelos de La Laguna se presentó una gran
población de nemátodos (género *Heterodera*), que interfiere
en el normal desarrollo de la lechuga "Pocana", hubo la
necesidad de eliminar el patógeno para un segundo ensayo.

Se recolectó el suelo de los almazaranes de donde se
tomaron las muestras para el primer ensayo, y se siguieron
los mismos pasos para el tratamiento del suelo se le inver-
nadero. Para eliminar el nemátodo, se sometió el suelo tra-
tado a la acción del vapor de agua, el cual elevó la tem-
peratura del suelo del naturo a 95 grados centígrados durante
tres minutos.

se cortaron las lechugas a ras de tierra e inmediatamente fueron llevadas a la estufa, en donde permanecieron 48 horas a una temperatura de 105 grados centígrados; al cabo de este tiempo, las plantas a esa temperatura adquirieron peso constante. Se procedió a pesar cada una de las lechugas, con aproximación a la milésima de gramo, en la balanza analítica, para posteriormente hacer los cálculos estadísticos, en base al peso seco en gramos.

La respuesta entre tratamientos se determinó mediante la mínima diferencia significativa para promedios.

La producción relativa se la obtuvo, de acuerdo a Jenny (36), dándole el valor del 100% al tratamiento completo ($N_1P_1K_1$) para relacionar los demás tratamientos con éste.

En general, para este estudio se aplicó el método de Jenny, descrito por Vega y otros (59), con algunas modificaciones.

J.- ELIMINACION DEL NEMATODO.

Como en los suelos de La Laguna se presentó una gran población de nemátodos (género Meloidogynae), que interfirieron el normal desarrollo de la lechuga "Romana", hubo necesidad de eliminar el patógeno para un segundo ensayo.

Se recolectó el suelo de los mismos lotes de donde se tomaron las muestras para el primer ensayo, y se siguieron los mismos pasos para el tratamiento del suelo en el invernadero. Para eliminar el nemátodo, se sometió el suelo tratado a la acción del vapor de agua, el cual elevó la temperatura del suelo del matero a 95 grados centígrados durante tres minutos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Como materiales se usaron dos ollas de presión, estufa de petróleo, polietileno resistente y un termómetro.

El proceso para eliminar el nemátodo fué el siguiente:

Una vez que el matero tuvo 1,6 Kgs. de suelo, se tapó y sujetó fuertemente con polietileno. En estas condiciones se recibió por el orificio de la base del matero, el vapor de agua que salía a presión de la olla, hasta que éste se agotó; luego se quitó el polietileno para permitir el enfriamiento del suelo. Se conservó al aire este suelo dentro del invernadero y en sus respectivos materos, por espacio de veinte días para tener una mayor seguridad de eliminación del nemátodo.

Una vez preparado el suelo, se procedió a hacer el estudio, y se siguieron los mismos métodos empleados para el primer ensayo.

La siembra del segundo ensayo se efectuó el 9 de enero de 1.968. La germinación total ocurrió a los seis días. El trasplante se realizó el 9 de febrero y la cosecha el 12 de abril del mismo año.

Los resultados de los análisis químicos correspondientes a los suelos estudiados, se evaluaron mediante los planes de fertilidad del Instituto Tecnológico Agrícola (1967) (33), que aparecen en el apéndice.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados y discusión se expresan por separado para cada uno de los suelos estudiados. Dentro de cada suelo se presentan y discuten las respuestas que hubo a la aplicación del nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y elementos menores, así como también las interacciones más notables. Finalmente se hace una discusión comparativa de los resultados obtenidos en los cuatro suelos estudiados.

Para observar la respuesta de los suelos a la aplicación de distintas dosis de nutrientes en solución, se compararon los tratamientos así:

- La respuesta al nitrógeno se apreció mediante los tratamientos $N_0 P_0 K_0$, $N_0 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.
- La respuesta al fósforo se determinó con los tratamientos $N_0 P_0 K_0$, $N_1 P_0 K_1$, $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.
- La respuesta al potasio se observó por medio de los tratamientos $N_0 P_0 K_0$, $N_1 P_1 K_0$, $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_2$.
- La respuesta al magnesio se obtuvo mediante los tratamientos $N_0 P_0 K_0$, $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1 Mg$.
- La respuesta a los elementos menores se determinó con los tratamientos $N_0 P_0 K_0$, $N_1 P_1 K_1 Mg$ y el $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

Los resultados de los análisis químicos correspondientes a los suelos estudiados, se evaluaron mediante las tablas de fertilidad del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (33), que aparecen en el apéndice.

A.- SUELO DE CATAMBUCO.

A1.- Resultados de los análisis químicos.

Como se puede observar en la Tabla VII, el suelo de Ca tambuco tiene un pH ligeramente ácido; contenido de nitrógeno total, muy alto; carbono orgánico, alto; materia orgánica, alta; fósforo aprovechable, muy bajo; adsorción amónica, alta; calcio de cambio, muy alto; magnesio de cambio, medio; potasio de cambio, muy alto; sodio de cambio, alto; bases totales, alta y saturación de bases, muy alta.

De acuerdo a la tabla de fertilidad y con los resultados anteriores, se puede evaluar este suelo como moderadamente fértil.

A2.- Resultados de invernadero.

En la Tabla VIII se aprecian los rendimientos promedios, expresados como peso seco en gramos y rendimiento relativo, obtenidos con la aplicación de los distintos tratamientos a este suelo; para los cuales hubo una respuesta significativa con probabilidades del 95%.

1.- Respuesta al nitrógeno:

1a.- No hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_0 P_1 K_1$.

1b.- El rendimiento de la planta indicadora, aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.

1c.- Hubo un aumento no significativo entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.

1d.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.

TABLA VII. Resultado promedio del análisis químico de las cuatro muestras correspondientes al suelo de Catambuco.

pH electrométrico		6,20
Nitrógeno total, por ciento		0,35
Carbono orgánico, por ciento		2,62
Materia orgánica, por ciento		4,52
Relación carbono-nitrógeno		7,48
Fósforo aprovechable, p.p.m.		4,51
NH ₄ adsorbido, m.e./100 grs.		23,32
Calcio de cambio, m.e./100 grs.		18,72
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.		4,60
Potasio de cambio, m.e./100 grs.		0,67
Sodio de cambio, m.e./100 grs.		0,19
Bases totales, m.e./100 grs.		24,18
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.		-0,86
Saturación total catiónica, por ciento		103,69

La figura 3 muestra el efecto del nitrógeno, el potasio y el fósforo en el rendimiento de la planta indicadora. La - - y doble nitrógeno. completo y doble nitrógeno. aplicado al suelo de Catambuco, en ensayo de invernadero.

No.	Tratamiento	Peso seco en gramos	Rendimiento relativo %
1	N ₀ P ₀ K ₀	1,658	41,66
2	N ₀ P ₁ K ₁	2,937	75,31
3	N ₁ P ₁ K ₁	3,980	100,00
4	N ₂ P ₁ K ₁	4,643	116,66
5	N ₁ P ₀ K ₁	1,963	49,32
6	N ₁ P ₂ K ₁	5,120	128,64
7	N ₁ P ₁ K ₀	3,598	90,40
8	N ₁ P ₁ K ₂	3,706	93,12
9	N ₁ P ₁ K ₁ Mg	4,042	101,56
10	N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	3,145	79,02

L. S. D. para promedios 0,05 = 1,8394
 0,01 = 2,4391
 0,001 = 3,3077

La figura 3 muestra el efecto del nitrógeno, al presentarse una apreciable diferencia en el crecimiento de la planta indicadora, entre los tratamientos testigo, completo y doble nitrógeno.

2.- Respuesta al fósforo:

- 2a.- No se presentó una respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_0 K_1$.
- 2b.- Hubo respuesta significativa entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.
- 2c.- Se presentó una respuesta altamente significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.
- 2d.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.

La alta respuesta al fósforo, se observa en la notable diferencia del tamaño en la planta indicadora con los tratamientos testigo, sin fósforo, completo y doble fósforo, tal como lo muestra la figura 4.

3.- Respuesta al potasio:

- 3a.- Hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$.
- 3b.- El aumento del rendimiento de la planta indicadora no fué significativo entre los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_1$.
- 3c.- Hubo respuesta no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_2$.
- 3d.- El rendimiento de la lechuga romana, disminuyó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_2$.

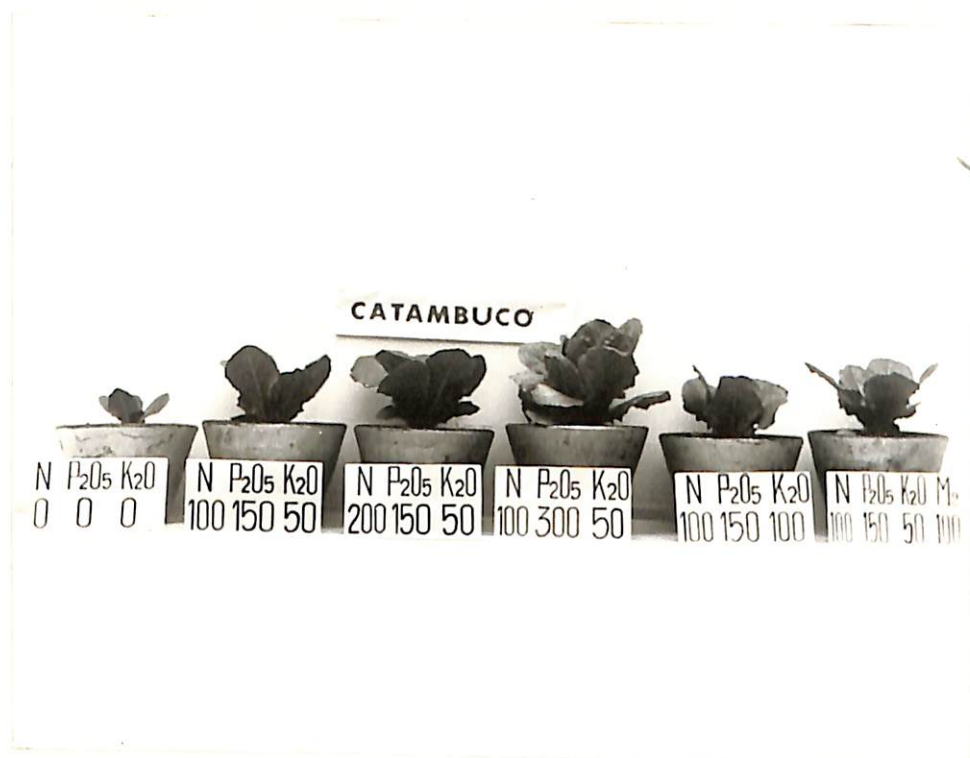


Figura No. 3.

Respuesta a la adición de distintos niveles de nutrientes al suelo de Catambuco. Obsérvese que el crecimiento de la lechuga romana fué mayor con el incremento de nitrógeno y fósforo, lo mismo que con la aplicación de magnesio, pero fué menor en el nivel más alto de potasio.

Foto: Alberto Puertas.

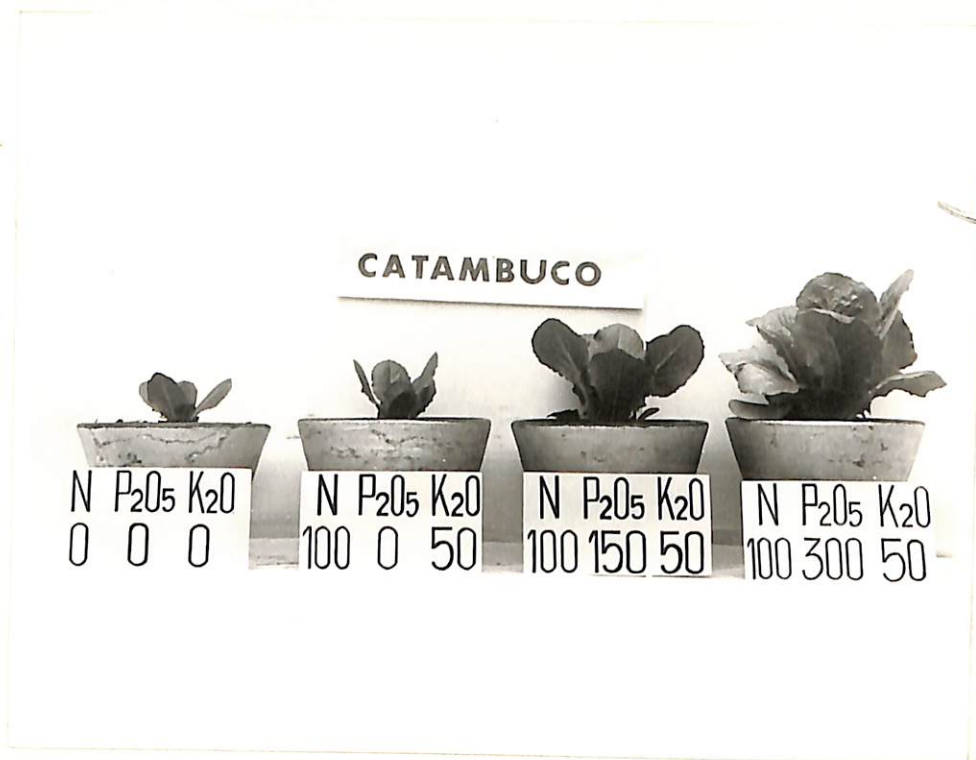


Figura No. 4.

