

ESTUDIO DE FERTILIDAD EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE TUQUIERRES

Por

ALFREDO BRAVO NOJAS
PEDRO PABLO BRASO MARVAZ

Tesis de Grado presentada como requisito

parcial para optar al título de

UNIVERSIDAD DE LA PAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PAZ - COLOMBIA

No.	101
Valor	100
Fecha	10-1-74
Doc.	X

Presidencia de tesis
Licencia

JOAQUIN SANCHEZ JIMENEZ I.A., M.Sc.

RICARDO GUERRERO BLANCO I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE LA PAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PAZ - COLOMBIA

Facultad de Ciencias Agrícolas

Paute - Colombia

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO:

ALFREDO BRAVO ROJAS

AGRADECIMIENTOS A :

JOAQUIN GARCIA JAIMES, I.A., M.Sc.

RICARDO GONZALEZ RIASCOS, I.A., M.Sc.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

SERVIO GONZALEZ ORDENO

ESPERANZA RUBIO CATCENO

Personal del Laboratorio de Suelos de la
Facultad de Ciencias Agrícolas de la Uni-
versidad de Mariño.

Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A.)
Seccional Pasto.

Todas las personas que en una u otra for-
ma colaboraron en la realización del pro-
yecto de trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1 LOCALIZACION.	3
2.2 ECOLOGIA Y CLIMATOLOGIA.	4
2.3 GEOLOGIA.	5
2.4 SUELOS.	6
2.4.1 <u>Propiedades físicas</u>	6
2.4.2 <u>Propiedades químicas</u>	8
a) Reconocimiento del suelo.	8
b) Materia orgánica.	8
c) Nitrógeno intercambiable.	8
d) Fósforo aprovechable.	10
e) Capacidad de intercambio catiónico.	13
f) Cationes cambiables.	13
g) Azufre.	15
h) Elementos menores.	16
2.5 FERTILIDAD.	18
III. MATERIALES Y METODOS.	20
3.1 SUELOS.	20
3.1.1 <u>Descripción de los perfiles</u>	20
3.1.2 <u>Muestras</u>	20
3.1.3 <u>Análisis físico-químico</u>	20
a) Humedad.	21
b) pH.	21
c) Textura.	21
d) Color.	21

	Pág.
e) Nitrógeno intercambiable.	21
f) Fósforo aprovechable.	22
g) Cationes cambiabiles.	22
h) Capacidad de intercambio catiónico.	22
i) Materia orgánica.	22
3.2 PLANTA INDICADORA.	22
3.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	22
3.3.1 <u>Condiciones del ensayo</u>	23
3.3.2 <u>Niveles y fuentes de nutrimentos</u>	24
3.3.3 <u>Aplicación de los nutrimentos</u>	24
3.3.4 <u>Siembra</u>	27
3.3.5 <u>Determinación del peso de materia seca</u>	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	28
4.1 PROPIEDADES QUIMICAS	28
4.1.1 <u>Reacción del suelo</u>	28
4.1.2 <u>Nitrógeno intercambiable</u>	28
4.1.3 <u>Materia orgánica</u>	32
4.1.4 <u>Fósforo aprovechable</u>	32
4.1.5 <u>Capacidad de intercambio catiónico</u>	33
4.1.6 <u>Bases cambiabiles</u>	34
4.2 APROVECHABILIDAD DE LOS NUTRIMENTOS.	35
4.2.1 <u>Nitrógeno</u>	43
4.2.2 <u>Fósforo</u>	43
4.2.3 <u>Bases de cambio (K, Ca, Mg)</u>	44
4.2.4 <u>Azufre</u>	46

ILUSTRACIONES

	Fig.
Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, en los suelos estudiados. . .	50
Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Guachucal.	51
Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Cumbal.	52
Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Colista	53
Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Tiqueros	54
Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Napino.	55
Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Santander.	56
Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Partidero.	57
Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Cuatro Esquinas. . . .	58
Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Muellamón.	59
Figura 11. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Chilos.	60
Figura 12. Perfil suelo Tiqueros. 3.000 m.s.n.m.	61
Figura 13. Perfil suelo Cumbal. 3.125 m.s.n.m.	62
Figura 14. Perfil suelo Guachucal. 3.000 m.s.n.m.	63
Figura 15. Perfil suelo Chilos. 3.250 m.s.n.m.	64

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, en los suelos estudiados. . .	50
Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Guachucal.	51
Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Cusbal.	52
Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Chilón.	53
Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Tiqueros.	54
Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Napino.	55
Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Santander.	56
Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Partidero.	57
Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Cuatro Esquinas. . . .	58
Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Huellamús.	59
Figura 11. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Chilón.	60
Figura 12. Perfil suelo Tiqueros. 3.000 m.s.n.m.	61
Figura 13. Perfil suelo Cusbal. 3.125 m.s.n.m.	62
Figura 14. Perfil suelo Guachucal. 3.000 m.s.n.m.	63
Figura 15. Perfil suelo Chilón. 3.250 m.s.n.m.	64

	Pág.
Figura 16. Perfil suelo Huallancó. 3.225 m.s.n.m.	65
Figura 17. Perfil suelo Colimba. 3.250 m.s.n.m.	66
Figura 18. Perfil suelo Cuatro Esquinas. 3.000 m.s.n.m..	67
Figura 19. Perfil suelo Partidero. 3.150 m.s.n.m.	68
Figura 20. Perfil suelo Santander. 3.100 m.s.n.m.	69
Figura 21. Perfil suelo Espino. 3.425 m.s.n.m.	70
Figura 22. Respuesta del maíz al tratamiento completo en los diez suelos estudiados.	71
Figura 23. Respuesta del maíz al tratamiento menos nitrógeno en los diez suelos estudiados	72
Figura 24. Respuesta del maíz al tratamiento menos potasio en los diez suelos estudiados.	73
Figura 25. Deficiencia de fósforo presentada en el suelo Guachucal.	74

T A B L A S

		Pág.
TABLA	I. Tratamientos para la técnica del elemento faltante.	25
TABLA	II. Niveles y fuentes de nutrientes para el ensayo.	26
TABLA	III. Caracterización química de los suelos estudiados.	29
TABLA	IV. Porcentaje de saturación de bases de los suelos estudiados.	30
TABLA	V. Producción promedio de materia seca en los diferentes tratamientos	36
TABLA	VI. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al completo.	37
TABLA	VII. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al menor nitrógeno.	38
TABLA	VIII. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al menor calcio.	39
TABLA	IX. Cuadros medios y significación estadística para materia seca en los suelos estudiados.	40
TABLA	X. Condiciones generales de los suelos . . .	92
TABLA	XI. Algunas características físicas correspondientes a los suelos estudiados.	93
TABLA	XII. Respuesta del maíz a la aplicación de macro y microelementos en base paja seca del material vegetal (S.). Suelo Tiqueros. .	94
TABLA	XIII. Respuesta del maíz a la aplicación de macro y microelementos en base paja seca del	

T A B L A S

		pág.
TABLA	I. Tratamientos para la técnica del elemento faltante.	25
TABLA	II. Niveles y fuentes de nutrientes para el ensayo.	26
TABLA	III. Caracterización química de los suelos estudiados.	29
TABLA	IV. Porcentaje de saturación de bases de los suelos estudiados.	30
TABLA	V. Producción promedio de materia seca en los diferentes tratamientos.	36
TABLA	VI. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al completo.	37
TABLA	VII. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al menor nitrógeno.	38
TABLA	VIII. Producción relativa de materia seca en los diferentes tratamientos en comparación al menor calcio.	39
TABLA	IX. Cuadrados medios y significación estadística para materia seca en los suelos estudiados.	40
TABLA	X. Condiciones generales de los suelos.	92
TABLA	XI. Algunas características físicas correspondientes a los suelos estudiados.	93
TABLA	XII. Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Tiquipenes.	94
TABLA	XIII. Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del	

		Pág.
	material vegetal (g.). Suelo Guabal . .	95
TABLA XIV.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Guachucal.	96
TABLA XV.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Chilos.	97
TABLA XVI.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Huella-maso.	98
TABLA XVII.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Colimba	99
TABLA XVIII.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Cuatro Esquinas.	100
TABLA XIX.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Partidero.	101
TABLA XX.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Santander.	102
TABLA XXI.	Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno y microelementos en base peso seco del material vegetal (g.). Suelo Espino.	103
TABLA XXII.	Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Tigueros.	104
TABLA XXIII.	Resultados según la prueba de Duncan.	

	Pág.
Suelo Cumbal.	105
TABLA XXIV. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Guachucal.	106
TABLA XXV. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Chiles.	107
TABLA XXVI. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Huillanuco.	108
TABLA XXVII. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Colimba.	109
TABLA XXVIII. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Cuatro Esquinas.	110
TABLA XXIX. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Partidero.	111
TABLA XXX. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Santander.	112
TABLA XXXI. Resultados según la prueba de Duncan. Suelo Espino.	113
TABLA XXXII. Resultados según la prueba de Duncan. General para el Altiplano de Tiqueros.	114
TABLA XXXIII. Resultados según la prueba de Duncan. Comparación entre los suelos estudiados	115

ESTUDIO DE FERTILIDAD EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE TUQUERRES (+)

Por

ALFREDO BRAVO ROJAS

FEDSO PABLO ERASO BARTABEZ

I. INTRODUCCION

Una de las bases importantes, para alcanzar el éxito en cualquier explotación agropecuaria, es el conocimiento del estado de fertilidad de los suelos, mediante su evaluación biológica y físico-química.

Es bien conocido que un desbalanceamiento de los niveles de nutrientes presentes en el suelo, puede incidir en la aprovechabilidad de éstos. Además, una baja concentración de cualquier macronutriente puede limitar notablemente la producción.

Por otra parte, el conocimiento de la respuesta a la aplicación de macro y micronutrientes, permitirá trazar las pautas para determinar

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Cuevas J. I.A., M.Sc. y Ricardo Guerrero R. I.A., M.Sc.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 LOCALIZACIÓN

Los andesoles del departamento de Huariño, en el sur de Colombia, se encuentran ubicados a alturas que sobrepasan los 2.000 m.s.n.m. (56). El altiplano de Tiqueres, está situado alrededor de los 3.000 m.s.n.m., conformando una de las más bellas mesetas de los países andinos (74).

El altiplano está formado por tierras altas y planas; es la continuación, en su parte norte, del que existe en el Ecuador (Tulcan-Ibarra). Dicho Altiplano se encuentra circundado por las elevadas crestas del ramal Occidental y el río Guaitana, entre las que sobresalen el volcán nevado de Cumbal con 4.890 m., el volcán nevado de Chiles con 4.760 m. y el Morro de Colinta que alcanza 3.365 m. (87).

García (25) manifiesta que geográficamente el altiplano de Tiqueres constituye un solo bloque conformado por la parte sur de la vertiente oriental de la cordillera Centro-Oriental, la parte sur de la cuenca Inter-andina y la vertiente occidental de la cordillera del mismo nombre.

Repinal y Montenegro (29) consideran que la Sabana de Tiqueres se sitúa preferentemente en el centro mismo de los Andes, integrando el denominado Gran Macizo Colombiano.