Suelo de Catambuco. Respuesta a la aplicación de distintos niveles de fósforo, en presencia de nitrógeno y potasio constantes. Nótese que el crecimiento de la lechuga romana, es mayor a medida que se incrementa la cantidad de este elemento al suelo.

Foto: Alberto Puertas.

El tamaño de la planta indicadora en el testigo, completo y doble potasio, indica el efecto de la adición de este elemento al suelo, tal como lo muestra la figura 3.

4.- Respuesta al magnesio:

4a.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó significativamente entre los tratamientos testigo y $N_1 P_1 K_1$.

4b.- Hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg$.

4c.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1 Mg$.

En la figura 3, nótese el efecto del magnesio con la diferencia del tamaño de la planta indicadora entre los tratamientos testigo, completo y completo mas magnesio.

5.- Respuesta a elementos menores:

5a.- Hubo respuesta no significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

5b.- El rendimiento de la planta indicadora disminuyó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1 Mg$ y $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

La mayor respuesta del suelo a la aplicación de nutrientes, correspondió al fósforo. El tratamiento que mayor rendimiento dió fué el $N_1 P_2 K_1$, que presentó una respuesta muy altamente significativa en relación con el testigo. En cuanto a rendimiento se refiere, le siguen en orden descendente los siguientes tratamientos: $N_2 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_1 Mg$, $N_1 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_2$, $N_1 P_1 K_0$, $N_1 P_1 K_1 Mg EM$, $N_0 P_1 K_1$, $N_1 P_0 K_1$ y $N_0 P_0 K_0$.

A₃.- Discusión:

El rendimiento relativo del testigo es muy bajo con relación al del tratamiento completo, lo cual hace pensar en la pobreza de uno o más macroelementos.

Nitrógeno. El análisis químico dió un contenido muy alto de nitrógeno total, pero parece que es baja la cantidad de nitrógeno aprovechable existente en este suelo, debido a la respuesta que hubo a la aplicación de este elemento. Esto se confirma al no presentarse una respuesta significativa entre el testigo y el N₀ P₁ K₁, y al aumentar notablemente el rendimiento, aunque en forma no significativa, entre los tratamientos N₀ P₁ K₁ y N₁ P₁ K₁; N₀ P₁ K₁ y N₂ P₁ K₁; y entre el N₁ P₁ K₁ y el N₂ P₁ K₁.

El efecto que ejerce la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno a este suelo, se vé en el aumento del rendimiento relativo de los tratamientos N₀ P₁ K₁ (75,31%), N₁ P₁ K₁ (100,00%) y N₂ P₁ K₁ (116,66%). Esto sugiere que el suelo puede dar una respuesta satisfactoria a aplicaciones comerciales iguales o mayores a los 200 Kgs./Ha. de N.

La figura 5 muestra la dirección que toma la curva de rendimiento, al tratar el suelo con 0, 100 y 200 Kgs./Ha. de N en presencia de 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Fósforo. El contenido muy bajo de fósforo aprovechable registrado por el análisis químico, y la magnífica respuesta que se obtuvo a la aplicación de este elemento, señalan que el fósforo es un factor muy limitante en la fertilidad de este suelo. Lo anterior se corrobora al no presentarse respuesta significativa entre los tratamientos testigo y N₁ P₀ K₁ y al aumentar el rendimiento de la planta indicadora, en forma significativa entre el N₁ P₀ K₁ y el N₁ P₁ K₁; altamente

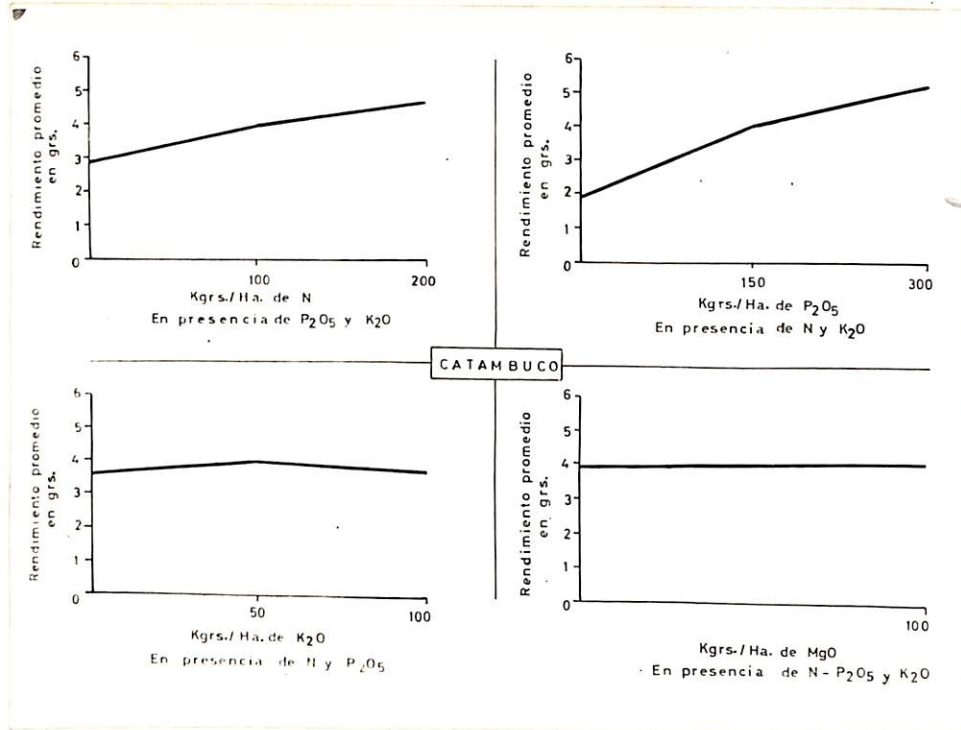


Figura No. 5.

Suelo de Catambuco. Representación gráfica de la influencia de distintos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, en el rendimiento de este suelo.

- Nitrógeno en presencia de 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Fósforo en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Potasio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P₂O₅.
- Magnesio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N, 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Foto: Alberto Puertas.

significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$; y no significativa, aunque si notoria, entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.

La grán influencia que tuvo el fósforo en el rendimiento de este suelo, se refleja en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ (49,32%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_2 K_1$ (128,64%). Esto hace pensar que este suelo puede aumentar notoriamente su rendimiento al aplicarle dosis superiores o iguales a 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

Nótese en la figura 5 la grán influencia del fósforo en el rendimiento de este suelo al tratarlo con 0, 150 y 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 , en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K_2O .

Potasio. Debido a que este suelo no dió una respuesta satisfactoria a la aplicación de distintas dosis de K_2O , y al contenido muy alto de potasio de cambio dado por el análisis químico, parece que la cantidad de potasio asimilable por las plantas es suficiente en este suelo. Esto se demuestra al presentarse una respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$; al aparecer un pequeño aumento, que no fué significativo entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$; $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_2$; y al disminuir el rendimiento, aunque en forma no significativa, entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_2$.

Los efectos benéfico y depresivo del potasio, se aprecian en los rendimientos relativos de los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ (90,40%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_1 K_2$ (93,12%). - Esto sugiere que el suelo puede requerir de aplicaciones comerciales inferiores o iguales a los 50 Kgs./Ha. Para mantener su equilibrio, pero que a dosis superiores se puede presentar una disminución en el rendimiento.

En la figura 5 se aprecia el efecto benéfico del potasio entre los niveles 0 y 50 Kgs./Ha. de K_2O , y su efecto depresivo entre los 50 y 100 Kgs./Ha. de K_2O , en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

Magnesio. El análisis químico dió para este suelo un contenido medio de magnesio, sin embargo no hubo respuesta significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1 Mg$, aunque - en este segundo tratamiento el rendimiento relativo aumentó (101,56%). Esta pequeña respuesta se pudo deber a que la dosis de magnesio utilizada fué relativamente baja, y por lo tanto se piensa en la posibilidad de que el suelo - responda mejor a dosis superiores a los 100 Kgs./Ha. de este elemento.

Nótese en la figura 5 el efecto que el magnesio causó en el rendimiento, cuando se agregó al suelo en la cantidad de 100 Kgs./Ha. en presencia de 100 Kgs./Ha. de N, 150 Kgs./Ha. de P_2O_5 y 50 Kgs./Ha. de K_2O .

Elementos menores. Por presentarse entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1 Mg$ y $N_1 P_1 K_1 Mg EM$ una disminución en el rendimiento que no fué significativa, aunque el rendimiento relativo bajó notablemente entre el completo más magnesio (101,56%) y el completo más magnesio más elementos menores (79,02%), se deduce la influencia depresiva que ejerce uno o más de los oligoelementos empleados en el ensayo. Este resultado hace pensar que puede haber una cantidad suficiente de uno o más micronutrientes en el suelo, y que su adición puede causar efectos tóxicos en las plantas.

Sería conveniente realizar un ensayo utilizando los mismos microelementos por separado en distintos tratamientos, para saber cuál o cuales de estos elementos se encuentran en un buen contenido en éste suelo.

Interaación N:P. Al comparar los rendimientos relativos de los tratamientos testigo (41,66%), $N_0 P_1 K_1$ (75,31%), $N_1 P_0 K_1$ (49,32%) y $N_1 P_1 K_0$ (90,40%) se observa la gran interacción existente entre el nitrógeno y el fósforo.

Sería conveniente realizar en este suelo un ensayo con un tratamiento que tenga 200 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 y de 0 a 50 Kgs./Ha. de K_2O .

B.- SUELO DE ANGANCOY

B₁.- Resultado de los análisis químicos.

Como se puede apreciar en la Tabla IX, el suelo de Angancoy tiene un pH ligeramente ácido; nitrógeno total, muy alto; carbono orgánico, muy alto; materia orgánica, muy alta; fósforo aprovechable, muy bajo; adsorción amónica, muy alta; calcio de cambio, alto; magnesio de cambio, bajo; potasio de cambio, muy alto; sodio de cambio, alto; bases totales, alta y saturación de bases, alta.

De acuerdo a los datos anteriores y a la tabla de fertilidad se evaluó este suelo con una fertilidad baja.

B₂.- Resultados de invernadero.

En la Tabla X se muestran los rendimientos promedios, expresados como peso seco en gramos y rendimiento relativo, obtenidos con la aplicación de los distintos tratamientos a este suelo, y para los cuales hubo una respuesta significativa con probabilidades del 95%.

1.- Respuesta al nitrógeno:

1a.- Hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_0 P_1 K_1$.

TABLA X. Resultado promedio de las cuatro repeticiones correspondientes a cada uno de los diez tratamientos aplicados al suelo de Anganoy, en ensayo de invernadero.

No.	Tratamiento	Peso seco en gramos	Rendimiento relativo %
1	N ₀ P ₀ K ₀	1,356	28,79
2	N ₀ P ₁ K ₁	3,611	76,63
3	N ₁ P ₁ K ₁	4,712	100,00
4	N ₂ P ₁ K ₁	3,938	83,57
5	N ₁ P ₀ K ₁	2,958	62,78
6	N ₁ P ₂ K ₁	5,300	112,48
7	N ₁ P ₁ K ₀	3,865	82,02
8	N ₁ P ₁ K ₂	3,477	73,79
9	N ₁ P ₁ K ₁ Mg	4,631	98,28
10	N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	3,711	78,76

L. S. D. para promedios 0,05 = 1,7801
 0,01 = 2,4038
 0,001 = 3,2011

Nota: en la figura 7, el tamaño de la planta indicadora (cebolla) en los tratamientos testigo, sin fósforo, completo y doble fósforo.

1.- Respuesta al potasio

- 1b.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.
- 1c.- Hubo un aumento en el rendimiento que no fué significativo entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.
- 1d.- El rendimiento de la planta indicadora disminuyó en forma no significativa entre $N_1 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.

En la figura 6, el tamaño de la planta indicadora refleja el efecto de la aplicación de nitrógeno a este suelo, que fué benéfico entre los tratamientos testigo y completo, y depresivo entre el completo y doble nitrógeno.

2.- Respuesta al fósforo:

- 2a.- No hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_0 K_1$.
- 2b.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.
- 2c.- Se presentó una respuesta significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.
- 2d.- La lechuga romana aumentó el rendimiento en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.

Nótese en la figura 7, el contraste que se presentó en el tamaño de la planta indicadora entre los tratamientos testigo, sin fósforo, completo y doble fósforo.