2.2 ECOLOGIA Y CLIMATOLOGIA

Espinal y Montenegro (29), basados en el sistema propuesto por Holdridge, puntualizan que la Hesta de Tiqueros corresponde al bosque húmedo Montano (th-M), con un promedio anual de lluvias que oscila entre 500 y 1.000 mm., y una temperatura anual comprendida entre 6 y 12°C. Rodríguez (74) dice que, durante el día las temperaturas alcanzan valores comprendidos entre 6 y 11°C., pero que durante la noche bajan notoriamente.

Las vertientes se vuelven más húmedas hacia el oriente y occidente (Cusahuasi); igualmente, afirman que en este tipo de bosque, debido a que se presenta a mayor altitud que el bosque seco Montano Bajo (bs-MB), la temperatura es menor, lo cual hace que, aun con pocas lluvias, su clima sea húmedo debido a la baja influencia térmica que se traduce en una menor evapotranspiración. En varios meses del año, las temperaturas son frías durante el día, pero durante la noche bajan considerablemente con frecuente formación de heladas y escarchas, constituyendo éste un factor limitante para algunos cultivos de hábitat tropical (29).

La vegetación característica es de poca altura, siendo la principal la formada por algunas gramíneas como el chusque (Chusquea sp.) y arbustos de hojas coriáceas, como el chite (Myrsine sp.), poganaco (Rapanea sp.), mora (Rubus sp.), freilajón (Passiflora sp.). En las partes más bajas se establecen cultivos de papa (Solanum sp.), trigo (Triticum aestivum L.), cebada (Hordeum vulgare L.), haba (Vicia faba L.), cebolla (Allium cepa L.) y otros (29).

2.3 GEOLOGIA

La Cordillera Occidental presenta grandes yacimientos de rocas ígneas porfiríticas y afáníticas, como también, de algunas rocas sedimentarias principalmente las lilitas y las rocas silíceas calcáreas. Las lilitas son abundantes en la vertiente septentrional del Macizo del Volcán Azufra (22).

Las rocas del estuario consisten en sedimentos aluviales, formados por detritos derivados de la erosión de las partes altas de las cordilleras y que han sido transformados y depositados por las diferentes corrientes de agua. Se las encuentra principalmente en el altiplano de Tiquarros y en la Costa del Pacífico (22).

Quarero (42), en relación con la séptima aproximación, sostiene que es un área bastante extensa caracterizada por una topografía despareja y material parental proveniente de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, ácidas y básicas, correspondientes a la era del paleozoico y cenozoico.

En muchos sitios, la configuración original de la tierra y sus suelos han estado sujetos en forma notable, a la acción imperante de las cenizas volcánicas que, a su vez, han sido transportadas por erosión hídrica y eólica (42).

Crosse, citado por Arteaga y Pertilla (4) afirma, que los suelos volcánicos de Barilo han sido originados por rocas porfiríticas del cretácico, rocas ígneas intrusivas ácidas del tipo de las granodioritas.

tas y rocas básicas como las andasitas, basaltos y tobas de la edad cenozoica.

2.4 SUELOS

2.4.1 Propiedades físicas

Las coloraciones oscuras y grises, como predominantes, son consecuencia de la presencia de materia orgánica y de la abundancia de cenizas volcánicas. El color amarillo y pardo-amarillento del subsuelo se debe a la presencia de incrustaciones de hierro y aluminio (50, 82).

Valdés (82) y Mas, citado por Alcoyaga (1) manifiestan que en razón de su origen volcánico, los suelos se caracterizan por poseer una densidad aparente baja, lo cual se debe a la abundancia de poros de los materiales y al alto contenido de materia orgánica, por lo cual poseen una gran capacidad para retener agua.

Según Luna (56), el suelo se ha desarrollado sobre una capa de cenizas volcánicas de 130 cms. de espesor, de color oscuro, en contraposición a las inferiores que presentan una coloración clara, índice de depósitos de arena y arcilla. Dichos suelos contienen compuestos húmicos que son relativamente resistentes a la descomposición microbiana (80).

Wright, citado por Swindale (80), al describir los andosoles de Sur América, indica que los perfiles son profundos, muy a

sumido con clara estratificación, producto de la deposición de materiales.

Legarda y Mora (50), lo mismo que Gerón (25), sostienen en sus estudios realizados en diferentes regiones volcánicas, que las texturas predominantes son la franco-arenosa, franca y franco-limosa. Al igual que los anteriores, Blanco y colaboradores (14), sugieren que el contenido de limos, bastante alto en algunos suelos, se debe a la presencia de iones de hierro y aluminio que impiden la dispersión de las arcillas.

Valdés (82) afirma, que los "trunco" (suelos volcánicos de Chile) se caracterizan por presentar entre otras, las siguientes características: perfil bastante friable y blando, estratificaciones con coloraciones diferentes, horizonte superficial negro o muy oscuro, por el gran contenido de materia orgánica, y una elevada proporción de aluminio de intercambio.

Birrol y Gradwell, citados por Swindale (80), dicen que las porosidades totales de estos suelos son supramente altas, lo que da como resultado una alta permeabilidad saturada. Cuando están secos son difíciles de mojar, por la sencilla razón, de que las sustancias orgánicas que se adhieren a la superficie de las partículas repelen el agua y los ángulos de contacto son grandes.

Además, estos suelos debido a su comportamiento típicamente trópico, ocasionado por sus características gacientas y de consolidación anónala, hace que el agua pierda viscosidad (80).

2.4.2 Propiedades químicas

a) Reacción del suelo.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas presentan valores de pH superiores a 5,0 y es muy difícil encontrar valores menores (33, 80). Sin embargo, Valdés (82), en suelos "truncos", derivados de cenizas volcánicas, encontró que el pH de estos suelos era ácido y que variaba de 4,5 a 6,7.

b) Materia orgánica.

Blasco (9), Guerrero (42) y Alexander y Waisman, citados por Legarda y Mora (50), puntualizan que la acumulación de materia orgánica se produce con el descenso de la temperatura, por existir una menor actividad microbiana.

+ Barcos (6), en suelos del altiplano de Pasto, encontró un promedio de materia orgánica del 5% que se considera bastante aceptable. Artanga y Portilla (4), en suelos de clima medio del departamento de Narino, obtuvieron valores de 5,49%, como promedio.

+ López (54) señala, que los valores de materia orgánica para los suelos de clima medio originarios de cenizas volcánicas, se encuentran alrededor del 6 al 15%; sin embargo, para suelos de clima medio de Narino, Blasco (11) encontró un promedio que se acerca al 3%.

c) Nitrógeno intercambiable.

Castiños y colaboradores (7), y varios autores citados

dos por Angulo y otros (3) consideran que, la fracción intercambiable oscila entre el 1 y el 4% del nitrógeno total.

En la gran mayoría de los casos, los suelos derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener una baja disponibilidad de nitrógeno, a pesar de que dichos suelos tienen un alto contenido de materia orgánica (82).

Córdoba y otros (26) demostraron que la lixiviación y volatilización son dos funciones fundamentales, mediante las cuales se pierde mucho nitrógeno de los suelos del altiplano de Pasto.

+
Bauer (75), en suelos volcánicos de clima medio, encontró que la fracción intercambiable es mucho más concentrada que la hallada en otros suelos volcánicos sur-occidentales colombianos, siendo únicamente superada por las encontradas en suelos de Valledupar por Torres y Blasco.

+
En suelos volcánicos del altiplano de Pasto, Molina (63) encontró que el nitrógeno intercambiable era del 1,60% del nitrógeno total, no encontrándose entre estas dos fracciones ninguna correlación. A su vez, Bastidas y colaboradores (7) determinaron que la fracción intercambiable representa entre el 0,46% y 1,71% de la fracción total, para suelos del Valle de Sibundoy.

Koska y otros, citados por Swindale (80), han demostrado la resistencia del material humificado de los suelos de cenizas volcánicas a la descomposición microbiológica, debido a la formación de

compuestos específicos de aluminio-humus, lo cual parece indicar que en los andosoles se produce cierta exclusión del $N-NH_4^+$ inorgánico al ser desplazado por el humus.

Blasco y Cornfield (12) aducen que los valores de $N-NH_4^+$ intercambiable varían de acuerdo al método utilizado; empleando soluciones de sales de calcio, éstas extrajeron más nitrógeno intercambiable que las soluciones de sales de potasio. Consideran a su vez, que esto se debe a que el potasio contrae más las láminas cristalinas de las arcillas, mientras que el ión calcio las expande. Por esta razón el $N-NH_4^+$ intercambiable es más fácilmente liberado utilizando calcio. Encontraron además que el promedio extraído por varios métodos en el Valle del Cauca para el $N-NH_4^+$ intercambiable, significó el 1,74% del nitrógeno total de esos suelos.

d) Fósforo aprovechable.

Swindale (80), lo mismo que Blasco y otros (15) consideran al fósforo como un elemento que siempre se ha caracterizado por su deficiencia en los suelos a escala universal, tanto por su escasez como por su "fijación".

En los andosoles del Altiplano, a excepción del fósforo inerte, las demás fracciones presentan cantidades más bajas que las reportadas por otros investigadores en suelos volcánicos de América Central (56).

Binel y Fielden, citados por Espinosa (30, 31) con-

tienen que los suelos volcánicos poseen una alta capacidad de fijación de fosfatos.

El clima es también un factor limitante en la disponibilidad de este elemento; su asimilabilidad es muy baja en suelos con precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 2.000 mm.; esto se pudo comprobar en estudios realizados en Chile, donde los suelos presentaron una capacidad de fijación de fósforo muy alta (54).

Eid y colaboradores, citados por Bormann (16) sugieren que las cantidades de fósforo absorbido por el maíz, correlacionan significativamente con el contenido de fósforo orgánico y que a temperaturas menores de 20°C, la mineralización del fósforo es tan lenta en su parte orgánica, que no alcanza a suministrar cantidades significativas del elemento a una planta de crecimiento tan rápido.

Thompson, citado por Burbano y López (23) al igual que Lotero (55) recomiendan el encalamiento con el fin de facilitar la aprovechabilidad del fósforo del suelo, al promover la oxidación biológica de la materia orgánica que contiene compuestos de fósforo. Aplicaciones muy altas de carbonato de calcio promueven la fijación de fósforo.

Bastidas y otros (7) dicen que el fósforo fácilmente reemplazable es bajo, alrededor de 7 ppm., y que la deficiencia de fósforo directamente aprovechable en suelos del Valle de Sibundoy se atribuye en gran parte a la presencia de alúmina. Fuschender (32) y Legarda y Mora (50), a su vez, manifiestan que la poca disponibilidad del fósforo en suelos volcánicos es un hecho usual y hacen énfasis en la alú-

fena como causa primordial.

Duchaufour, citado por Matta y Palacios (62), Buchanan y Brady (20), Fassbender (32) y Lotelier (52) concluyen que a mayor cantidad de materia orgánica, arcillas, aluminio y hierro en los suelos, mayor será la fijación de fosfatos y menor será el efecto de los fertilizantes fosfatados; Elasco (9) y González (41) sostienen que el fósforo directamente asequible es muy deficiente.

Cuando se hace enclavado en suelos de cenizas volcánicas, Bahilun y colaboradores citados por Fox (37) aducen que se presentan con frecuencia, problemas de fósforo y elementos menores a valores de pH que en otras partes se consideran como favorables.

La deficiencia de fósforo en Mariño, posiblemente, se debe a que los suelos son en su mayoría ácidos, condición ésta que proviene de su origen volcánico (72). Ordóñez (68) anota que el contenido de fósforo aprovechable es deficiente en suelos del altiplano de Pasto.

Fassbender y otros (34) al igual que Lotero (55) indican que la principal forma de pérdida del fósforo ocurre por el fenómeno de "fijación". Se puede considerar que ésta no es una pérdida absoluta ya que con el tiempo, y bajo ciertas condiciones, el fósforo fijado puede llegar a ser aprovechado por las plantas, al menos en forma parcial.

+ Arteaga y Portilla (4) en suelos de clima medio, encontraron que los niveles de fósforo aprovechable eran extremadamente bajos, lo que implica que el 70% de los suelos presentaran un déficit de

ácido directamente asimilable para las plantas.

e) Capacidad de intercambio catiónico.

Swindale (50), Alcajaga (1) y Valdés (52) consideran que la capacidad de intercambio es bastante alta en suelos derivados de cenizas volcánicas y que el porcentaje de saturación de bases es generalmente inferior al 50%. Masco (9) y Irua (56), señalan que esto se debe más que todo a la sílica presente y a materiales inorgánicos amorfos, dando lugar a sustituciones isomórficas entre el aluminio y la sílice en los tetraedros y a la presencia de hidróxidos de hierro y aluminio.

Buckman y Brady (20) sostienen que existe cierta correlación entre la textura y la capacidad de intercambio, aumentando ésta para los suelos de textura fina, por tener gran capacidad de adsorción.

Andrésquita y Figueroa (2) afirman que la capacidad de cambio es supremamente alta cuando se mide con el acetato de amonio y baja con el empleo de cloruro de calcio, ya que el primero puede presentar adsorción de materiales amorfos.

Ordóñez (68), en suelos del altiplano de Pasto, encontró un coeficiente de intercambio relativamente alto que concuerda con los valores propuestos por otros investigadores.

f) Cationes cambiables.

Feuillet y Feuillet (35), en suelos del altiplano de

Túquerres encontraron adecuadas cantidades de calcio, magnesio y potasio intercambiables. Tal hecho se debe a la presencia de minerales ricos en estos elementos en el material parental y en las cenizas volcánicas depositadas sobre los suelos (65).

Martini (66) señala que en los suelos volcánicos de Panamá, el potasio se encuentra en grandes cantidades en forma estructural que permite mantener buenos niveles de potasio disponible para las plantas mediante un proceso de meteorización eficiente, de ahí que se vislumbre una de las posibles razones por la cual estos suelos tienden a no responder a las aplicaciones de este elemento.

Revalo y Revalo (72), afirman que en los suelos de Mariflo, el potasio es sin duda alguna el elemento que mayor problema presenta, lo cual concuerda con Legarda y Mora (50), al encontrar contenidos de potasio intercambiables aceptables y otras veces altos. Este elemento tiende a incrementarse a medida que la altitud aumenta. En suelos del Altiplano de Pasto se encontraron concentraciones de potasio intercambiable muy superiores a las reportadas por otros autores en Colombia (68).

La adición de calcio a los suelos volcánicos mejora las condiciones de nitrificación, probablemente, debido a la formación de humatos cálcicos estables (17).

Cadán (38) anota que el calcio activo es fácilmente solubilizado por las aguas en los suelos volcánicos, de ahí que la detección del calcio intercambiable no es índice de la disponibilidad de

este elemento.

Fuillet y Fuillet (35), en el Altiplano de Tó-
querros, Ordóñez (68), en el Altiplano de Pasto y Zumbano y otros (87)
encontraron cantidades adecuadas de calcio y magnesio intercambiables,
siendo mucho mayores en los suelos formados sobre cenizas volcánicas.

Duckman y Brady (20) consideran que las aplicacio-
nes de cal generalmente conducen a un mayor poder de fijación del pota-
sio por los suelos. Esto trae como consecuencia una mayor conservación
del elemento ya que en otras condiciones no es lixiviado tan drástico-
mente.

El encalamiento facilita la aprovechabilidad del po-
tasio en suelos dominados por coloides orgánicos e inorgánicos, tales co-
mo la caolinita o illita, pero disminuyen cuando predominan las arcillas
del tipo de la montmorillonita (23).

e) Azufre.

Fox (37), sugiere que la estabilidad de la materia
orgánica en el suelo es muy alta y por esto se presentan deficiencias de
nitrógeno y azufre, aún con altos contenidos de ella, pero especialmente
en suelos que contienen poco sulfato adsorbido. Por tanto, la solubilidad
del sulfato adsorbido en suelos de cenizas volcánicas muy meteorizadas es
muy bajo, si no lo fuera se perdería por lixiviación.

Letellier (53) anota que las deficiencias de azufre,

aunque indudables, no constituyen un problema serio. Malavolta, citado por Arteaga y Fortilla (4) afirma que la falta de azufre impide la fijación del nitrógeno por parte de las bacterias, reflejando una anomalía en el fenómeno de la simbiosis con leguminosas. Walker (84) hace énfasis que en todo el mundo existe en la materia orgánica del suelo una relación notablemente constante de nitrógeno/azufre alrededor de 8,5 : 1.

Fox (37), Schalscha y colaboradores (77), han determinado que la concentración de este elemento en los suelos debe estar aproximada a las 5 ppm., cuando se refiere a los suelos con alta capacidad de adsorción de sulfatos; mientras que para los de baja capacidad, las concentraciones deben ser muy superiores.

En suelos de clima seco no se encontró respuesta a las aplicaciones de azufre, lo cual implica, que los suelos se encuentran bien abastecidos de este elemento (4).

b) Elementos menores.

Barros (6) encontró datos correspondientes a los contenidos de cobre, cobalto y molibdeno en suelos del Altiplano de Puno, muy inferiores a los promedios mundiales. Esto se debe a que existe gran cantidad de materia orgánica, óxidos de hierro y aluminio, puesto que, el cobre forma complejos con la materia orgánica y el molibdeno reacciona con los óxidos para formar los molibdatos correspondientes.

Schalscha y otros (77), al determinar el contenido de cobre, manganeso, zinc y hierro disponibles en nueve suelos de origen volcánico,

ánicos, no encontraron deficiencias, excepto para el manganeso. Sin embargo, Castro (24) en suelos de clima medio del departamento de Hariló con influencias de materiales ígneos extrusivos, encontró altos contenidos de manganeso intercambiable.

El manganeso intercambiable es del orden de las 5,0 ppm., pero cuando es inferior a 1,0 ppm. se presentan deficiencias de dicho elemento (54).

Junca (48) encontró niveles adecuados de cobalto y molibdeno, pero detectó deficiencias de cobre, indicando que en los suelos volcánicos de Hariló hay una mayor distribución homogénea de cobre que de molibdeno. Barros (6), en suelos del Altiplano de facto, encontró niveles superiores de cobre a los reportados para clima medio, y anota que el molibdeno se encuentra en menor cantidad pero en forma más asimilable para las plantas.

Según los estudios de Jackson (46), el molibdeno produce desarreglos fisiológicos cuando excede las 5,0 ppm., sin embargo, Saiz del Río y Bornemann (76) consideran una toxicidad cuando presenta 10 o más ppm. Para Hiasco (11), el molibdeno no aparece como responsable de reducir los efectos tóxicos que el manganeso, zinc, cobalto y cobre pueden producir en las plantas.

Chaverra y Harin (28) manifiestan que los contenidos normales o moderados de molibdeno en los suelos, están alrededor de 2,5 a 3,0 ppm. Villota (83) en suelos del Valle de Sibundoy obtuvo cantidades adecuadas de molibdeno muy superiores a las encontradas por Junca (48).

Barros (6) y más altos que el promedio mundial de 20 ppm. (9).

En estudios llevados a cabo por Chanorro y Echeverría (27), en suelos de la Sabana de Tiquarres, concluyen sobre posibles deficiencias de cobre, manganeso y zinc, en algunos de los suelos estudiados.

2.5 FERTILIDAD

Reuillet y Reuillet (35), al encontrar más del 5% de potasio intercambiable con respecto al potasio total, llegan a la conclusión de que los suelos de la Sabana de Tiquarres no requieren en su mayoría fertilización potásica a excepción de las cantidades de balanceamiento.

Loón (51) al utilizar como planta indicadora la alfalfa, obtuvo el más alto rendimiento cuando empleó una relación calcio-magnesio-potasio: 2:1:0,27, a un pH de 6,2, en suelos del Cauca.

Gómez (40), en experimentos llevados a cabo en el Valle del Cauca, encontró que el cultivo continuo de maíz, disminuye la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, mientras que el mismo cultivo en rotación da una producción similar al tratamiento que recibió nitrógeno.

Correa, citado por Revele y Revele (72) al emplear lechuga romana bajo condiciones de invernadero para seis series de suelos de Cúcuta, no encontró diferencias significativas entre el testigo y el control sin cal.

Masco, Hernández y otros, citados por Galdán (38) en pro-

ticas de encañamiento en Colombia, anotan que con la adición de carbonato de calcio en distintos suelos volcánicos de Barilo no se obtuvo respuesta significativa al emplear como planta indicadora la lechuga romana en condiciones de invernadero. Del mismo modo Burbano y López (23), en suelos del altiplano de Pasto, no encontraron respuesta significativa a la aplicación de carbonato de calcio, al mismo tiempo que el porcentaje de fósforo aprovechable era bajo.

Miller y otros (66) al utilizar plantas de tomate, el tratamiento con azufre aumentó considerablemente el crecimiento de las plagas. Montaña y Aragón (64), en suelos volcánicos del altiplano de Pasto, utilizando coliflor encontraron la máxima producción al aplicar 4,3 Kg/ha. de molibdato de sodio.

Martini (59), al investigar en suelos latosólicos de Costa Rica y utilizando como planta indicadora el tomate bajo condiciones de invernadero, encontró respuestas al nitrógeno y fósforo, mientras que las respuestas para el potasio y azufre fueron menores. Arteaga y Portilla (4), en suelos de clima medio de Barilo no encontraron respuesta significativa a la adición de elementos menores por haber sido aplicados al suelo en forma conjunta; presentando además deficiencias de nitrógeno y fósforo que se traducen en respuestas significativas a la adición de estos elementos.

Pelluela y Rosero (70) en suelos de clima medio, encontraron que los mejores resultados en el cultivo del maíz, se obtuvieron al aplicar 100 Kg/ha. de nitrógeno, 90 Kg/ha. de fósforo y 0 Kg/ha. de potasio.

XII. MATERIALES Y METODOS

3.1 SUELOS

Para la realización del presente estudio, se tomaron muestras de suelo de diez regiones del Altiplano de Tiquenes: Tiquenes, Cusbal, Guachucal, Chiles, Santander, Cuatro Esquinas, Colista, Mollambo, Partidero y El Espino, localizadas dentro del departamento de Nariño.

3.1.1 Descripción de los perfiles

Se presentan en las Tablas I, XI y Figuras 12 a 21.

3.1.2 Muestras

Las muestras se tomaron en lugares que se consideraron como representativas dentro de cada zona y bajo condiciones de pradera naturalmente no fertilizadas. Únicamente se emplearon las muestras correspondientes a los suelos, las que fueron empleadas posteriormente en el desarrollo del análisis físico-químico y en los correspondientes estudios de fertilidad. Se analizaron un total de diez muestras.