3.- Respuesta al potasio:

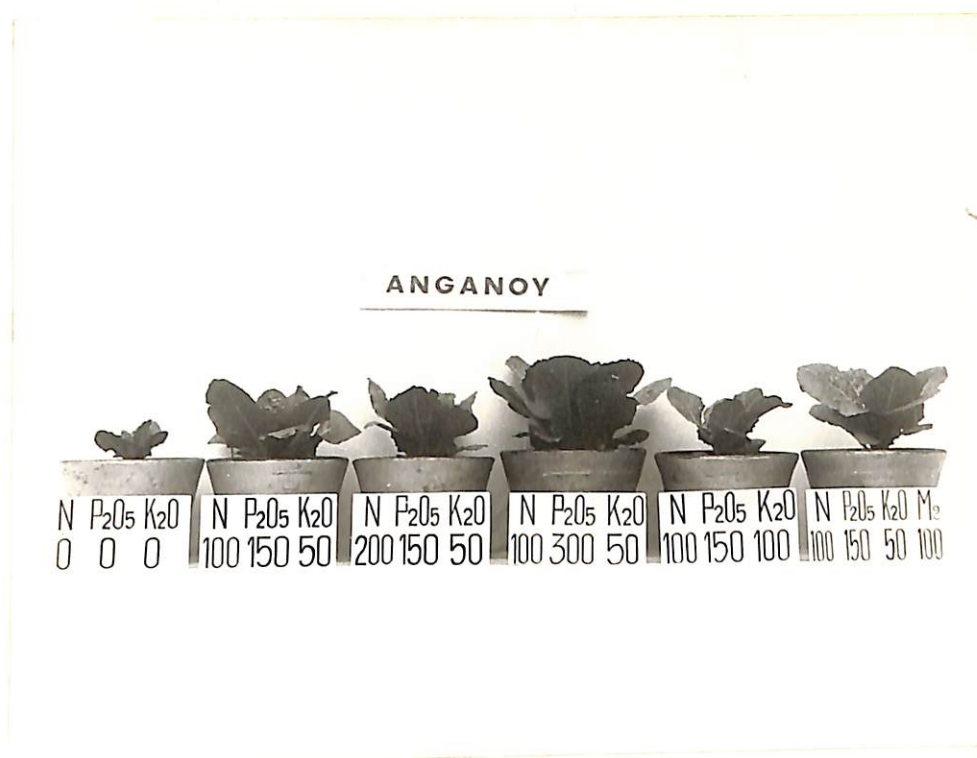


Figura No. 6.

Suelo de Anganoy. Influencia de la adición de diferentes niveles de nutrientes en el crecimiento de la lechuga romana. Nótese que el tamaño de la planta indicadora es mayor en el tratamiento con doble fósforo, y que es menor con relación al completo en los tratamientos doble nitrógeno, doble potasio y completo más magnesio.

Foto: Alberto Puertas.

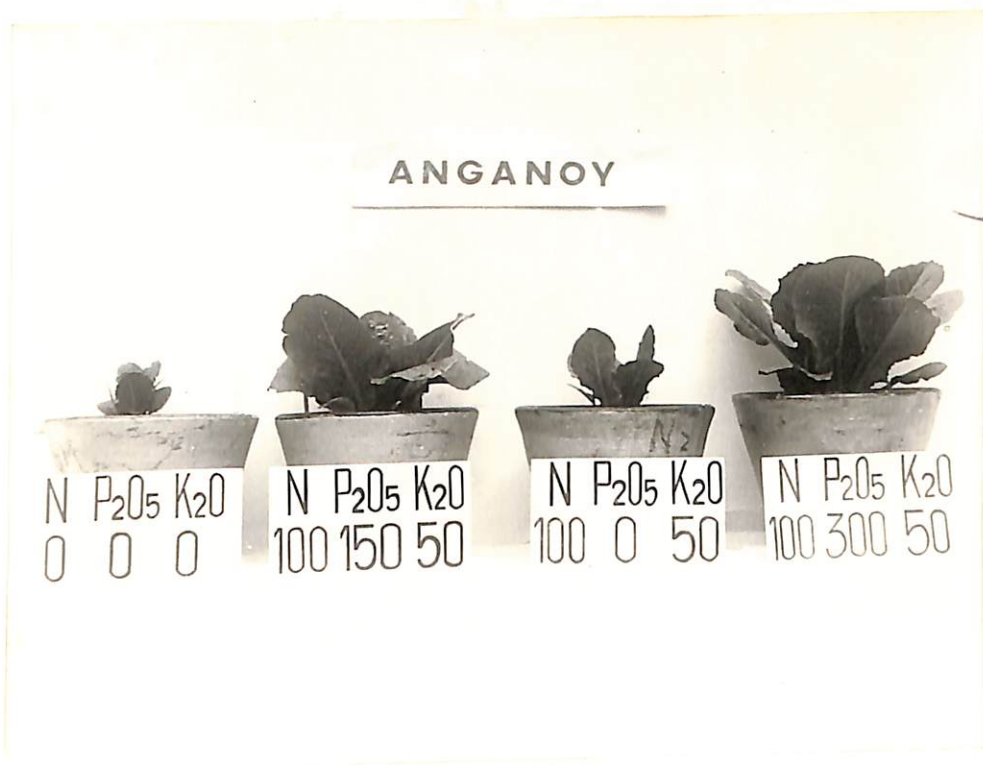


Figura No. 7.

Suelo de Anganoy. Influencia del fósforo en el crecimiento de la lechuga romana. Véase que el tamaño de la planta indicadora es mayor a medida que se incrementa la cantidad de este elemento en el suelo.

Foto: Alberto Puertas.

- 3a.- Hubo respuesta altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$.
- 3b.- La planta indicadora aumentó su rendimiento en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$.
- 3c.- Hubo respuesta depresiva, no significativa, entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_2$.
- 3d.- El rendimiento de la lechuga romana disminuyó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_2$.

En la figura 6, nótese que el crecimiento de la lechuga romana fué mayor en el tratamiento completo que en el doble potasio.

4.- Respuesta al magnesio:

- 4a.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó en forma muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1$.
- 4b.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg$.
- 4c.- El rendimiento de la lechuga romana disminuyó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1 Mg$.

La figura 6 muestra la pequeña disminución que hubo en el crecimiento de la planta indicadora, cuando se agregó magnesio al tratamiento completo.

5.- Respuesta a elementos menores:

- 5a.- Hubo respuesta significativa entre los tratamientos testigo y $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

5b.- El rendimiento de la lechuga romana disminuyó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1 Mg$ y $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

En este suelo el elemento que mayor respuesta dió fué el fósforo. El mayor rendimiento lo presentó el tratamiento $N_1 P_2 K_1$, que dió una respuesta muy altamente significativa en relación con el testigo; le siguen en su orden los tratamientos: $N_1 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_1 Mg$, $N_2 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_0$, $N_1 P_1 K_1 Mg EM$, $N_0 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_2$, $N_1 P_0 K_1$ y $N_0 P_0 K_0$.

B3.- Discusión:

Por presentarse una respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el tratamiento completo, se deduce la pobreza de este suelo en uno o más macroelementos.

Nitrógeno. Debido a la pequeña respuesta que se presentó a la aplicación de este elemento, así como también al contenido muy alto de nitrógeno total que registró el análisis químico, se puede decir que este suelo requiere de dosis bajas de nitrógeno, para poder dar un adecuado suministro de este elemento a los cultivos. Esto se confirma al presentarse una respuesta significativa entre el testigo y el tratamiento $N_0 P_1 K_1$; no significativa entre el $N_0 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1$, y entre el $N_0 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$; por disminuir el rendimiento aunque no significativamente entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_2 P_1 K_1$.

Los efectos benéfico y depresivo que causó la adición de nitrógeno al suelo, se puede apreciar en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ (76,63%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_2 P_1 K_1$ (83,57%). Esto sugiere que el suelo puede requerir de dosis inferiores o iguales a 100 Kgs./Ha. de nitrógeno para poder suministrar adecuadamente este elemento

a los cultivos.

En la figura 8 la curva de rendimiento muestra el efecto benéfico del nitrógeno entre las dosis de 0 y 100 Kgs./Ha y su efecto depresivo entre los 100 y 200 Kgs./Ha. de N, en presencia de 150 Kgs./Ha. de P_2O_5 y 50 Kgs./Ha. de K_2O .

Fósforo. El contenido muy bajo de fósforo aprovechable registrado por el análisis químico, así como la alta respuesta que se presentó a la adición de este elemento, indican que el fósforo es el factor limitante en el rendimiento de este suelo. Lo anterior se demuestra al no presentarse una respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_0 K_1$; por aumentar el rendimiento notablemente, aunque no en forma significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1$; por aparecer una respuesta significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$, y porque el rendimiento expresó un aumento notorio, pero no significativo, entre $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.

La influencia del fósforo en la fertilidad de este suelo, se puede apreciar en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ (62,78%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_2 K_1$ (112,48%). Lo anterior hace pensar que se puede esperar un mayor rendimiento de este suelo, al aplicarle dosis iguales o superiores a los 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

Nótese en la figura 8, la gran influencia del fósforo en el rendimiento cuando se aplicó al suelo dosis de 0, 150 y 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K_2O .

Potasio. La poca respuesta que se obtuvo a diferentes dosis de este elemento, como el contenido muy alto de potasio de cambio dado por el análisis químico, hacen pensar que el potasio asimilable por las plantas se encuentra en u-

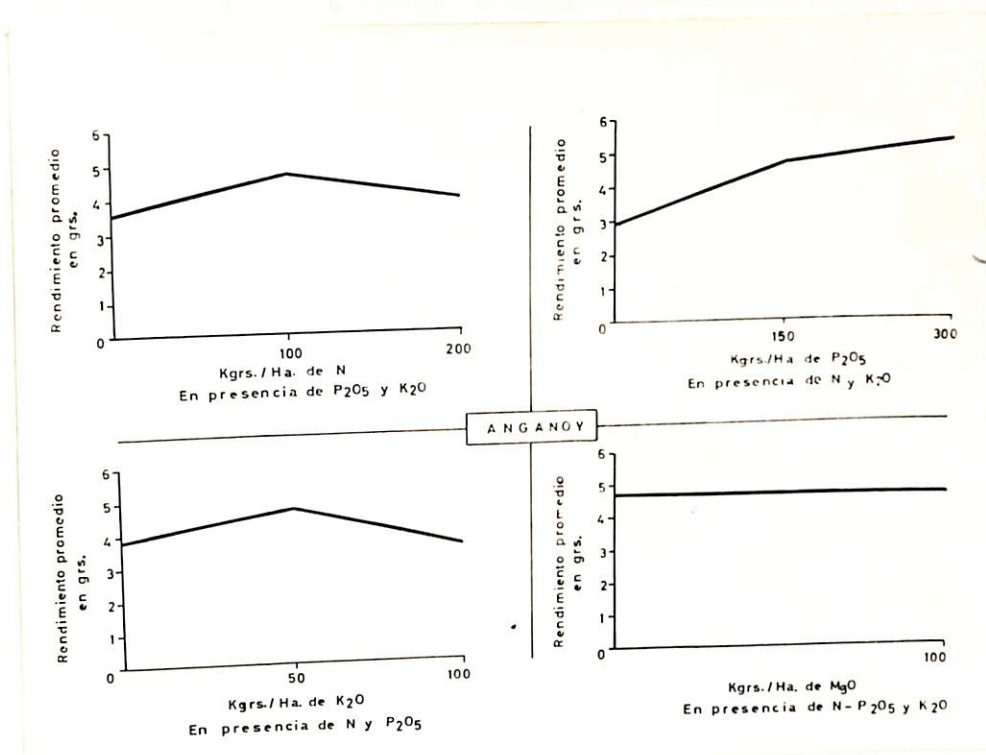


Figura No. 8.

Gráficas que muestran la respuesta del suelo de Anganoy, a la aplicación de distintos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

- Nitrógeno en presencia de 100 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Fósforo en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Potasio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P₂O₅.
- Magnesio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N, 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Foto: Alberto Puertas.

na cantidad satisfactoria en este suelo. Lo anterior lo confirman la respuesta altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$; el aumento no significativo entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$; la disminución en el rendimiento, que no fué significativa pero si considerable, entre los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_2$, $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_2$.

El efecto del potasio en este suelo, es benéfico a dosis iguales o inferiores a los 50 Kgs./Ha. de K_2O , y depresivo a dosis superiores, tal como se puede apreciar en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ (82,02%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_1 K_2$ (73,79%). Estas respuestas sugieren que con aplicaciones comerciales inferiores a los 50 Kgs./Ha. de K_2O , el suelo puede dar un rendimiento satisfactorio, no así a dosis superiores.

En la figura 8 se puede observar que el rendimiento sube a dosis inferiores a los 50 Kgs./Ha. y decrece entre los 50 y 100 Kgs./Ha. de K_2O , en presencia de 100 Kgs./Ha. de N 150 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

Magnesio. Pese a que el análisis químico mostró un contenido bajo de magnesio, el rendimiento disminuyó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1 Mg$, correspondiendo al tratamiento completo (100,00%) una producción relativa superior a la del completo más magnesio (98,28%). Esta pequeña respuesta depresiva se puede deber a una posible abundancia del ión NH_4^+ en el suelo, el cuál inhibe la acción del magnesio.

Sería conveniente realizar un ensayo utilizando dosis superiores de este elemento, para valorar su verdadera influencia en el rendimiento del suelo.