3.1.3 Análisis físico-químico

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de

Suelo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Bariño.
Las muestras de suelo se secaron al aire, se trituraron con rodillos y
posteriormente se pasaron a través de una malla # 10 para la muestra y
20 para el análisis físico-químico. Se homogeneizaron y se pesaron.

a) Humedad .

Se determinó por diferencia de peso, después de man-
tener las muestras durante 24 horas a una temperatura de 105°C., en es-
tufa (78).

b) pH.

Se utilizó el método colorimétrico de Hiedel-De Man
(73).

c) Textura.

Se obtuvo por medio del método de Bouyoucos (18).

d) Color.

Se determinó empleando la Tabla Muncell (67).

e) Nitrógeno intercambiable.

Se determinó por medio de la técnica de Bremner (19),
modificada por Masco y Cornfield (13).

f) Fósforo aprovechable.

Se obtuvo por el método del fotocolorímetro, Bray II (Jackson, 46, 76).

g) Cationes cambiables.

Cincio, magnesio, potasio y sodio se determinaron por el método del fotómetro de llama, previa extracción de las sales de Acetato de Amonio normal y neutro (Jackson, 46).

h) Capacidad de intercambio catiónico.

Se obtuvo simultáneamente con la extracción de los cationes cambiables con Acetato de Amonio III y neutro (Jackson, 46).

i) Materia orgánica.

Se usó el método de Walkley y Black (85).

3.2 PLANTA INDICADORA

En el ensayo de invernadero se empleó como planta indicadora el maíz (*Zea mays* L.), Haeol H-253.

3.3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se efectuó un ensayo de fertilidad en el invernadero del Ing

stituto Colombiano Agropecuario (ICA); seccional de Pasto.

3.3.1 Condiciones del ensayo

Los suelos fueron tamizados (malla # 10) y colocados en recipientes de plástico de 1/4 de galón debidamente acondicionados en cuanto a limpieza y demás requerimientos, con una capacidad de 1 kilo de suelo. En su fondo se colocó una capa de arena gruesa de 2 cms. de espesor, lavada previamente, que actuó como retenedor y como drenaje. Posteriormente se colocaron los recipientes sobre platos de barro cocido, completamente revestidos con pintura asfáltica (Placco E-89).

En la presente investigación se tuvo en cuenta las recomendaciones impartidas por Martini (59), tanto para la preparación como para la aplicación de los nutrientes siguiendo la técnica del siguiente monto faltante (Tabla I).

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con cuatro replicaciones en el cual las variables fueron: Testigo, Completo, -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -Cu, -Mn y -B (11 tratamientos). También se tuvo en cuenta como variable la localidad para comparar la fertilidad existente entre las diez distintas zonas que conforman todo el Altiplano de Tárquero.

Para determinar la diferencia tanto entre tratamientos como entre localidades, se usó la prueba de Duncan.

3.3.2 Niveles y fuentes de nutrientes

En la Tabla II, se presentan los niveles y fuentes de cada nutriente utilizado en la investigación. Las fuentes se tomaron de acuerdo con los trabajos de Martini (59), y los niveles según las recomendaciones de Casboa y Guerrero (+), para suelos de Barilo.

Para todos los casos se emplearon reactivos químicamente puros en lugar de abonos comerciales a fin de aumentar la solubilidad y reducir las contaminaciones.

El nitrógeno se aplicó en forma de urea (46%); el fósforo se aplicó como fosfato monoácido (22%), en lugar de cálcico, para evitar la presencia de este último en el tratamiento menos calcio. El potasio se aplicó como cloruro de potasio (33,8%) y no como sulfato, para evitar las interferencias con el tratamiento menos azufre; el calcio y el magnesio fueron aplicados como carbonatos (40 y 29% respectivamente), en lugar de cloruros, para evitar una posible toxicidad del cloro; el azufre se aplicó como sulfato de sodio (23%); el cobre y manganeso en forma de cloruros (36 y 28% respectivamente) y no de sulfatos para evitar las interferencias de este último con el tratamiento menos azufre. El sodio se adicionó como solibato de sodio (40%).

3.3.3 Aplicación de los nutrientes

Para cada uno de los elementos, tanto mayores como

(+) Comunicación personal de Joaquín Casboa y Ricardo Guerrero.

TABLA I

TRATAMIENTOS PARA LA TÉCNICA DEL SIEMBRO FALANTE

Nº Tratamiento	SÍMBOLO	EXPLICACION
1	T.	Testigo, sin abonar
2	-N.	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el nitrógeno.
3	-P.	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el fósforo.
4	-K.	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el potasio.
5	-Ca	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el calcio.
6	-Mg	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el magnesio.
7	-S	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el azufre.
8	-Cu	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el cobre.
9	-Mn	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el manganeso.
10	-Zn	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, menos el zinc.
11	Completo	Se aplicaron todos los 9 nutrientes, es decir, 6 macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, y S) y 3 micronutrientes (Cu, Mn y Zn).

TABLA XI

NIVELES Y FUENTES DE NUTRIENTES PARA EL SERBATO

Nutriente (mg/l)	NUTRIENTO			FUENTE	MEDIO EN SACERA	ml/ SACERA
	FOR SACERA	FOR 10 SACERAS (440 SACERAS)	EN EL COMPUESTO			
	(g)	(g)	(g)	(g)	(ml)	(ml)
N	0,05	22,00	46	47,50	4.400	10
P	0,25	110,00	22	500,00	4.400	10
K	0,040	17,60	52	35,80	4.400	10
Ca	0,25	110,00	40	275,00	4.400	10
Mg	0,15	66,00	29	227,50	4.400	10
S	0,025	11,00	23	47,50	4.400	10
Cu	0,005	2,20	36	6,10	4.400	10
Mn	0,02	8,80	28	31,40	4.400	10
Mo	0,005	2,20	40	5,50	4.400	10

menores, se preparó una solución en agua destilada. Los diferentes nutrientes fueron aplicados sobre el suelo húmedo en forma de soluciones y en forma separada. Respecto al calcio y magnesio, fueron adicionados al suelo en suspensión, cinco días después de los demás nutrientes, con el fin de reducir la formación de precipitados, especialmente de los fosfatos.

3.3.4 Siembras

En el mes de Agosto de 1971, se llevó a efecto la siembra para el respectivo ensayo de fertilidad.

La siembra se efectuó una semana después de la aplicación del calcio y magnesio, permitiendo así un período de equilibrio entre el reactivo y el suelo. Se sembraron cuatro semillas por cada metro. La operación de riego se realizó veinte días después de la siembra dejando una planta por metro.

El riego se aplicó cada cuatro días con el objeto de mantener el suelo con una adecuada capacidad de campo.

3.3.5 Determinación del peso de materia seca

Las plantas fueron cortadas a ras del suelo a las seis semanas de haber sido sembradas, colocadas en bolsas de papel y secadas en estufa a 75°C. durante 24 horas. El material seco fue pesado y con base en estos resultados se procedió a efectuar el análisis estadístico.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 PROPIEDADES QUIMICAS

Algunas propiedades químicas de los diez suelos estudiados se presentan, en las Tablas III y IV.

4.1.1 Reacción del suelo

El pH promedio para toda la Sabana de Tiquerres fue de 5,59 con un rango entre 4,75 y 6,25. Lo anterior indica que estos suelos tienen una reacción ligeramente ácida.

No obstante, para las diez zonas el pH varió, siendo el suelo de Tiquerres el que presentó un pH mayor, muy similar al detectado por Feuillet y Feuillet (35), las demás zonas presentaron reacciones entre 4,75 y 5,90 y Cuatro Esquinas presentó el pH más ácido 4,75. Estos valores, se involucran dentro del rango de pH 4,7 - 5,5 encontrados por Loganathan y Swindale (80), para suelos de origen volcánico.

4.1.2 Nitrógeno intercambiable

El promedio de nitrógeno intercambiable para toda la Sabana fue de 300 ppm., valor más alto que el detectado por Feuillet y Feuillet (120,14 ppm.). Si se tiene en cuenta el límite crítico de nitrógeno intercambiable 75 ppm., obviamente se deduce que esta fracción de nitrógeno, es suficiente para que las plantas puedan disponer de él.

Aún, el porcentaje más bajo, 0,01%, que presentó el

TABLA III

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS HUELOS ESTUDIADOS

LOCALIDAD	pH	% C ORGÁNICO	N %	H %	M.O. %	P %	APROY. %	C.I.O. %	BASES CAMBIABLES EN PPM				
									K	Ca	Mg	Mg	
										100 g.			
TUCUMÁN	6,25	3,18	0,03	5,49	19,32	24,12	423,48	1.489,50	81,29	260,21			
CORRAL	5,90	10,72	0,04	18,49	10,65	42,47	103,35	1.797,46	86,22	457,81			
GRACIACAL	6,00	5,73	0,02	9,80	29,91	33,09	210,31	1.682,55	47,22	361,45			
CHILAS	5,75	6,35	0,02	10,95	3,54	41,05	143,02	631,01	55,75	55,92			
HUELLANES	5,75	4,15	0,03	7,16	21,51	32,33	476,08	1.429,18	52,93	287,82			
COLLETA	5,00	6,21	0,04	10,71	0,19	29,73	250,16	691,23	119,04	141,42			
CUATRO ESQUINAS	4,75	3,72	0,02	6,41	29,27	27,23	697,09	1.658,96	199,17	280,01			
PARTIDO	5,75	4,72	0,02	8,14	1,22	27,29	306,29	1.434,06	123,07	221,23			
SALTAMAR	5,75	2,43	0,01	4,20	61,12	17,00	303,32	1.037,00	95,40	229,50			
ESPINO	5,50	6,40	0,02	11,04	2,61	28,28	207,18	414,37	151,38	100,77			
MALDO	6,25	10,72	0,04	18,49	61,12	43,47	697,09	1.797,46	199,17	457,81			
PONCHO	5,59	4,36	0,03	9,25	17,93	20,37	312,03	1.225,64	101,15	240,41			
INDIO	4,75	2,43	0,01	4,20	0,19	17,00	102,35	414,37	47,22	55,92			

TABLE IV

PERCENTAGE OF SATURATION OF BASES IN THE SOILS STUDIED

LOCALIDAD	BASES CAMBIABLES EN m.e./100 g.			SATURACION DE BASES (%)	
	K	Ca	Mg	Ca	Mg
TOQUEMES	1,05504	7,44790	0,35343	2,16241	45,835
CORRAL	0,26500	8,98730	0,37486	3,81508	30,923
CRUCIAL	0,53925	8,41275	0,20530	3,01208	36,776
CHILIS	0,36671	3,15505	0,24239	0,46600	10,304
MEJILLANES	1,22071	7,10090	0,23013	2,39950	33,870
COLIBRA	0,64143	3,45615	6,51756	1,17890	19,487
CHATRO ESQUINAS	1,78741	8,29480	0,86595	2,40008	49,020
PARTIENO	0,78535	7,17030	0,53508	1,84358	37,730
SALTANER	0,77774	5,18500	0,41478	1,91250	48,764
ESPINO	0,53123	2,07185	0,65817	0,83975	14,501
MAXIMO	1,78741	8,98730	0,86595	3,81508	49,020
PROMEDIO	0,80006	6,12820	0,43976	2,00344	32,721
MINIMO	0,26500	2,07185	0,20530	0,46600	10,304

suelo Santander con 100 ppm. de nitrógeno intercambiable. No obstante, se puede presentar problemas con la nitrificación, como lo anotan Fouillet y Fouillet (35).