La figura 8 muestra cómo la curva de rendimiento baja

TABLA XI. Resultado promedio del análisis químico de las cuatro muestras correspondientes al suelo de Cujacal.

pH electrométrico	5,86
Nitrógeno total, por ciento	0,39
Carbono orgánico, por ciento	3,54
Materia orgánica, por ciento	6,10
Relación carbono-nitrógeno	9,08
Fósforo aprovechable p.p.m.	7,49
NH ₄ adsorbido, m.e./100 grs.	24,12
Calcio de cambio, m.e./100 grs.	18,90
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.	4,24
Potasio de cambio, m.e./100 grs.	0,56
Sodio de cambio, m.e./100 grs.	0,29
Bases totales, m.e./100 grs.	23,99
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.	0,13
Saturación total catiónica, por ciento	99,46

Con los datos anteriores y de acuerdo a las tablas de fertilidad, se evaluó este suelo con una fertilidad moderada.

C2.- Resultados de invernadero.

En la Tabla XII se aprecian los rendimientos promedios, expresados como peso seco en gramos y rendimiento relativo, obtenidos con la aplicación de los distintos tratamientos a este suelo y para los cuales hubo una respuesta significativa con probabilidades del 99%.

1.- Respuesta al nitrógeno:

1a.- Hubo respuesta altamente significativa entre el testigo y el $N_0 P_1 K_1$.

1b.- La planta indicadora aumentó su rendimiento en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.

1c.- Se presentó una respuesta muy altamente significativa entre el $N_0 P_1 K_1$ y el $N_2 P_1 K_1$.

1d.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.

Entre los tratamientos testigo, completo y doble nitrógeno, se presentó una apreciable diferencia en el crecimiento de la planta indicadora, debido al efecto del nitrógeno, como puede verse en la figura 9.

2.- Respuesta al fósforo:

2a.- No hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_0 K_1$.

TABLA XII. Resultado promedio de las cuatro repeticiones correspondientes a cada uno de los diez tratamientos aplicados al suelo de Cujacal, en ensayo de invernadero.

No.	Tratamientos	Peso seco en gramos	Rendimiento relativo (%)
1	N ₀ P ₀ K ₀	0,414	19,75
2	N ₀ P ₁ K ₁	0,768	36,64
3	N ₁ P ₁ K ₁	2,096	100,00
4	N ₂ P ₁ K ₁	2,589	123,52
5	N ₁ P ₀ K ₁	0,204	9,73
6	N ₁ P ₂ K ₁	3,801	181,35
7	N ₁ P ₁ K ₀	1,877	89,55
8	N ₁ P ₁ K ₂	1,747	83,35
9	N ₁ P ₁ K ₁ Mg	2,252	107,44
10	N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	0,900	42,94

L. S. D. para promedios 0,05 = 0,2428
 0,01 = 0,3278
 0,001 = 0,4365

2b.- La planta indicadora aumentó su rendimiento en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.

2c.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.

2d.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.

Nótese en la figura 10 la influencia del fósforo, con la diferencia de crecimiento que se presentó en la planta indicadora, entre los tratamientos testigo, sin fósforo, completo y doble fósforo.

3.- Respuesta al potasio:

3a.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$.

3b.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$.

3c.- Se presentó una respuesta depresiva no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_2$.

3d.- El rendimiento de la lechuga romana disminuyó en forma altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_2$.

En la figura 9 se puede apreciar que el efecto del potasio es benéfico en dosis hasta de 50 Kgs./Ha. y depresivo a dosis superiores.

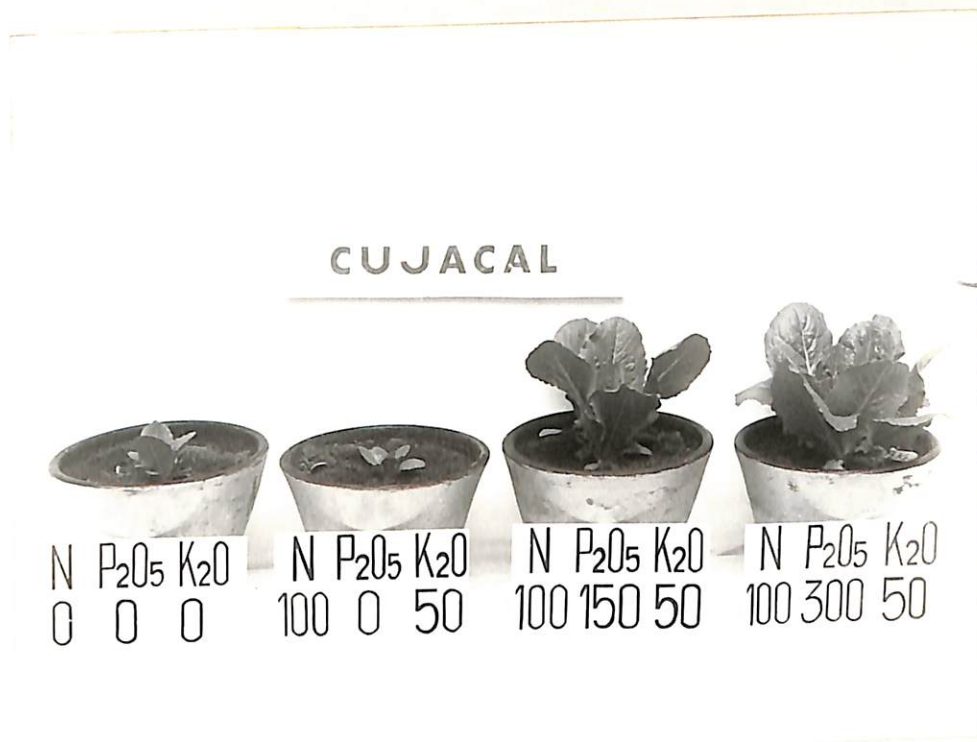


Figura Nº 10.

Suelo de Cujacal. Respuesta a la aplicación de diferentes dosis de fósforo. Obsérvese que el crecimiento de la planta indicadora, fué menor en el tratamiento sin fósforo y mayor en el tratamiento con doble fósforo.

Foto: Alberto Puertas.

4.- Respuesta al magnesio:

- 4a.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó en forma muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1$.
- 4b.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg$.
- 4c.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1 Mg$.

Nótese en la figura 9, el pequeño aumento en el crecimiento de la planta indicadora cuando se agregó al tratamiento completo 100 Kgs./Ha. de MgO .

5.- Respuesta a elementos menores:

- 5a.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.
- 5b.- El rendimiento de la planta indicadora disminuyó en forma muy altamente significativa entre el $N_1 P_1 K_1 Mg$ y el $N_1 P_1 K_1 Mg EM$.

La mayor respuesta de este suelo a la aplicación de nutrientes, correspondió al fósforo. El tratamiento que mayor rendimiento dió fué el $N_1 P_2 K_1$, que presentó una respuesta muy altamente significativa en relación con el testigo; le siguen en su orden los tratamientos: $N_2 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_1 Mg$, $N_1 P_1 K_1$, $N_1 P_1 K_0$, $N_1 P_1 K_2$, $N_1 P_1 K_1 Mg EM$, $N_0 P_1 K_1$, $N_0 P_0 K_0$ y $N_1 P_0 K_1$.

C₃.- Discusión:

La deficiencia de uno o más macronutrientes en este

suelo, se aprecia con la respuesta muy altamente significativa que se presentó entre el testigo y el tratamiento completo.

Nitrógeno. El análisis químico registró un contenido muy alto de nitrógeno total, pero dada la magnífica respuesta que hubo a la adición de nitrógeno, parece que en este suelo es baja la cantidad de este elemento en forma aprovechable por las plantas. El aumento altamente significativo que se presentó entre el testigo y el $N_0 P_1 K_1$, probablemente se debió a la influencia del fósforo. Por haber aumentado el rendimiento en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$; $N_0 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$; y, $N_1 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$, se deduce que el nitrógeno es un factor limitante en la fertilidad de este suelo.

La notable respuesta del suelo a la aplicación de este elemento, se puede apreciar en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_0 P_1 K_1$ (36,64%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_2 P_1 K_1$ (123,52%). Esto hace pensar en la posibilidad de que el suelo responda mejor a aplicaciones comerciales de este elemento en dosis superiores a 200 Kgs./Ha.

En la figura 11, muéstrase la dirección que tomó la curva de rendimiento cuando se aplicó al suelo dosis de 0, 100 y 200 Kgs./Ha. de N en presencia de 150 Kgs./Ha. de P_{2O_5} y de 50 Kgs./Ha. de K_2O .

Fósforo. El contenido muy bajo de fósforo aprovechable que mostró el análisis químico, como la magnífica respuesta que dió este suelo a la aplicación de dicho elemento y la disminución que se presentó en el rendimiento del $N_1 P_0 K_1$ en relación con el testigo, indican que el fósforo es un factor muy limitante en la fertilidad del suelo del Cuajal. Lo anterior se confirma al aumentar el rendimiento

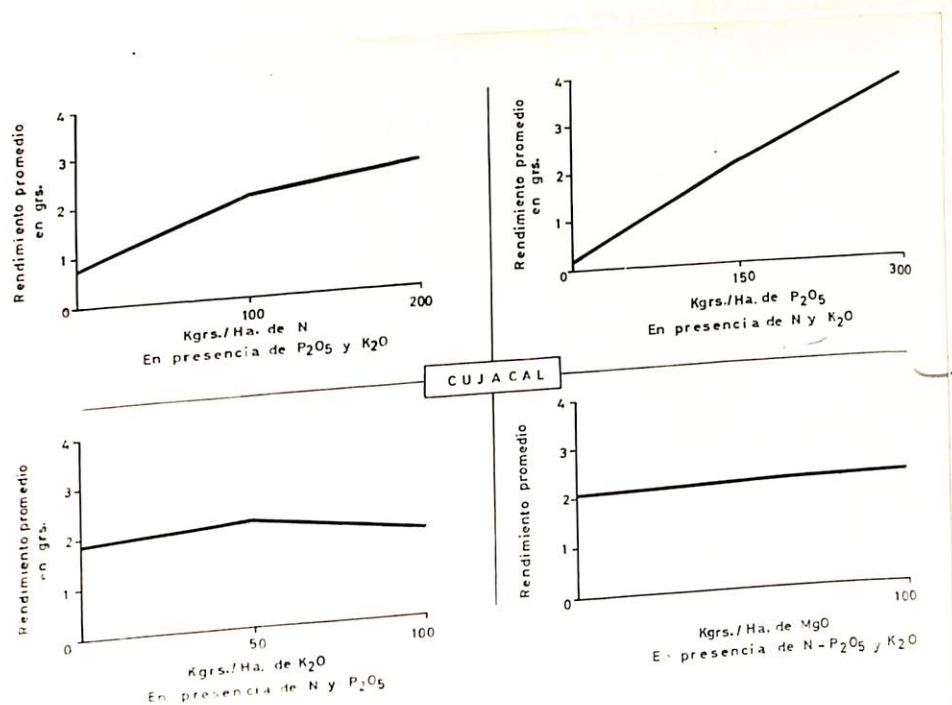


Figura No 11.

Representación gráfica de la respuesta del suelo de Cujacal, a la adición de diferentes niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

- Nitrógeno en presencia de 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Fósforo en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Potasio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P₂O₅.
- Magnesio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N, 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Foto: Alberto Puertas.

en forma muy altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$; $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$; y, $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.

La gran influencia del fósforo en la fertilidad de este suelo, se mostró al aumentar marcadamente el rendimiento relativo entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ (9,73%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_2 K_1$ (181,35%). Esto sugiere que este suelo puede responder satisfactoriamente a aplicaciones comerciales superiores a los 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

La magnífica respuesta de este suelo a la aplicación - de 0, 150 y 300 kgs./Ha. de P_2O_5 en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K_2O , se aprecia en la figura 11.

Potasio. Parece que en este suelo la cantidad de potasio asimilable por las plantas es suficiente, debido a la escasa respuesta que se presentó a la aplicación de este elemento, y al contenido muy alto de potasio de cambio registrado por el análisis químico. Esto se demuestra por la respuesta muy altamente significativa que hubo entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$; por aumentar el rendimiento en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$; por disminuir el rendimiento en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_2$, y altamente significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_2$.

Los efectos benéfico y depresivo a la aplicación de diferentes dosis de potasio a este suelo, se observó en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ (89,55%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_1 K_2$ (83,35%). Esto hace pensar que aplicaciones comerciales inferiores a los 50 Kgs./Ha. de K_2O , son suficientes para mantener el equilibrio de este elemento en el suelo, pero que dosis superiores pueden afectar el rendimiento.

TABLA XIII. Resultado promedio del análisis químico de las cuatro muestras correspondientes al suelo de La Laguna.

pH electrométrico		6,30
Nitrógeno total, por ciento		0,54
Carbono orgánico, por ciento		5,90
Materia orgánica, por ciento		10,18
Relación carbono-nitrógeno		10,93
Fósforo aprovechable, p.p.m.		2,18
NH ₄ adsorbido, m.e./100 grs.		27,84
Calcio de cambio, m.e./100 grs.		30,59
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.		7,90
Potasio de cambio, m.e./100 grs.		0,96
Sodio de cambio, m.e./100 grs.		0,38
Bases totales, m.e./100 grs.		39,83
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.		-11,99
Saturación total catiónica, por ciento		130,21

expresados como peso seco en gramos y rendimiento relativo, obtenidos con la aplicación de los distintos tratamientos a este suelo, y para los cuales hubo una respuesta significativa con probabilidades del 99%.