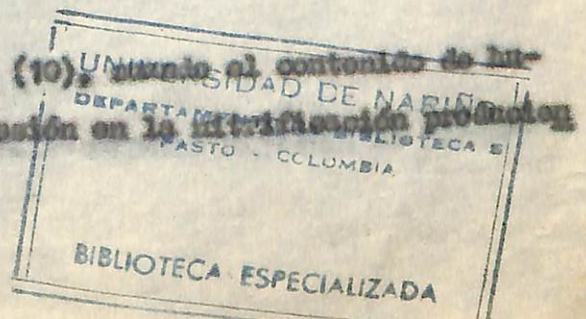
En cierto modo, estos resultados estarían en desacuerdo con el concepto que, por lo general, los suelos con influencias volcánicas presentan deficiencias de nitrógeno intercambiable. Al respecto, se sabe que en estos suelos abundan los óxidos de hierro y aluminio, lo mismo que la alúmina y que por el hecho de poseer suficiente cantidad de cargas positivas, facilitan en gran escala la adsorción del ión NO_3^- y la formación de complejos alúmina-materia orgánica que dificultan la mineralización de los materiales orgánicos.

Por otra parte se sabe, que la presencia de arcillas del tipo 1:1 (caolinita) puede facilitar esta adsorción, debido a que tienen una buena cantidad de cargas positivas.

Lo anterior permite deducir que posiblemente existe una baja cantidad de estos óxidos y de alúmina y que las arcillas presentes pueden ser montmorillonita u otras de tipo 2:1.

Al respecto, Pratt y Kinje (71) informan que el agua cerca de las superficies de las partículas de arcilla 2:1 tienen un déficit de aniones NO_3^- y la solución lejos de la superficie tiene un exceso, en comparación a la concentración promedio en el agua total.

De acuerdo a Blasco (10), cuando el contenido de humedad de un suelo es excesivo, hay depresión en la nitrificación promedio



doso una acumulación de NH_4^+ . Este fenómeno es muy probable que se esté presentando en los suelos estudiados, pues así lo indican las observaciones de campo que se efectuaron.

Por último, se puede pensar que en estos suelos se está produciendo una adecuada mineralización del nitrógeno orgánico, igual consideración exponen Benavides (8), Artesaga y Fortilla (4).

4.1.3 Materia orgánica

La materia orgánica se presentó entre 4,20 y 18,49%, con un promedio de 9,25% que se considera como alto. Estos datos no son sorprendentes, puesto que los suelos derivados de cenizas volcánicas presentan altos porcentajes; en el Japón se han encontrado valores hasta de 29% (47). Los valores de materia orgánica varían de 8 a 28% (36, 86).

El suelo Santanier presentó el menor porcentaje (4,20%), debido posiblemente a que estos suelos son cultivados permanentemente en especial con graníferos. Por el contrario, el suelo Cumbal presentó el más alto porcentaje (18,49%).

4.1.4 Fósforo aprovechable

El contenido de fósforo aprovechable osciló para toda la región entre 61,12 y 0,19 ppm., con un promedio de 17,93 ppm., que se cataloga como pobre.

Si se tiene en cuenta la notable fijación de fósforo

que presentan los suelos volcánicos, debido a los compuestos amorfos de hierro y aluminio (alúmina), este dato es normal, aunque mayor que el encontrado por Lumiraga (57), en suelos volcánicos de Costa Rica (3 - 0,6 ppm.).

4.1.5 Capacidad de intercambio catiónico

El promedio de la capacidad de intercambio catiónico (Tabla III) (30,37 m.e./100 g.), se puede considerar como moderado (86). Sin embargo, para las distintas zonas ésta osciló entre límites relativamente amplios; los suelos de Santander presentaron la más baja capacidad de intercambio catiónico (17,00 m.e./100 g.), mientras que Cusbal mostró la más alta (43,47 m.e./100 g.).

Aunque algunos autores, como Martini (61), dicen que los suelos andosoles generalmente presentan una alta capacidad de intercambio catiónico, debido a la presencia de alúmina, materia orgánica y arcillas de tipo 2:1, en este caso no se presentó a pesar de ser suelos con influencias directas de los volcanes Cusbal, Amuzmal y Chiles.

La explicación puede estar en el hecho de que la capacidad de intercambio catiónico disminuye cuando se seca el suelo y no se recupera al remojarlo. Ranshire y Sherman (49) señalan que se puede presentar una cristalización de elementos de la fracción amorfa al sufrir el secamiento o también una cementación que reduce la superficie de contacto.

Los valores encontrados están en el rango propuesto

por Wright (36) (20 - 40 m.e./100 g.), para los suelos de América del Sur.

4.1.6 Bases cambiables

De acuerdo con los niveles críticos propuestos por Hardy (45) y Buato (21), los suelos de la Sabana de Tiqueros se pueden considerar de contenido aceptable de potasio, mediano de calcio y de nitrógeno a mediano de magnesio.

Se encontró que los suelos de la zona de Cumbal presentaron hasta 1.797,46 ppm. de calcio, que equivale a 9,0 m.e./100 g., considerado como aceptable; otras zonas como El Espino solo presentaron 1,0 m.e./100 g., siendo la zona de Cumbal la que dio la más baja concentración de potasio, esto es 103,35 ppm., que equivalen a 0,1 m.e./100 g., considerado como bajo. En cuanto al magnesio la más alta concentración la presentó Cumbal y la más baja la zona de Chiles.

Por otra parte, a pesar de que el calcio presentó un rango entre 2,07 y 9,0 m.e./100 g. con un promedio de 6,12 m.e./100 g., el hecho de que el porcentaje de saturación de bases fue bajo (32,72% en promedio) y que su pH promedio fue de 5,59, permite concluir que su nivel está entre mediano y bajo. Como lo explican Harin y Gómez (58), cuando existe un alto porcentaje de saturación de calcio en el suelo, el desplazamiento de este catión es comparativamente fácil y rápido, en este caso fue de 23%, que se considera como bajo.

Respecto al potasio, otros investigadores como Ordó-

nos (68), Feuillet y Feuillet (35) encontraron resultados similares. Izuriaga (57) y Suárez (79) informan sobre altos contenidos de dicho elemento en suelos con influencia volcánica en Centro América.

En relación con el sodio, las concentraciones detectadas como se anotó anteriormente son bajas y se considera que no presenta problemas.

4.2 APROVECHABILIDAD DE LOS NUTRIENTES

En la Tabla V, se muestran los resultados promedio de materia seca para los diferentes tratamientos, en las Tablas VI a VIII se incluyen los resultados en términos de producción relativa.

Los cuadrados medios y la significación estadística de los tratamientos, se presentan en la Tabla IX. En las Figuras 1 a 11, se muestra la producción obtenida en los diferentes tratamientos; y en las Tablas XII a XIII del Apéndice se detallan los pesos en cada replicación.

En la literatura revisada el tratamiento que lleve todos los elementos, en la mayoría de los casos tiene las más altas producciones de materia seca, dando como resultado diferencias estadísticamente detectables. En el presente estudio se obtuvo una prueba muy clara sobre el balanceamiento de nutrientes.

Al efectuar la prueba de Duncan para cada una de las regiones (Tablas XXII a XXXIII del Apéndice), no se encontró diferencias significativas al comparar el tratamiento completo con aquellos que tenían

TABLA V

PRODUCCION PROMEDIA DE MATERIA SECA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS (c.)

LOCALIDAD	TRATAMIENTOS										
	T	C	-I	-P	-E	-G	-B	-A	-S	-D	
TUQUERES	0,7053	0,6547	1,5139	0,6812	1,8314	1,4956	1,6744	0,9985	1,1256	2,2197	1,1629
CURRAL	0,6088	1,4987	2,2387	0,4764	2,2673	2,5061	2,2561	1,7248	2,0167	1,7244	2,4401
CUCURRAL	0,8446	2,0523	3,7596	0,9336	3,7592	5,0498	3,2221	3,2564	4,4878	3,8239	2,5065
CHILEN	0,8433	0,9678	1,4329	0,6982	0,5348	1,4055	1,2122	0,8795	0,5344	1,1988	0,7736
MEJILLANES	0,7556	0,9945	1,2035	0,4945	0,9486	1,4302	1,3686	0,7687	1,0810	0,8312	0,6899
COLERA	0,8809	1,2055	1,6303	0,6143	1,3248	1,5286	1,6426	1,2905	1,1819	2,0297	1,4579
CUARTO ESQUINAS	1,2294	1,0426	1,2764	0,6636	1,1888	1,5963	1,0347	0,8970	1,0189	1,1086	0,8369
PARTILERO	0,6739	0,9317	1,5128	0,6690	1,2071	1,6568	1,4307	1,0605	1,3897	1,2056	1,0625
SANTANDER	0,7562	1,0396	2,6018	0,7555	1,2270	1,2620	1,5382	0,9115	0,8338	1,0377	0,9452
ESPEJO	0,7257	0,7102	1,3541	0,4111	1,6497	2,3331	1,4443	1,3613	1,1942	1,5037	1,1023
PROMEDIO	0,8023	1,1181	1,8524	0,6602	1,5938	2,0265	1,6791	1,3158	1,4864	1,6743	1,2977

TAULA VI

PROPENSION RELATIVA DE MATERIA SECA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN COMPARACION AL COMPLETO (9)

LOCALIDAD	TRATAMIENTOS										
	T	-E	-F	-K	-Ca	-Ag	-G	-Ca	-Ca	-Ca	0
TUQUERES	107,75	231,23	104,04	279,73	228,59	255,75	152,51	171,92	348,20	177,62	100
CUMBAL	49,67	149,57	31,83	151,48	167,44	150,73	115,90	134,74	115,21	163,03	100
OUACHUAL	41,15	193,19	45,49	183,17	246,05	156,99	156,67	218,67	186,32	122,13	100
CHILES	67,13	146,05	72,14	55,25	145,22	125,25	90,87	55,21	123,86	79,93	100
MULLAHUES	75,97	121,01	49,72	95,38	143,81	137,61	77,29	108,69	83,57	69,37	100
COLIWA	68,52	126,82	47,82	103,05	118,91	127,62	100,38	91,94	157,89	113,41	100
OUATRO ESQUINAS	117,24	121,72	82,63	113,37	152,23	98,67	85,54	97,16	105,72	79,81	100
PARTIDERO	72,33	162,36	71,80	129,55	177,82	153,55	113,82	149,15	129,39	114,03	100
SANTANDER	71,73	250,26	72,67	118,02	121,39	147,96	87,67	80,20	92,81	90,91	100
ESPIRO	102,18	190,66	57,83	232,28	328,51	199,14	191,67	168,14	211,72	155,20	100
PROMEDIO TOTAL	78,56	168,48	63,62	146,12	182,99	155,32	117,43	127,58	156,16	116,54	100

TABLA VII

PRODUCCION RELATIVA DE MATERIA SECA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN COMPARACION AL -E (5)