1.- Respuesta al nitrógeno:

1a.- Hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_0 P_1 K_1$.

1b.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó significativamente entre el $N_0 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1$.

1c.- Hubo respuesta significativa entre $N_0 P_1 K_1$ y $N_2 P_1 K_1$.

1d.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_2 P_1 K_1$.

En la figura 12 nótese el efecto del nitrógeno en el crecimiento de la planta indicadora, con los tratamientos testigo, completo y doble nitrógeno.

2.- Respuesta al fósforo:

2a.- No hubo respuesta significativa entre el testigo y el $N_1 P_0 K_1$.

2b.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma altamente significativa entre los tratamientos $N_1 P_0 K_1$ y $N_1 P_1 K_1$.

2c.- Hubo una respuesta muy altamente significativa entre el $N_1 P_0 K_1$ y el $N_1 P_2 K_1$.

2d.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó significativamente entre los tratamientos

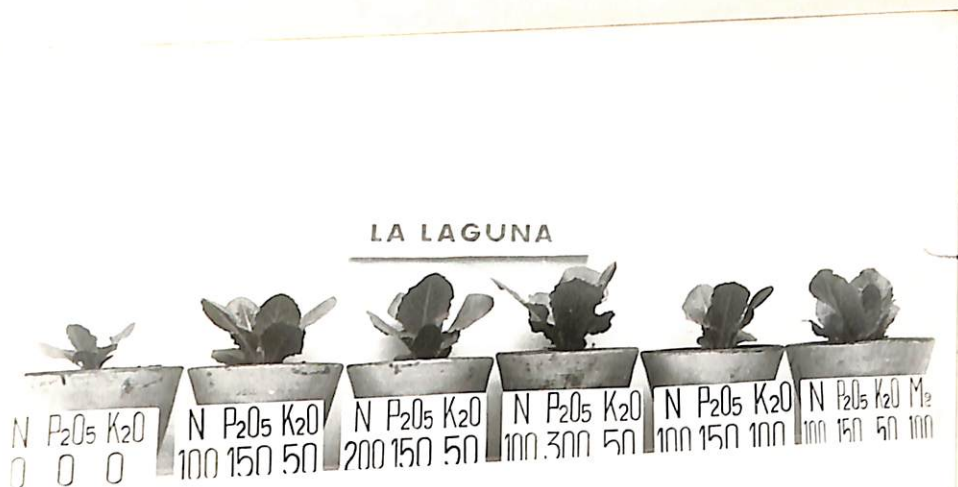


Figura No 12.

Respuesta a la adición de diferentes niveles de nutrientes al suelo de La Laguna. Nótese el desarrollo de la lechuga romana en los tratamientos doble nitrógeno, doble fósforo, doble potasio y completo más magnesio, con relación al completo y al testigo.

Foto: Alberto Puertas.

$N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_2 K_1$.

La figura 13, muestra la notable influencia del fósforo en el crecimiento de la planta indicadora, con los tratamientos testigo, sin fósforo, completo y doble fósforo.

3.- Respuesta al potasio:

3a.- Hubo respuesta altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$.

3b.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_1$.

3c.- No hubo respuesta significativa entre el tratamiento $N_1 P_1 K_0$ y el $N_1 P_1 K_2$.

3d.- El rendimiento de la planta indicadora disminuyó en forma no significativa entre el tratamiento $N_1 P_1 K_1$ y $N_1 P_1 K_2$.

Nótese en la figura 12 que el crecimiento de la lechuga romana fué mayor en el tratamiento completo que en el doble potasio.

4.- Respuesta al magnesio:

4a.- El rendimiento de la planta indicadora aumentó en forma muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1$.

4b.- Hubo respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el $N_1 P_1 K_1 Mg$.

4c.- El rendimiento de la lechuga romana aumentó en forma no significativa entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_1 Mg$.



Figura Nº 13.

Respuesta a la aplicación de fósforo en presencia de nitrógeno y potasio, al suelo de La Laguna. Obsérvese que el crecimiento de la lechuga romana es mayor en el tratamiento con doble fósforo, y que el del sin fósforo con relación al testigo no difiere mucho.

Foto: Alberto Puertas.

En la figura 12 se aprecia el aumento en el crecimiento de la planta indicadora cuando se agregó al completo, magnesio.

5.- Respuesta a elementos menores:

5a.- Hubo respuesta significativa entre el testigo y el N₁ P₁ K₁ Mg EM.

5b.- Se presentó una respuesta depresiva, no significativa, entre los tratamientos N₁ P₁ K₁ Mg y N₁ P₁ K₁ Mg EM.

La mayor respuesta de este suelo a la aplicación de nutrientes, correspondió al fósforo. El tratamiento que mayor rendimiento dió fué el N₁ P₂ K₁, que presentó una respuesta muy altamente significativa en relación con el testigo. Le siguen en su orden los tratamientos: N₂ P₁ K₁, N₁ P₁ K₁ Mg, N₁ P₁ K₁, N₁ P₁ K₂, N₁ P₁ K₀, N₁ P₁ K₁ Mg EM, N₀ P₁ K₁, N₁ P₀ K₁ y N₀ P₀ K₀.

D3.- Discusión:

La pobreza de este suelo en uno o más macroelementos, se determinó al presentarse una respuesta muy altamente significativa entre el testigo y el tratamiento completo.

Nitrógeno. Aunque el análisis químico registró un contenido muy alto de nitrógeno total, parece que la cantidad de este elemento en forma aprovechable por las plantas es baja, debido a la respuesta que dió este suelo a su aplicación. El aumento significativo que hubo en el rendimiento entre el testigo y el N₀ P₁ K₁, se puede deber al fósforo. El efecto del nitrógeno se manifestó en la respuesta significativa que hubo entre los tratamientos N₀ P₁ K₁ y N₁ P₁ K₁; N₀ P₁ K₁ y N₂ P₁ K₁; y por el aumento aunque no significativo entre N₁ P₁ K₁ y N₂ P₁ K₁.

La influencia del nitrógeno en la fertilidad de este suelo, se puede observar en el rendimiento relativo de los tratamientos NO P1 K1 (64,71%), N1 P1 K1 (100,00%) y N2 P1 K1 (106,02%). Esto sugiere que el suelo puede responder de una manera satisfactoria a aplicaciones comerciales de 200 Kgs./Ha. de N.

La figura 14 muestra la dirección que tomó la curva de rendimiento cuando se aplicó al suelo 0, 100 y 200 Kgs./Ha. de N, en presencia de 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Fósforo. El contenido muy bajo de fósforo aprovechable registrado por el análisis químico, y la magnífica respuesta que se obtuvo a la aplicación de este elemento, sugieren que el fósforo es un factor muy limitante en la fertilidad de este suelo. Esto se confirma al no presentarse un aumento significativo en el rendimiento de la planta indicadora entre el testigo y el N1 P0 K1; al presentarse una respuesta altamente significativa entre el N1 P0 K1 y el N1 P1 K1; muy altamente significativa entre el N1 P0 K1 y el N1 P2 K1; y, significativa entre el N1 P1 K1 y el N1 P2 K1.

La notoria respuesta del suelo a la aplicación de este elemento, se pudo apreciar en el rendimiento relativo de los tratamientos N1 P0 K1 (46,70%), N1 P1 K1 (100,00%) y N1 P2 K1 (136,03%). Esto sugiere que el suelo puede dar una mayor respuesta a dosis superiores a los 300 Kgs./Ha. de P₂O₅.

En la figura 14 se aprecia la gran influencia del fósforo en el rendimiento de este suelo, cuando se aplicó 0, 150 y 300 Kgs./Ha. de P₂O₅ en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

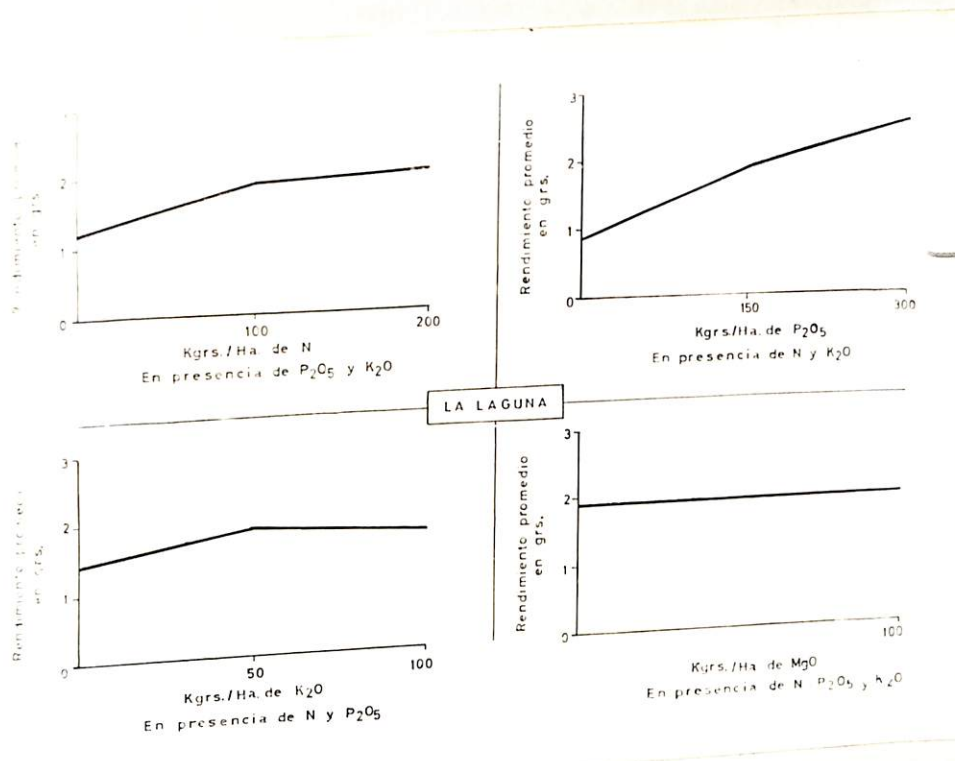


Figura No 14.

Respuesta del suelo de La Laguna, representada en gráficos, a la aplicación de distintos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

- Nitrógeno en presencia de 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Fósforo en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 50 Kgs./Ha. de K₂O.
- Potasio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P₂O₅.
- Magnesio en presencia de 100 Kgs./Ha. de N, 150 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O.

Foto: Alberto Puertas.

Potasio. Parece que la cantidad de potasio asimilable por las plantas, es suficiente en este suelo, debido a que no se presentó una respuesta satisfactoria a la aplicación de distintos niveles de K_2O , y al contenido muy alto de potasio de cambio registrado por el análisis químico. La respuesta altamente significativa que se presentó entre el testigo y el $N_1 P_1 K_0$, se debió a los efectos del nitrógeno y del fósforo. La influencia del potasio en el rendimiento de este suelo, se aprecia en la respuesta no significativa que hubo entre los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_1$; $N_1 P_1 K_0$ y $N_1 P_1 K_2$; y en la disminución no significativa pero sí notoria que se presentó entre el $N_1 P_1 K_1$ y el $N_1 P_1 K_2$.

El efecto que causó la aplicación de potasio a este suelo, se puede ver en el rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_1 K_0$ (77,50%), $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_1 K_2$ (92,08%). Esto sugiere que el suelo puede requerir de aplicaciones comerciales iguales o inferiores a los 50 Kgs./Ha. de K_2O , para suministrar adecuadamente las cantidades requeridas por los cultivos.

En la figura 14, la curva de rendimiento muestra el efecto benéfico de este elemento, entre los niveles 0 y 50 Kgs./Ha. de K_2O , y su efecto depresivo entre los niveles 50 y 100 Kgs./Ha. de K_2O , en presencia de 100 Kgs./Ha. de N y 150 Kgs./Ha. de P_2O_5 .

Magnesio. A pesar de que el análisis químico dió un contenido alto de magnesio, se presentó un aumento no significativo en el rendimiento de este suelo.

El rendimiento relativo de los tratamientos $N_1 P_1 K_1$ (100,00%) y $N_1 P_1 K_1 Mg$ (101,06%), muestra el efecto que causó la adición de magnesio en este suelo. Esto sugiere

que la aplicación de este elemento en dosis iguales o superiores puede aumentar el rendimiento de este suelo.

En la figura 14 se puede apreciar la dirección que tomó la curva de rendimiento, cuando se agregó a este suelo, la dosis de 100 Kgs./Ha. de MgO, en presencia del tratamiento completo.

Elementos menores. Como el rendimiento relativo disminuyó notablemente entre los tratamientos N₁ P₁ K₁ Mg (101,06%) y N₁ P₁ K₁ Mg EM (73,06%), se supone que uno o más de los elementos menores utilizados en el ensayo, se encuentran en cantidades satisfactorias en este suelo, y que su adición puede causar toxicidad en las plantas y mermar su rendimiento.