LOCALIDAD	TRATAMIENTOS										
	T	-E	-P	-Z	-Ca	-Sg	-S	-Cu	-Ba	-Mo	C
TOQUEMES	46,60	100	44,99	120,97	93,85	110,60	69,95	74,35	150,58	76,81	43,24
CUNAL	27,19	100	21,28	101,27	111,94	100,77	77,49	90,08	77,02	108,99	66,85
GUACHICAL	22,46	100	24,83	97,98	134,31	85,70	86,61	119,36	101,71	66,67	54,58
CHILIS	50,85	100	48,72	37,32	84,59	84,59	61,37	37,29	83,66	53,98	67,54
MULLANIS	62,78	100	41,08	78,82	118,83	113,71	63,87	99,82	69,06	57,32	82,63
COLINA	54,03	100	37,71	81,26	93,76	100,63	79,15	72,49	124,49	89,42	78,85
CURATO ESQUINAS	96,31	100	63,95	93,13	125,06	81,06	70,27	79,82	86,85	65,56	82,15
PANTLENG	44,54	100	44,22	79,79	109,51	94,57	70,10	91,86	79,69	70,23	61,58
SANTANDER	29,06	100	29,03	47,15	48,50	59,12	35,03	32,04	39,88	36,32	39,95
BEFINO	53,59	100	30,35	121,82	172,29	104,44	100,53	88,19	111,04	81,40	52,44
PROMEDIO TOTAL	49,54	100	39,02	86,15	109,76	93,51	71,03	77,53	92,39	70,67	62,98

TABLA VIII

PROMOCION RELATIVA DE MATERIA SECA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN COMPARACION AL -Ca. (4)

LOCALIDAD	TRATAMIENTOS										
	T	-S	-P	-Ca	-Mg	-I	-Ca	-Mg	-I	-Ca	-Mg
TOQUEBOS	47,14	101,15	45,51	122,37	100	111,88	66,71	75,21	152,32	77,70	43,74
CUREMAL	24,29	89,33	19,00	90,47	100	90,02	69,22	50,47	68,80	97,36	59,72
GRACUNAL	16,72	74,45	18,48	74,44	100	63,80	64,48	88,87	75,72	49,63	40,64
CHILES	60,00	101,94	49,67	38,05	100	86,24	62,57	38,02	89,29	55,04	68,85
MELLANER	52,83	84,14	34,57	66,32	100	95,69	53,74	75,58	58,11	48,23	69,53
COLIDA	57,62	106,69	40,21	86,66	100	107,32	84,41	77,31	132,79	95,37	84,09
CUATRO ESQUINAS	77,01	79,95	54,41	74,47	100	64,81	56,19	63,82	69,44	52,42	65,68
PARTIDERO	40,67	91,30	40,37	72,85	100	86,35	64,00	83,87	72,76	64,12	73,82
SANTANDER	59,92	206,16	59,86	97,22	100	121,88	72,22	66,06	82,22	74,89	82,37
ESPIRO	31,10	58,03	17,62	70,70	100	60,61	58,34	51,18	64,45	47,24	39,44
PROMEDIO TOTAL	46,73	99,31	37,97	79,35	100	88,86	65,18	70,03	86,18	66,20	61,88

Tabla IX

CUADRADOS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA MATERIA SUCA EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

CATEGORIA DE VARIACION	O.L.	CUADRADOS MEDIOS				MUESTRAS
		TOTALES	GENERAL	QUINCENAL	QUINCE	
TRATAMIENTOS	10	1,10 ⁺⁺	1,93 ⁺⁺	10,48 ⁺	0,41	0,33 ⁺
RESIDUO	30	0,14	0,50	4,66	0,77	0,12

	COLINDA	CUATRO ESQUINAS	PAREDEDO	BANTANDER	ESPIRO
TRATAMIENTOS	10	0,50	0,19	0,42 ⁺	1,09 ⁺⁺
RESIDUO	30	0,34	0,09	0,16	0,25

++ Altamente significativo al nivel del 99%

+ Significativo al nivel del 95%

el elemento faltante y aún con el testigo.

En busca de una explicación satisfactoria, se analizaron detenidamente las causas de este resultado. Se llegó a la conclusión, que en el tratamiento completo se presentó un desbalanceamiento de nitrógeno y de calcio que influyó notoriamente en la producción.

Si se observa el tratamiento sin nitrógeno (Figuras 1 a 11), se aprecia claramente su mayor producción, después del tratamiento sin calcio que produjo en términos relativos mayor cantidad de materia seca, Tabla VI.

En el análisis químico del suelo, se encontró que la concentración promedio de nitrógeno intercambiable fue de 600 Kg/ha. La adición de 100 Kg/ha/N posiblemente aumentó de tal forma la concentración que llegó a los límites de toxicidad. Al respecto Tauscher y Adler (81) informan que cantidades mayores de 170 Kg/ha/N pueden crear condiciones de toxicidad a causa de la formación en exceso de nitritos y de ácido nítrico.

Además Bevale y Bevale (72) anotan que una alta concentración de NH_4^+ puede inhibir la acción del magnesio.

Como el magnesio es un elemento que interviene directamente en la absorción del fósforo, en el presente caso se estaría manifestando una deficiencia tanto de fósforo como de magnesio.

Si se tiene en cuenta que el tratamiento sin calcio presentó la más alta producción, debe recordarse que la capacidad de las plantas

para absorber otros elementos nutritivos, está afectada por el comportamiento del potasio, calcio y magnesio, Fouscher y Adler (81).

Cuando uno cualquiera de los dos primeros elementos (potasio y/o calcio), es más o menos abundante en el suelo, puede acumularse en la porción superior de las plantas en concentraciones mayores que las normales, esto tiene un efecto depresivo en la absorción de los otros elementos nutritivos que deben penetrar a la planta, causando de este modo la llamada "deficiencia fisiológica" (81).

Además, de acuerdo a Blanco (+), altas concentraciones de calcio parece que inhiben la acción de la enzima fosfatasa, no lográndose así una buena mineralización del fósforo orgánico. Por lo anterior difícilmente se detectaron diferencias significativas.

En efecto, el tratamiento sin fósforo no presentó diferencia significativa en relación al completo, sin embargo muestra en el 80% de los casos diferencia al nivel del 1% con el tratamiento sin nitrógeno y 70% con el tratamiento sin calcio.

Fue tan notable la toxicidad producida por estos dos elementos que entre el tratamiento testigo y el completo no se obtuvo diferencia significativa en un 90% de los casos; solo en el suelo de Guabal la mostró al nivel del 5%.

Para todo el Altiplano de Tiqueros, se detectó diferencia

(+) Comunicación personal de Mario Blanco L.

altamente significativa entre el tratamiento sin fósforo con el sin calcio y sin nitrógeno, lo mismo sucedió con el testigo, Tabla XXIII.

4.2.1 Nitrógeno

Indudablemente estos suelos, están bien abastecidos de nitrógeno intercambiable, y adiciones incontroladas de este elemento puede causar detrimentos en la producción.

Evidentemente al mejorar las condiciones físicas de estos suelos, especialmente la aireación, la mineralización de la materia orgánica aumentó considerablemente, hasta el punto de presentarse algún tipo de toxicidad debida a los nitritos o al ácido nitroso.

La adición de 100 Kg/ha/N, para estos suelos es detrimento, valdría la pena efectuar estudios de campo, para conocer como reacciona la planta a diversos niveles: 20, 40, 80, 120 Kg/ha/N y a fuentes cuyo portador sea el nitrato.

Es posible que en el campo, llevando a cabo prácticas que mejoren las condiciones físicas de los suelos, se supere la deficiencia de nitratos puesto que las condiciones de aireación serían más favorables para los organismos aeróbicos responsables de la nitrificación.

4.2.2 Fósforo

De acuerdo a los conceptos anteriormente discutidos, el fósforo aprovechable es el más crítico.

Al comparar el tratamiento que no recibió este elemento con aquellos que no presentaron la toxicidad anotada anteriormente, se observa que tiene una producción relativa menor de 62,03% (Tabla VI).

El tratamiento completo, recibió $500 \text{ Kg/ha/P}_2\text{O}_5$; no obstante la planta mostró síntomas de deficiencia, siendo más notoria en los demás tratamientos.

Es muy posible, que el desbalanceamiento que se presentó, no permitió absorber suficiente fósforo. Además, como se explicó anteriormente, el magnesio pudo incidir en tal forma que la planta no pudo absorberlo, presentándose la "deficiencia fisiológica".

La presencia de óxidos hidratados de hierro y aluminio más la alúmina, tan comunes en estos suelos, seguramente fijaron más del 90% del fósforo adicionado, como lo indica Guerrero (43) para suelos del altiplano de Tiqueros.

Este elemento, seguirá siendo el mayor problema para los suelos derivados de cenizas volcánicas. Datos semejantes fueron encontrados por Arceaga y Portilla (4) y Rowle y Rowle (72) en suelos volcánicos, municipio de Samaniego (clima medio) y altiplano de Pasto respectivamente.

4.2.3 Ingen de sodio (K, Ca, Mg)

Como se observa en la Tabla XXXII (Apéndice), los tratamientos sin potasio, calcio y magnesio presentaron diferencias significativas

tivas en relación al tratamiento completo, a excepción del suelo de Chiles que no presentó diferencia estadísticamente detectable, siendo la región que más deficiencia mostró en lo que respecta al potasio, seguida del suelo Huellancú con producciones menores de 44,75% y 4,62%, respectivamente.

Las demás regiones superaron al tratamiento completo en un promedio de 46,12%, tabla VI.

Para el calcio y el magnesio, las respuestas fueron similares, con una producción mayor en relación al completo de 82,99% y 55,32%, respectivamente.

Los resultados negativos encontrados en relación a la aplicación de bases son superiores a los hallados por Artanga y Ferrilla (4), para suelos de clima medio. Esto posiblemente, podría deberse a que en los suelos de clima frío la lixiviación y la pérdida por escorrentía son menores que las de clima medio.

En un estudio efectuado por Guerrero y Santos (44), sobre pérdidas de potasio intercambiable y no intercambiable (fracción más soluble), se encontró que en clima medio las pérdidas en condiciones de cultivo donde el suelo está más expuesto al lavado, fueron de 769,61 Kg/ha., equivalente a una pérdida de 52%, mientras que en clima frío las pérdidas eran de un 37,65%.

Tanto el potasio como el calcio han mostrado en los análisis químicos concentraciones catalogadas como altas. En el estudio

efectuado por Garbón (39), los suelos de la Sabana de Tiquerres presentaron la más alta concentración en potasio, siguiéndole en su orden los de Ipiales, Pasto y finalmente la zona de clima medio.

Revelo y Revelo (72), tampoco encontraron en suelos del altiplano de Pasto respuesta al potasio. A dosis mayores de 50 Kg/ha. se presentó un efecto depresivo.

Los estudios sobre el calcio efectuados por Galdán (38) en el altiplano de Pasto y Parra (69) en el de Ipiales, demuestran que los suelos del piso térmico frío tienen un alto potencial de calcio total y calcio activo, que a través de su dinámica pueden ir abasteciendo a los suelos de formas intercambiables.

Es muy posible, que estos suelos no respondan al encañamiento, de ahí los resultados obtenidos en el presente trabajo.

4.2.4 Azufre

Si se observa la Tabla V y Figuras 2 a 11, se nota que la diferencia en producción entre el tratamiento que no recibió azufre y el completo no es muy diciente, y por lo tanto, no detectable estadísticamente.

Como era de esperar, al llevar ambos las mismas dosis de nitrógeno y calcio, la producción podría presentarse similar. No obstante, si se comparan con los que no recibieron estos elementos, se detectan diferencias en más del 60% de los suelos. El resultado para todo

el Altiplano indica que existe una diferencia significativa al nivel del 1% con el tratamiento sin calcio y de 5% con el que no recibió nitrógeno (Tabla XXXII).