Interacción N : P- Con el rendimiento relativo de los tratamientos testigo (29,53%), N₁ P₁ K₁ (77,50%), N₁ P₁ K₁ (46,70%) y N₁ P₁ K₁ (64,71%), se puede apreciar que cuando se aplicó nitrógeno y fósforo juntos, el rendimiento de la planta indicadora aumentó notoriamente. Lo anterior y las magníficas respuestas que se presentaron a la adición del nitrógeno y fósforo, hacen pensar en la posibilidad de un mayor rendimiento del suelo al adicionarle 200 Kgs./Ha. de N y 300 Kgs./Ha. de P₂O₅, en presencia de cantidades iguales o inferiores a los 50 Kgs./Ha. de K₂O.

E.- DISCUSION COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS EN LOS CUATRO SUELOS ESTUDIADOS.

Todos los suelos estudiados presentaron una respuesta significativa entre el testigo y el completo, lo cual hace pensar en la deficiencia de nutrientes.

A pesar de que el análisis químico registró un contenido muy alto de nitrógeno total en dichos suelos, éstos respondieron a la adición de este elemento, así: en los suelos de Cujacal, La Laguna y Catambuco, la lechuga romana aumentó considerablemente el rendimiento cuando se aplicó nitrógeno en las dosis de 100 y 200 Kgs./Ha.; sin embargo, el suelo de Anganoy dió una respuesta apreciable a la adición de 100 Kgs./Ha. y bajó su rendimiento entre la dosis anterior y los 200 Kgs./Ha. de N. Esto sugiere que los suelos de Catambuco, La Laguna y Cujacal, pueden requerir dosis de 200 Kgs./Ha. de este elemento, no así el suelo de Anganoy, que puede necesitar de dosis iguales o inferiores a los 100 Kgs./Ha. para asegurar un suministro adecuado a los cultivos.

En cuanto al fósforo, los análisis de laboratorio dieron un contenido muy bajo de este elemento en forma aprovechable, por lo cual los cuatro suelos presentaron una respuesta significativa cuando se agregaron 150 y 300 Kgs./Ha. de P_2O_5 . Cabe anotar que la mayor respuesta de estos suelos a la aplicación de nutrientes correspondió al fósforo, por lo cual se puede esperar en el campo, mejores rendimientos al aplicar dosis iguales o mayores a los 300 Kgs./Ha.

En lo referente al potasio no se puede decir lo mismo puesto que todos los suelos presentaron una regular respuesta a la adición de 50 Kgs./Ha. de K_2O , pero los rendimientos bajaron cuando la dosis agregada al suelo fué de 100 Kgs./Ha.. Esto sugiere, que los suelos estudiados requieren de fertilizaciones comerciales de este elemento, en dosis medianas (25 a 50 Kgs./Ha. de K_2O).

El contenido de magnesio registrado por los análisis químicos, fue bajo para el suelo de Anganoy; medio para los suelos de Catambuco y Cujacal; alto para el suelo de

La Laguna. Sin embargo, los tres últimos suelos presentaron un pequeño aumento en el rendimiento de la lechuga romana cuando se aplicó al suelo 100 Kgs./Ha. de magnesio, no así en el suelo de Anganoy donde se presentó una leve disminución, debido posiblemente a una abundancia del ión NH_4^+ , que inhibe la acción de este elemento.

Sería interesante hacer un ensayo con dosificaciones mayores para tratar de balancear la relación calcio-magnesio, para ver cómo responden estos suelos.

La incorporación de elementos menores a estos suelos, produjo merma en el rendimiento, lo cual hace pensar que uno o más de los microelementos utilizados en el ensayo, se encuentran en cantidades satisfactorias, y que al sobre-pasar el contenido requerido puede causar una toxicidad en las plantas, y por lo tanto disminuir su rendimiento. Por medio de un ensayo sería interesante determinar los elementos menores que necesitan ser aplicados al suelo y los que se encuentran en contenido satisfactorio.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en el invernadero y análisis químico de los suelos estudiados, con el objeto de conocer su fertilidad, se ha llegado a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

A.- Conclusiones:

1º.- El suelo de Anganoy tiene una fertilidad moderada y fué el que mayor rendimiento dió entre los estudiados. Es muy deficiente en fósforo y magnesio aprovechables. Respondió muy bien a la aplicación de 100 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P₂O₅ y 50 Kgs./Ha. de K₂O, pero su rendimiento disminuyó con dosis superiores de nitrógeno y potasio. Dió una respuesta depresiva a la adición de 100 Kgs./Ha. de MgO. Cuando se agregó elementos menores su rendimiento bajó notablemente.

2º.- El suelo de Catambuco tiene una fertilidad moderada y ocupó el segundo lugar en cuanto a rendimiento. Es bastante deficiente en nitrógeno y fósforo aprovechables, y medianamente pobre en magnesio. Dió una buena respuesta a la adición de 200 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P₂O₅, 50 Kgs./Ha. de K₂O y 100 Kgs./Ha. de MgO. Su rendimiento disminuyó con dosis superiores de potasio. Dió una respuesta depresiva a la aplicación de elementos menores.

3º.- El suelo de Cujacal tiene una fertilidad baja. Es muy pobre en nitrógeno y fósforo aprovechables, y medianamente pobre en magnesio. Respondió a la adición de 200 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P₂O₅, 50 Kgs./Ha. de K₂O y 100 Kgs./Ha. de MgO. Su rendimiento disminuyó notablemente con dosis superiores de potasio. Dió una respuesta depresiva a la aplicación de elementos menores.

49.- El suelo de La Laguna tiene una fertilidad baja y fué el que menor rendimiento dió entre los suelos estudiados. Es bastante deficiente en nitrógeno y fósforo aprovechables. Respondió a la adición de 200 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P₂O₅, 50 Kgs./Ha. de K₂O y 100 Kgs./Ha. de MgO. Con dosis superiores de potasio, su rendimiento disminuyó notablemente. Presentó una respuesta depresiva a la aplicación de elementos menores.

50.- El contenido de calcio de cambio fué muy alto en los suelos de Catambuco (18,72 m.e./100 grs.), Cujacal (18,90 m.e./100 grs.) y La Laguna (30,59 m.e./100 grs.). El contenido de magnesio de cambio fué bajo para el suelo de Anganoy (1,82 m.e./100 grs.), medio para los suelos de Catambuco (4,60 m.e./100 grs.) y Cujacal (4,24 m.e./100 grs.), y alto para el suelo de La Laguna (7,90 m.e./100 grs.).

60.- En términos generales se puede decir que los cuatro suelos estudiados, correspondientes al altiplano de Pasto, tienen un pH ligeramente ácido, una capacidad de cambio alta, y son ricos en materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y potasio de cambio.

B.- Recomendaciones:

10.- Los resultados de invernadero sirven para establecer niveles intermedios de 200 Kgs./Ha. de N, 300 Kgs./Ha. de P₂O₅, y 50 Kgs./Ha. de K₂O, al rededor de los cuales se debe investigar en el campo, para establecer los niveles óptimos de fertilización en los suelos estudiados, pero teniendo en cuenta que el suelo de Anganoy dió una respuesta depresiva a la adición de 200 Kgs./Ha. de N.

2º.- Sería conveniente realizar en condiciones de invernadero y de campo, un ensayo utilizando dosis superiores a los 100 Kgs./Ha. de MgO, para determinar el nivel óptimo requerido por estos suelos.

3º.- Se recomienda experimentar en condiciones de invernadero y de campo, una fertilización con los microelementos empleados en este ensayo, pero utilizándose diferentes niveles y tratando al suelo con cada uno de éstos por separado, para determinar cuales necesitan los suelos y en qué dosis.

4º.- En el suelo de Anganoy se recomienda hacer un estudio investigativo, para determinar las formas del nitrógeno predominantes en él.

5º.- En el suelo de La Laguna se recomienda hacer un estudio patológico, para determinar ampliamente la situación con respecto al nemátodo.

VI. RESUMEN

Se estudió bajo condiciones de invernadero, la fertilidad de cuatro suelos del Altiplano de Pasto (Nariño, Colombia). Se siguió el método de Jenny con algunas modificaciones y se utilizó la lechuga romana como planta indicadora.

Se emplearon diez tratamientos con cuatro repeticiones. Para el nitrógeno, fósforo y potasio se utilizaron tres niveles, y dos para el magnesio y los elementos menores.

Para todos los tratamientos, los nutrientes se aplicaron en solución.

Los experimentos fueron diseñados en forma de bloques al azar y el cálculo de los rendimientos se efectuó con los métodos del "Análisis de la Varianza" y del "Rendimiento relativo".

Se encontró que la fertilidad de los suelos de Catambuco y Anganoy, es moderada, y la de Cujacal y La Laguna, es baja. El mayor rendimiento lo dió el suelo de Anganoy y el menor el suelo de La Laguna.

Todos los suelos estudiados demostraron deficiencia en fósforo asimilable.

Los suelos de Catambuco, Cujacal y La Laguna, respondieron muy bien a la aplicación de dosis altas de nitrógeno, no así el de Anganoy que dió una regular respuesta a dosis medias y depresiva a dosis altas.

En los cuatro suelos estudiados se observó una respuesta a la aplicación de 50 Kgs./Ha. de K_2O , pero dosis superiores produjeron una disminución en el rendimiento.

En los suelos de Catambuco, Cujacal y La Laguna, aumentó el rendimiento cuando se agregó magnesio al tratamiento completo, mientras que en el suelo de Anganoy disminuyó.

Cuando se agregaron los elementos menores, en presencia del completo más magnesio, en todos los suelos estudiados disminuyó notoriamente el rendimiento.

RESUME

ETUDE DE FERTILITE AU SERRE DE QUELQUES SOLS
DU PLATEAU DE PASTO - NARIÑO - COLOMBIA

Par

Carlos F. Revelo David y Manuel A. Revelo David

L'étude a été faite dans des conditions de serre pour déterminer la fertilité de 4 types de sols du plateau de Pasto (Nariño, Colombie, Amérique du sud). La méthode suivie fut la de Jenny après y avoir apporté quelque modifications. La plante indicatrice choisie fut la laitue romaine. 10 expériences ont été faites avec 4 répétitions. Trois niveaux furent utilisés pour le nitrogène, le phosphore et la potasse et deux pour le magnésium et les éléments mineurs.

Les éléments utilisés à toutes les expériences furent en forme liquide.

Le plan des expériences a été en forme de groupes au hasard et le calcul des résultats fut réalisé en base des méthodes: "L'analyse de la Variation" et de la "Rendement Relative".

Les sols de Catambuco et Anganoy y resulterent d'une fertilité modérée, ceux de Cujacal et de La Laguna sont basses. Le meilleur résultat fut celui de Anganoy et le plus bas celui de La Laguna.

Tous les sols resulterent avec une déficience de phosphore assimilable.

Les sols de Catambuco, Cujacal et La Laguna, donnerent de tres bas resultats a l'utilisation de fortes doses de nitrogene, contrairement a celui de Anganoy qui donna une reaction relative aux doses moyeunes et depressives aux fortes doses.

2. Un resultat positif fut notés dans les 4 sols étudiés à l'usage de 50 kilos de potasse por héctare, mais des doses superieures donnerent une disminution de rendement.

Le rendement augmenta dans les sols de Catambuco, Cujacal et La Laguna, avec un surplus de magnesium au traitement complet, pourtant le sol de Anganoy a souffert une baisse.

Le rendement diminua notablement dans tous les sols étudiés quand on ajouta les éléments mineurs au total -- plus le magnesium.

- 115 -

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALVIM, P. Nutrición mineral de las plantas. Medellín. Fac. Nal. de Agron. pp 12. 1954. (copias mimeografiadas).
- 2.- ARISTIZABAL, G. A. Estudio de la fertilidad de los suelos de la Granja Experimental de Palmira. Notas Agronómicas. (Palmira). 7:1-13 1954.
- 3.- BAIRD, G.B. et al. The fertility of soils in important agricultural areas of Colombia. Soil Sci. proc. (E.U.). 21:405-408. 1957.
- 4.- BEN HAMIN, S. Elementos nutrientes de las plantas. Agric. Trop. (Bogotá). 11 (4):313-318. abr. 1955.
- 5.- BETANCOURT, B. H. Consideraciones sobre el uso de los fertilizantes en Colombia. Agric. Trop. (Bogotá). 16 (1):30-39. 1960.
- 6.- BLASCO, M. L. Fertilidad de los suelos; el Fósforo. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Facultad de Agronomía. 1967. (mimeografiado).
- 7.- _____ Fertilidad de los suelos; el Nitrógeno. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Facultad de Agronomía. 1967. (mimeografiado).
- 8.- BRADLEY, D. B. and SIELING, D. H. Effect of organic anion and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. Soil Sci. (E.U.). 76: 175-179. 1953.