Los suelos estudiados, tienen buena reserva de azufre, el estudio efectuado por Ayala (5) así lo demuestra. Sin embargo, no teniendo en cuenta la presencia limitante del nitrógeno y el calcio, sí se detectan diferencias significativas.

Como el tratamiento sin azufre recibió las mismas dosis de nitrógeno y calcio, es obvio que también se presentará un deterioro en la producción de materia seca, mostrando la anotada diferencia, con estos tratamientos pero no con el completo.

Por lo anterior, es de esperar que no haya problemas con este elemento, puesto que alrededor de estos suelos existe un potencial de azufre, como son los volcanes Azufra, Cuzal y Chiles.

4.2.5 Elemento manganeso

El estudio sobre formas aprovechables de algunos microelementos efectuados por Chamorro y Echaverría (27) en suelos del Altiplano de Riquenes indica que estas formas son relativamente bajas.

En la Figura 1, que indica el efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, en los suelos estudiados, se observa una respuesta muy similar del tratamiento sin cobre, manganeso y az

liberos con el tratamiento sin nitrógeno y sin calcio. Esta respuesta se aprecia en el análisis estadístico en el cual no se detectó diferencia al nivel del 95%, lo mismo sucedió con el tratamiento completo.

Todo parece indicar, que no existen problemas de elementos menores, las buenas cantidades de materia orgánica que contienen estos suelos pueden ser su fuente.

En todo caso, el resultado puede ofrecer otra alternativa que los tratamientos sin elementos menores estuvieran influenciados por la toxicidad del calcio o nitrógeno.

En el estudio de los suelos de Samaniego efectuado por Arteaga y Fortilla (4), se encontró una respuesta deprimida; lo mismo anotó Revelo y Revelo en su investigación de fertilidad de algunas regiones del altiplano de Puno (72). No sería extraño que el manganeso estuviera incidiendo dada la respuesta que presentó el tratamiento que no recibió este elemento.

4.3 FERTILIDAD GENERAL DE LOS SUELOS

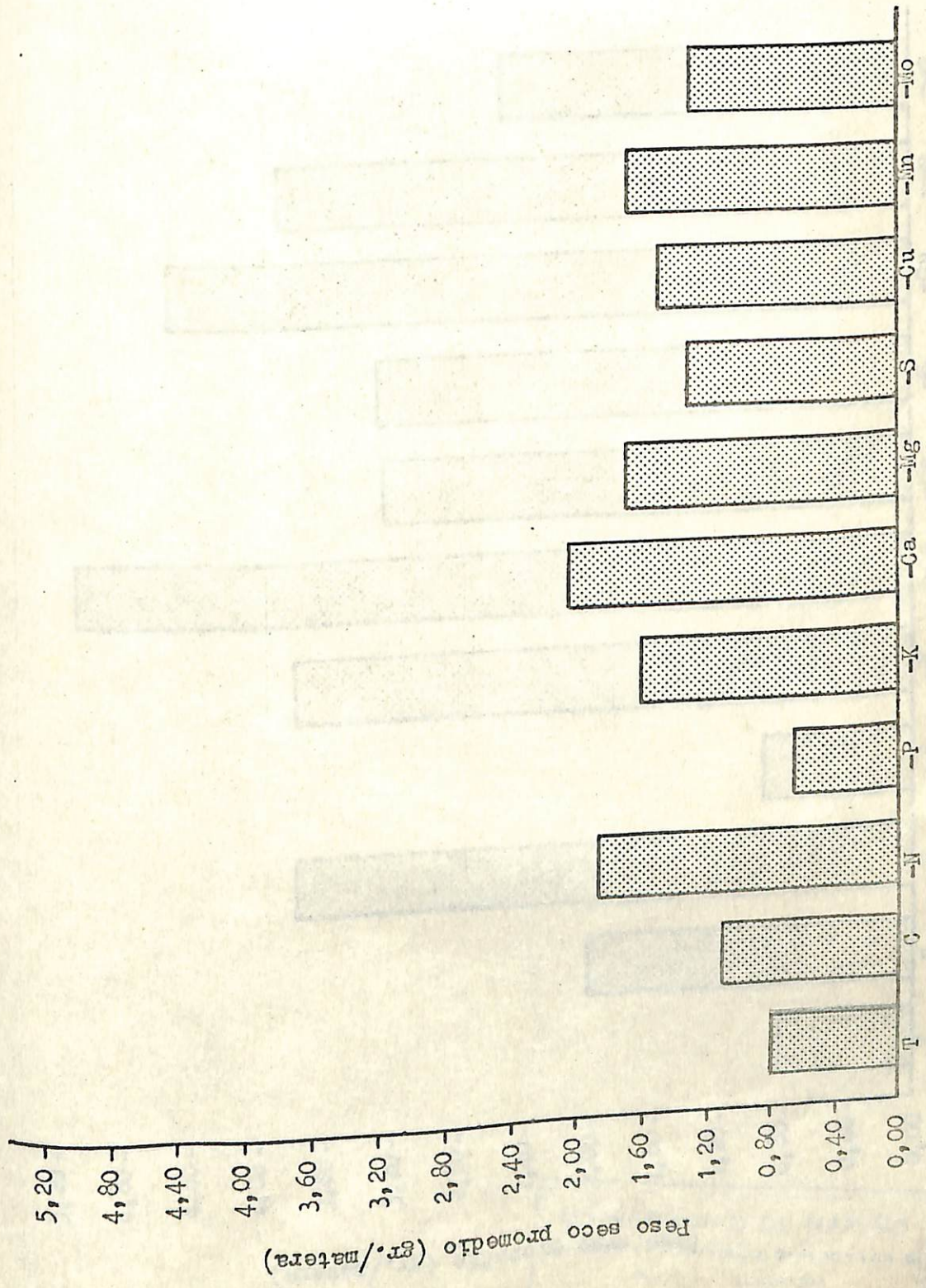
A la luz de los resultados obtenidos, los suelos estudiados muestran buen potencial de niveles nutricionales, a excepción del fósforo que seguirá siendo el elemento limitante.

La secuencia seguida por los nutrientes estudiados en relación a la producción de materia seca fue la siguiente:

-P < T < C < -No < -S < -Ca < -K < -Mn < -Mg < -N < -Ca

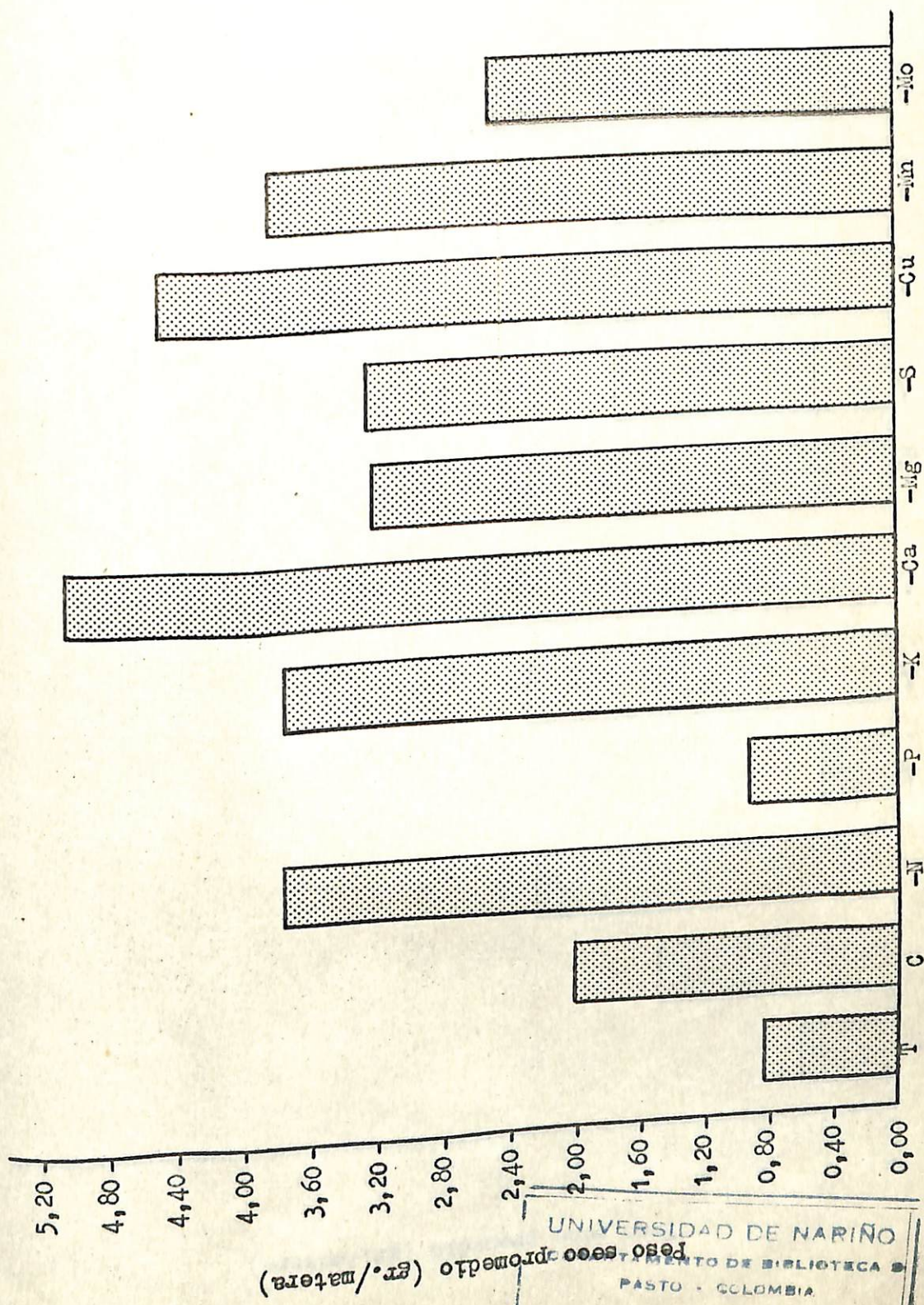
De acuerdo a la respuesta de los diferentes nutrientes en los suelos estudiados, la prueba de Duncan (Tabla XXIII del Apéndice), indica que la mayor producción promedio la produjo el suelo de Guachucal que presentó una diferencia altamente significativa con relación a los demás suelos, siendo el suelo de Cuztal el que le sigue en orden de importancia. Los suelos restantes entre sí, no presentaron diferencias estadísticamente detectables.

Es muy posible que la mayor producción ofrecida por estas dos regiones, se deba a su alto contenido de materia orgánica y al hecho de ser suelos que están dedicados a praderas permanentes, puesto que los cultivos están limitados por un alto nivel freático y en ocasiones por presencia de heladas.



TRATAMIENTOS

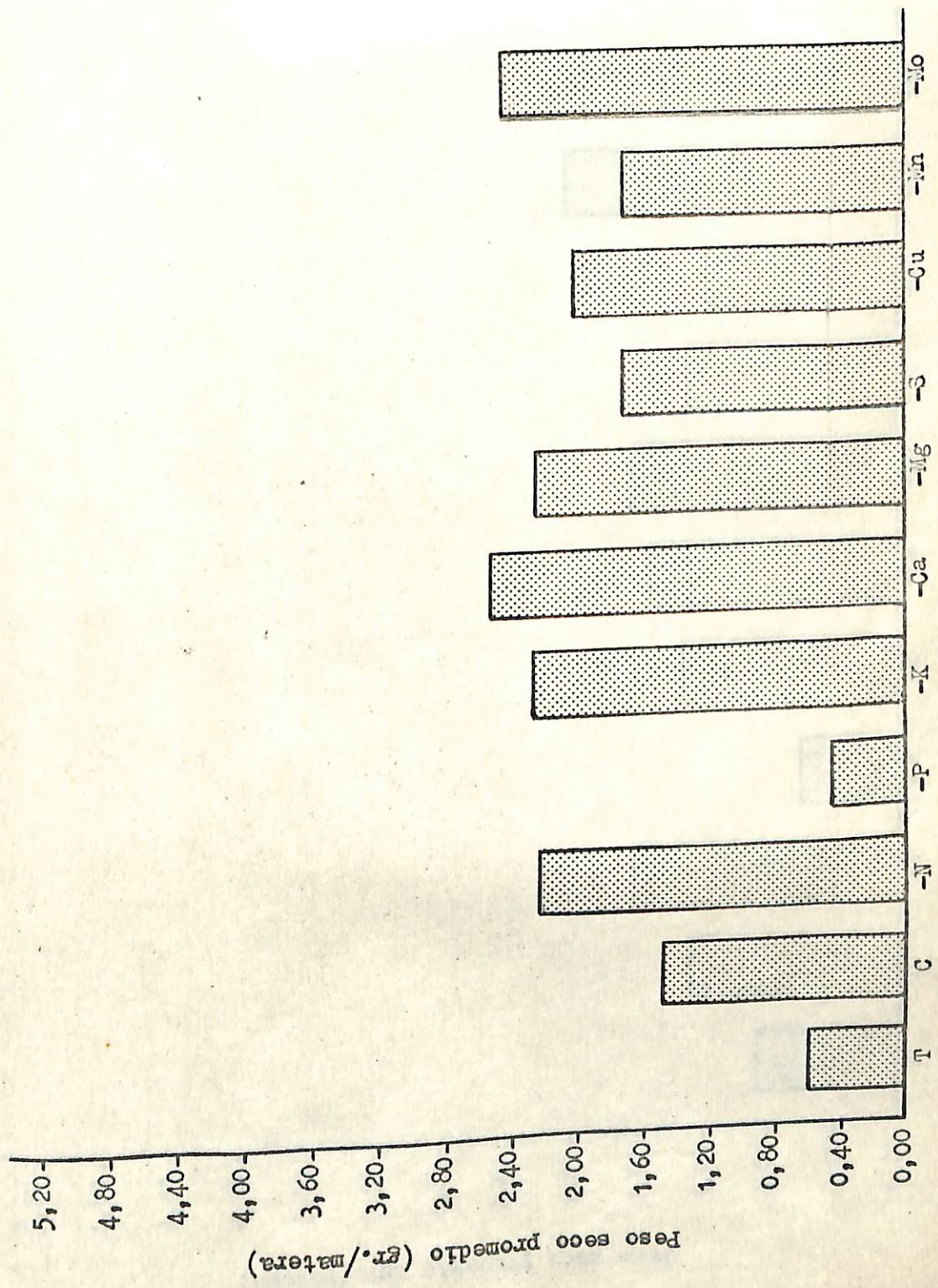
Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, en los suelos estudiados.



TRATAMIENTOS

Figura 2. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Guachucal.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA Y
PASTO - COLOMBIA
BIBLIOTECA ESPECIALIZADA



TRATAMIENTOS

Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Cumbal.

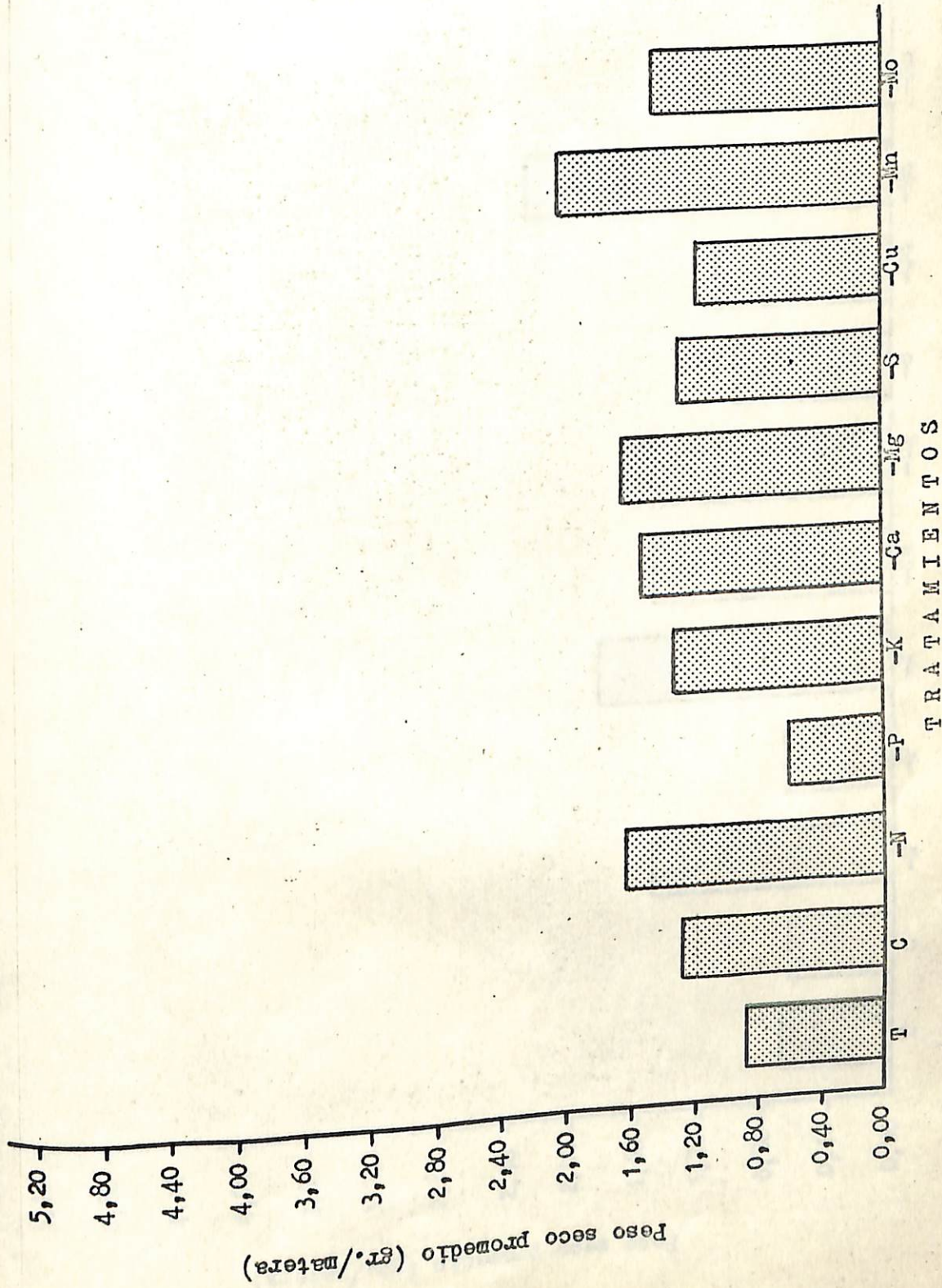
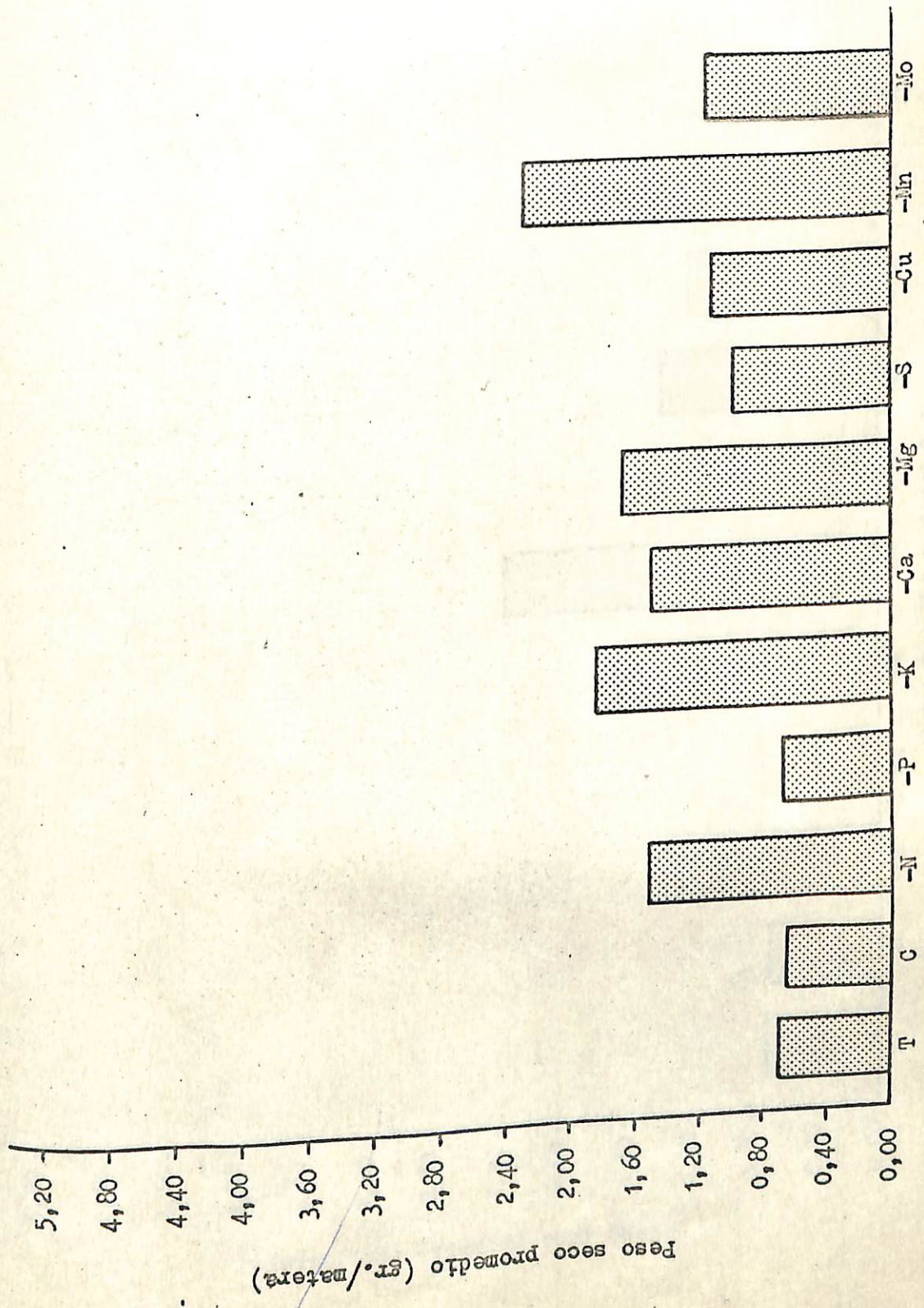


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Colimba.



TRATAMIENTOS

Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Tiqueres.