- 9.- BRAY, R. H. Correlation of soils test with crop response to added fertilizer and with fertilizer requirements. *Diag. Tech. for Soils and Crops.* p.53-86. Am. Potash Inst. Washington. 1948.
- 10.- BRAY, R. H. and DICKMAN, S. R. Adsorbed phosphates - in soils and their relation to crop responses. -- *Soil Sci. Soc. Am. proc. (E.U.).* 6:312-320. 1941.
- 11.- BUCKMAN, H. O. and BRADY, N. C. *Naturaleza y propiedades de los suelos; textos de edafología para enseñanza.* Trad. de R. S. Barceló, México, UTEHA, 1960 590p.
- 12.- CASTAÑEDA, O. M. Influencia de algunas labores de nivelación y adición de Nitrógeno sobre la fertilidad de un suelo franco-arcilloso de la serie Estación Palmira. *Acta Agronómica (Palmira, Col.)* 10 (3-4):331-334. jul./dic. 1960.
- 13.- COLOMBIA. Anuario Estadístico del Departamento de Nariño. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Pasto, Imprenta del Depto. -- 1950. p4.
- 14.- _____; Ministerio de Trabajo. Nariño; sus modalidades geográficas, económicas y sociales como factores de planeamiento. Bogotá. División Técnica - de la Seguridad Social Campesina. 1959. 218p.
- 15.- _____; Ministerio de Minas y Petróleos. Ensayos de fertilidad en invernadero sobre algunos suelos del Llano. *En su Bol.* 6-7. 1963. 81p.

- 16.- COLLINGS, G. H. Fertilizantes comerciales, sus fuentes y uso. Traduc. de la 5a. Ed. Barcelona, Salvat. 1958. 710p.
- 17.- COOKE, G. W. Epocas y Métodos de aplicación de fertilizantes. Span (Inglaterra). 5 (2):86-89. 1962.
- 18.- CORREA, V. J. Estudio comparativo de seis series de suelos colombianos bajo condiciones de invernadero. Suelos Ecuatoriales (Bogotá). 1:63-90. 1957.
- 19.- CHAVEZ, RICARDO. Elementos esenciales primarios en el suelo y la planta. Agric. Trop. (Bogotá). 2 (4):47-52. abr. 1953.
- 20.- _____; Elementos esenciales primarios en el suelo y la planta. Agric. Trop. (Bogotá). 2 (5):49-52. may. 1953.
- 21.- _____; Elementos esenciales primarios en el suelo y la planta. Agric. Trop. (Bogotá). 2 (6):29-34. jun. 1953.
- 22.- DAVILA, D. Estado químico de los suelos de la Hoya - alta del río Bogotá. Agric. Trop. (Bogotá). 8 (11):57-60; (12):40-50. 1952.
- 23.- DEAN, L. A. Fixation of soil phosphorus. Advances in Agronomy. (E.U.). 1:139-141. 1949.
- 24.- DROUET PIERRE. La nutrición de la planta y prácticas de la fertilización en Colombia. (Bogotá), Potaba co. s.f. 56p.

- 25.- ESPINAL, L. S. Formaciones Vegetales de Colombia; Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 1963. - 201p.
- 26.- GUDIÉL, V. M. Importancia y efecto de los fertilizantes biológicos. Bol. Agric. Sociedad Antioqueña de Agricultores (Medellín). 562:10693-10697. abr. - 1967.
- 27.- GUEDES, A. H. Respuesta relativa de la Soya y el Frijol a la aplicación de nutrientes en un suelo de la serie "Valle" bajo condiciones de invernadero. Acta Agronómica (Palmira). 10 (3-4):305-329. Jul./dic. 1960.
- 28.- GUERRERO, RAMIRO. Reconocimiento detallado de los suelos de la Granja de Obonuco (Pasto Col.) y de otros municipios del Departamento de Nariño. Informe preliminar. s.f. 26p.
- 29.- HALL, A. D. Estudio científico del suelo: una introducción al estudio del crecimiento de las cosechas. 5a. Ed. Traduc. por José García V. Madrid, Aguilar. 1961. 312p.
- 30.- HARDY, F. La relación: Nitrógeno en los suelos de cacao. Turrialba (San José, Costa Rica). 9 (1):4-11. en./mar. 1959.
- 31.- HERNANDO, V. Y LOSADA, M. Estudio de las formas de fósforo presentes en una serie de suelos. Anales de Edafología. (Madrid). 13:223-250. 1954.

- 32.- INFANTE, J. S. El nitrógeno es el factor clave en el aprovechamiento del fósforo por las plantas. *Revista Nacional de Agricultura*. (Bogotá). No. 622-23. feb. 1957.
- 33.- INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". Departamento Agrológico. *Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos*. 2a. Ed. Bogotá, 1963. 138p.
- 34.- IRUSTA, L. F. y FOTOU, E. A. Estudio de los suelos del municipio de La Ceja (Antioquia). *Fac. Nal. de Agron. (Medellín)*. Informe 22-26. 1955.
- 35.- JACOB, A. y UEXKULL, H. V. *Fertilización; Nutrición y abono de los cultivos Tropicales y Subtropicales*. 2a. Ed. Traduc. de L. López Martínez. Países Bajos. 1964. 626p.
36. JENNY, H. et al. Estudio sobre la fertilidad de ocho suelos colombianos. *Centro Nal. de Investigaciones. Café. Bol. téc. (Chinchiná)*. 1 (9):4-14. 1953.
- 37.- KELLY, J. B. and MIDGLER, A. R. Phosphate fixation: and exchange of phosphate and hidroxyl ions. *Soil Sci. (E.U.)*. 55:167. 1953.
- 38.- LOTERO, C. J. Métodos empleados para determinar el estado de fertilidad de los suelos. *Agric. Trop. (Palmira, Col.)*. 21 (9):518-530. sep. 1965.
- 39.- _____; Formas de fósforo en el suelo, fijación y aprovechabilidad. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 22 (6): 275-284. jun. 1966.

- 40.- MARIN, M. G. Algunas sugerencias sobre el uso de fertilizantes y cal. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 23 (1):61-71. 1967.
- 41.- _____; Algunos aspectos del análisis químico. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 22 (4-8):175-182; 426-432- - abr./ag. 1966.
- 42.- MELA, M. P. El fósforo, la potasa, el azufre, el magnesio, la cal y los oligoelementos del suelo. *Tratado de Edafología y sus distintas aplicaciones*. - Madrid, Dossat. pp. 331-352. 1954.
- 43.- MESA BERNAL, D. El nitrógeno en la vida de las plantas. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 5 (3):13-16. mar. -- 1949.
- 44.- _____; El fósforo, elemento indispensable para la vida vegetal. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 5 (4):11-14. abr. 1949.
- 45.- MILLAR, C. E. Fertilidad del suelo. *Revisión de Valentín Hernando*, Barcelona, Salvat, 1964. 477p.
- 46.- PARRA, J. Fertilidad de la serie de suelos "Chinchiná". *Chinchiná (Col.)*. Centro Nacional de Investigaciones. *Café Bol. Inf.* 3 (27):30-38. 1952.
- 47.- _____; Las chapolas de café en el estudio de los suelos. *Chinchiná*. Centro Nacional de Investigaciones. *Café Bol. Inf.* 4:15-26. 1953.
- 48.- PEECH, M. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington D. C., American potash Institute, 1948. 31p.

- 49.- RODRIGUEZ GUERRERO, I. Geografía Económica y Política de Nariño. Pasto. Edit. Colombiana, 1961. 4Vs.
- 50.- RODRIGUEZ, M. y CORREA, V. J. Investigaciones sobre la fertilidad de los suelos de tres regiones del norte de Colombia. Rev. Fac. Nal. de Agronomía -- (Medellín). 22 (57):46-54. oct. 1962.
- 51.- RODRIGUEZ, M. y LOTERO, J. C. Respuesta de la lechuga "Romana" y alfalfa a fuentes y dosis de fósforo y cal, en un suelo negro orgánico de Antioquia. -- Rev. ICA (Bogotá). 2 (2):135. 1967.
- 52.- ROJAS CRUZ, L. A. Nivel de fertilidad de los suelos de la Sabana de Bogotá. (Bogotá). Laboratorios -- Químico Nacional. Bol. 1:16-54. 1954.
- 53.- SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, S. E. Análisis químico de los suelos; método de laboratorio para diagnosis de fertilidad. 2a. Ed. Bogotá, INRA, -- 1961. p104.
- 54.- SANCHEZ, B. y DIOS, R. Estudio químico de los suelos naturales y agrícolas gallegos y de las relaciones entre su contenido de nutrientes. Anales de la Edafología y Agrobiología. (Madrid). 23 (5-6):390-410. may./jun. 1964.
- 55.- SANCHEZ, P. C. Fertilidad de dos tipos de suelo de las series Gorgona y Estación Palmira. Ensayo en invernadero. Fac. Nal. de Agron. Palmira, Acta Agronómica. 4 (3):143-160. jul. 1954.
- 56.- SILVA, P. J. Fertilidad de dos tipos de suelo de la Granja "El Placer" (Popayán). Agric. Trop. (Bogotá). 18 (15):252-263. may. 1962.

- 57.- SUAREZ DE CASTRO, F. Conservación de suelos. 2a. Ed. Barcelona, Salvat, 1965. 319p.
- 58.- VEGA, V. M. y BAIRD, G. B. Algunos aspectos de la fertilización del trigo en los suelos de la Sabana de Bogotá y Alrededores. D.I.A. (Bogotá). Bol. tec. No. 4. ag. 1959. 35p.
- 59.- VEGA, V. M. y OTROS. Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. 2a. Ed. Bogotá, 1963. 138p. -- Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Publ. IT-6-
- 60.- WIECZOREK, P. A. y BAIRD, G. B. Fertilización de la papa en Nariño. D.I.A. (Bogotá). Bol. de divulgación No. 7. Bogotá D.E., 1959. 20p.
- 61.- ZAPAMA, J. R. Geografía del Departamento de Nariño. República de Colombia. Pasto, Imprenta del Departamento, 1927. 144p.

A P E N D I C E

TABLA I. Resultados de los análisis fisico-químicos de las cuatro muestras correspondientes al suelo de Catambuco.

	695-S	696-S	697-S	698-S
Arenas, por ciento	28,88	31,42	30,42	30,88
Limos, por ciento	41,08	39,54	36,54	39,08
Arcillas, por ciento	30,04	29,04	33,04	30,04
Textura	F.Ar.	F.Ar.	F.Ar.	F.Ar.
Humedad (Pw), por ciento	5,10	6,16	5,33	5,17
pH electrométrico	6,20	6,30	6,00	6,30
Nitrógeno total, por ciento	0,34	0,37	0,35	0,33
Carbono orgánico, por ciento	2,77	2,61	2,40	2,71
Materia orgánica, por ciento	4,77	4,50	4,14	4,67
Relación carbono-nitrógeno	8,15	7,05	6,85	8,21
Fósforo aprovechable, p.p.m.	4,74	2,98	6,09	4,24
NH ₄ ⁺ adsorbido, m.e./100 grs.	22,33	25,61	23,70	21,62
Calcio de cambio, m.e./100 grs.	17,67	21,61	17,82	17,79
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.	4,41	4,67	4,63	4,68
Potasio de cambio, m.e./100 grs.	0,81	0,76	0,50	0,61
Sodio de cambio, m.e./100 grs.	0,17	0,18	0,22	0,19
Bases totales, m.e./100 grs.	23,06	27,22	23,17	23,27
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.	-0,73	-1,61	0,53	-1,65
Saturación total catiónica, por ciento	103,26	105,86	97,76	107,63
Índice de higroscopicidad	1,95	2,20	2,04	2,06

TABLA II. Respuesta de la lechuga romana a la aplicación de nutrientes al suelo de Catambuco en ensayo de invernadero, expresada como peso en gramos.

Tratamientos	Replicaciones				Promedio	Rend. relativo %
	I	II	III	IV		
N ₀ P ₀ K ₀	2,355	1,570	0,795	1,910	1,658	41,66
N ₀ P ₁ K ₁	3,327	3,454	2,149	2,817	2,937	73,79
N ₁ P ₁ K ₁	4,422	4,525	2,610	4,363	3,980	100,00
N ₂ P ₁ K ₁	3,766	3,252	5,337	6,217	4,643	116,66
N ₁ P ₀ K ₁	1,991	2,120	1,576	2,163	1,963	49,32
N ₁ P ₂ K ₁	4,158	4,067	5,565	6,690	5,120	128,64
N ₁ P ₁ K ₀	4,757	3,705	3,743	2,188	3,598	90,40
N ₁ P ₁ K ₂	0,991	4,545	6,245	3,044	3,706	93,12
N ₁ P ₁ K ₁ Mg	4,884	2,493	5,339	3,453	4,042	101,56
N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	2,707	1,954	5,439	2,480	3,145	79,02
Total	33,358	31,685	38,798	35,325		

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	G.L.	S.C.D.	Varianza	Obs	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	9	42,821	4,758	2,961	2,2575	3,1775
Bloques	3	2,805	0,935	0,595	2,2575	3,1775
Residuo interacción	27	43,415	1,607			
Total	39	89,041				

TABLA III. Resultados de los análisis físico-químicos de las cuatro muestras correspondientes al suelo de Anganoy.

	772-S	773-S	774-S	775-S
Arenas, por ciento	36,42	23,88	21,42	25,42
Limos, por ciento	47,00	53,56	59,00	54,00
Arcillas, por ciento	16,58	22,58	19,58	20,58
Textura	F.	F.L.	F.L.	F.L.
Humedad (Pw), por ciento	13,51	11,59	11,91	12,16
pH electrométrico	5,30	5,90	5,70	5,90
Nitrógeno total, por ciento	1,04	0,83	1,05	0,78
Carbono orgánico, por ciento	11,06	8,14	8,56	7,01
Materia orgánica, por ciento	19,06	14,03	14,76	12,08
Relación Carbono-nitrógeno	10,63	9,81	8,15	8,99
Fósforo aprovechable, p.p.m.	6,37	4,70	3,53	3,54
NH ₄ ⁺ adsorbido, m.e./100 grs.	44,15	35,26	39,05	
Calcio de cambio, m.e./100 grs.	6,62	13,53	10,00	19,51
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.	1,66	2,00	1,79	1,79
Potasio de cambio, m.e./100 grs.	0,48	0,75	0,47	0,52
Sodio de cambio, m.e./100 grs.	0,28	0,22	0,19	0,22
Bases totales, m.e./100 grs.	9,04	16,50	12,45	22,04
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.	35,11	18,76	26,60	
Saturación total catiónica, por ciento	20,47	46,79	31,88	
Índice de higroscopicidad	2,33	2,00	2,20	2,01

TABLA IV. Respuesta de la lechuga romana a la aplicación de nutrientes al suelo de Anganoy, en ensayo de invernadero, expresada como peso seco en gramos.

Tratamientos.	Replicaciones				Promedio	Rend. relativo %
	I	II	III	IV		
NOPOKO	1,415	0,618	2,061	1,328	1,356	28,79
NO ₁ P ₁ K ₁	5,534	2,631	3,227	3,053	3,611	76,63
N ₁ P ₁ K ₁	5,814	4,979	3,066	4,988	4,712	100,00
N ₂ P ₁ K ₁	3,565	3,357	4,185	4,645	3,938	83,57
N ₁ P ₀ K ₁	3,328	2,570	3,389	2,545	2,958	62,78
N ₁ P ₂ K ₁	5,274	4,136	3,332	8,456	5,300	112,48
N ₁ P ₁ K ₀	5,122	4,690	2,996	2,653	3,865	82,02
N ₁ P ₁ K ₂	2,308	3,345	3,849	4,406	3,477	73,79
N ₁ P ₁ K ₁ Mg	4,768	5,705	2,576	5,476	4,631	98,28
N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	2,632	2,807	4,874	4,532	3,711	78,76
Total	39,760	34,838	33,555	42,082		

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	G.L.	S.C.D.	Varianza	Obs.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	9	41,018	4,558	3,029	2,2575	3,1775
Bloques	3	4,878	1,626	1,080	2,2575	3,1775
Residuo interacción	27	40,627	1,505			
Total	39	86,523				

TABLA V. Resultados de los análisis físico-químicos de las cuatro muestras correspondientes al suelo de Cujacal.

	691-S	692-S	693-S	694-S
Arenas, por ciento	32,64	31,64	34,88	36,32
Limos, por ciento	46,24	43,24	41,54	40,82
Arcillas, por ciento	21,12	25,12	23,58	22,86
Textura	F.	F.A.R.	F.	F.
Humedad (Pw), por ciento	6,48	10,20	6,80	10,20
pH electrométrico	5,90	6,00	5,75	5,80
Nitrógeno total, por ciento	0,34	0,40	0,39	0,43
Carbono orgánico, por ciento	3,11	3,80	3,12	4,13
Materia orgánica, por ciento	5,36	6,55	5,38	7,12
Relación carbono-nitrógeno	9,15	9,50	8,00	9,60
Fósforo aprovechable, p.p.m.	5,98	12,57	5,62	5,80
NH ₄ ⁺ adsorbido, m.e./100 grs.	21,69	25,35	22,29	27,14
Calcio de cambio, m.e./100 grs.	19,29	19,47	18,12	18,70
Magnesio de cambio, m.e./100 grs.	4,29	4,57	3,93	4,15
Potasio de cambio, m.e./100 grs.	0,52	0,51	0,74	0,45
Sodio de cambio, m.e./100 grs.	0,35	0,34	0,20	0,27
Bases totales, m.e./100 grs.	24,45	24,89	22,99	23,57
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.	-3,16	0,46	-0,70	3,57
Saturación total catiónica, por ciento	112,72	98,18	103,14	86,84
Índice de higroscopicidad	1,98	2,21	2,03	1,78

TABLA VI. Respuesta de la lechuga romana a la aplicación de nutrientes en el suelo de Cujacal, en ensayo de invernadero, expresada como peso seco en gramos.

Tratamientos	Replicaciones				Promedio	Rend. relativo %
	I	II	III	IV		
NOPOKO	0,418	0,445	0,280	0,512	0,414	19,75
NO ₁ P ₁ K ₁	0,684	0,955	0,613	0,815	0,768	36,64
N ₁ P ₁ K ₁	2,125	2,060	2,808	1,992	2,096	100,00
N ₂ P ₁ K ₁	2,667	2,469	3,045	2,174	2,589	123,52
N ₁ POK ₁	0,225	0,149	0,261	0,181	0,204	9,73
N ₁ P ₂ K ₁	3,807	3,770	3,889	3,739	3,801	181,35
N ₁ P ₁ K ₀	1,771	1,845	1,855	2,040	1,877	89,55
N ₁ P ₁ K ₂	1,722	1,528	1,820	1,919	1,747	83,35
N ₁ P ₁ K ₁ Mg	2,197	2,165	2,245	2,402	2,252	107,44
N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	0,615	0,895	1,008	1,082	0,900	42,94
T o t a l	16,231	16,281	17,224	16,856		

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	G.L.	S.C.D.	Varianza	Obs	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	9	44,368	4,930	176,071	2,2575	3,1775
Bloques	3	0,069	0,023	0,821	2,2575	3,1775
Residuo interacción	27	0,756	0,028			
Total	39	45,193				

TABLA VII. Resultados de los análisis fisicoquímico de las cuatro muestras correspondientes al suelo de La Laguna.

	768-S	769-S	770-S	771-S
Arenas, por ciento	30,88	26,88	35,42	38,88
Limos, por ciento	47,00	46,00	40,00	43,54
Arcillas, por ciento	22,12	27,12	24,58	17,58
Textura	F.	F.A.T.	F.	F.
Humedad (Pw), por ciento	7,66	8,19	7,62	9,67
pH electrométrico	5,90	6,30	6,40	6,60
Nitrógeno total, por ciento	0,51	0,54	0,55	0,57
Carbono orgánico, por ciento	5,54	5,95	5,65	6,47
Materia orgánica, por ciento	9,55	10,26	9,74	11,15
Relación carbono-nitrógeno	10,86	11,02	10,27	11,35
Fósforo aprovechable, p.p.m.	2,45	1,13	2,64	2,50
NH ₄ ⁺ adsorbido, m.e./100 grs.	26,16	29,54	25,18	30,49
Calcio de cambio, m.e./100 grs.	28,04	30,77	31,36	32,17
Magnesio de cambio, m.e./100grs.	6,03	7,79	8,18	9,59
Potasio de cambio, m.e./100 grs.	1,65	0,82	0,69	0,66
Sodio de cambio, m.e./100 grs.	0,40	0,22	0,39	0,51
Bases totales, m.e./100 grs.	36,12	39,60	40,62	42,93
Hidrógeno de cambio, m.e./100 grs.	-9,96	-10,06	-15,44	-12,44
Saturación total catiónica, por ciento	138,07	134,05	161,32	140,80
Indice de higroscopicidad	1,36	1,37	1,40	1,47

TABLA VIII. Respuesta de la lechuga romana a la aplicación de nutrientes al suelo de La Laguna en el primer ensayo en invernadero, expresada como peso seco en gramos.

Tratamientos	Replicaciones				Promedio	Rend. relativo %
	I	II	III	IV		
N ₀ P ₀ K ₀	0,579	0,835	1,208	0,870	0,873	53,07
N ₀ P ₁ K ₁	1,861	0,580	0,551	0,489	0,870	52,89
N ₁ P ₁ K ₁	3,032	1,104	1,727	0,716	1,645	100,00
N ₂ P ₁ K ₁	1,408	0,641	1,317	0,522	0,972	59,09
N ₁ P ₀ K ₁	0,622	0,623	1,320	0,669	0,809	49,18
N ₁ P ₂ K ₁	4,936	0,619	2,028	0,282	1,966	119,51
N ₁ P ₁ K ₀	0,341	1,760	0,761	1,421	1,071	65,11
N ₁ P ₁ K ₂	1,206	0,563	4,090	1,137	1,749	106,32
N ₁ P ₁ K ₁ Mg	0,518	1,279	1,305	2,357	1,365	82,98
N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	1,322	0,288	0,217	0,667	0,622	37,81
Total	15,825	8,286	14,524	9,130		

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	G.L.	S.C.D.	Varianza	Obs.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	9	7,539	0,838	0,870	2,2575	3,1775
Bloques	3	4,302	1,434	1,489	2,2575	3,1775
Residuo	27	26,009	0,963			
Interacción	27	37,850				
Total	39					

TABLA IX. Respuesta de la lechuga romana a la aplicación de nutrientes al suelo de La Laguna, - en el segundo ensayo en invernadero, expresada como peso seco en gramos.

Tratamientos	Replicaciones				Promedio	Rend. relativo %
	I	II	III	IV		
NOPOKO	0,530	0,205	0,109	1,390	0,559	29,53
NO ₁ P ₁ K ₁	1,188	1,068	1,582	1,061	1,225	64,71
N ₁ P ₁ K ₁	2,011	1,673	2,420	1,469	1,893	100,00
N ₂ P ₁ K ₁	2,376	1,601	2,181	1,870	2,007	106,02
N ₁ P ₀ K ₁	1,315	0,997	0,948	0,274	0,884	46,70
N ₁ P ₂ K ₁	1,874	2,721	2,417	3,288	2,575	136,03
N ₁ P ₁ K ₀	1,680	1,307	1,258	1,622	1,467	77,50
N ₁ P ₁ K ₂	1,645	1,639	1,985	1,702	1,743	92,08
N ₁ P ₁ K ₁ Mg	1,935	1,566	2,521	1,628	1,913	101,06
N ₁ P ₁ K ₁ Mg EM	0,768	1,646	1,124	1,991	1,383	73,06
Total	15,322	14,423	16,545	16,295		

ANALISIS DE VARIANZA

Fuentes de variación	G.L.	S.C.D.	Varianza	Obs.	F	
					0,05	0,01
Tratamientos	9	12,447	1,383	7,356	2,2575	3,1775
Bloques	3	0,283	0,094	0,500	2,2575	3,1775
Residuo interacción	27	5,081	0,188			
Total	39	17,811				

TABLA X. Tabla utilizada por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" para evaluar la fertilidad de los suelos, de acuerdo con los datos registrados por el análisis químico.

pH	4.0 - 5.0 muy ácido - 5 a 1	5.0 - 5.5 ácido 1 a 5	5.5 - 6.5 lig. ácido 5 a 15	6.5 - 7.5 casi neutro 15	+ 7.5 alcalino 15 a -5
Capacidad de cambio m.e./100 g.	0 - 5 muy baja - 5 a 1	5 - 10 baja 1 a 5	10 - 20 mediana 5 a 10	20 - 30 alta 10 a 20	+ 30 muy alta 20
Bases Totales m.e./100 g.	0 - 1 muy pobre - 5 a 1	1 - 5 pobre 1 a 5	5 - 10 regular 5 a 10	10 - 30 alta 10 a 30	+ 30 muy alta 20
Saturación de bases %	0 - 5 muy baja - 5 a 1	5 - 10 baja 1 a 5	10 - 30 mediana 5 a 10	30 - 60 alta 10 a 20	+ 60 muy alta 20
Carbón orgánico C %	0 - 1.0 muy pobre - 3 a 1	1.0 - 1.5 pobre 1 a 3	1.5 - 2.5 normal 3 a 5	2.5 - 4.0 alto 5	+ 4.0 muy alto 5 a 1
Nitrógeno Total N %	0-0.10 muy pobre - 3 a 1	0.10-0.15 pobre 1 a 3	0.15-0.25 normal 3 a 5	0.25-0.30 alto 5	+ 0.30 muy alto 5 a 3
Fósforo Bray P2O5 Kg/Ha.	0 - 17 muy pobre - 5 a 1	17 - 39 pobre 1 a 5	39 - 113 regular 5 a 15	+ 113 alto 15	+ 113 alto 15
FERTILIDAD	Puntaje S. puntos 10	- 5 a 2	3 a 5	6 a 8	9 10
Aprecia	muy baja	baja	moderada	moderadamente alta	alta

Continuación de la Tabla X.

BASES DE CAMBIO.- Apreciación por sus saturaciones m.e. base x 100
C.C. C.

	<u>Muy pobre</u>	<u>Pobre</u>	<u>Regular</u>	<u>Alto</u>	<u>Muy alto</u>
Calcio					
Ca. Sat. %	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	40
Magnesio					
Mg. Sat. %	0 - 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	20
Potasio					
K. Sat. %	0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 3	3 - 5	5

T
631.3
R451
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 26100

Autor: Carlos Revelo, Manuel Revelo

Título: Estudio de fertilidad en



T
631.3
R451
Ej. 1

26100

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

26100 -

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO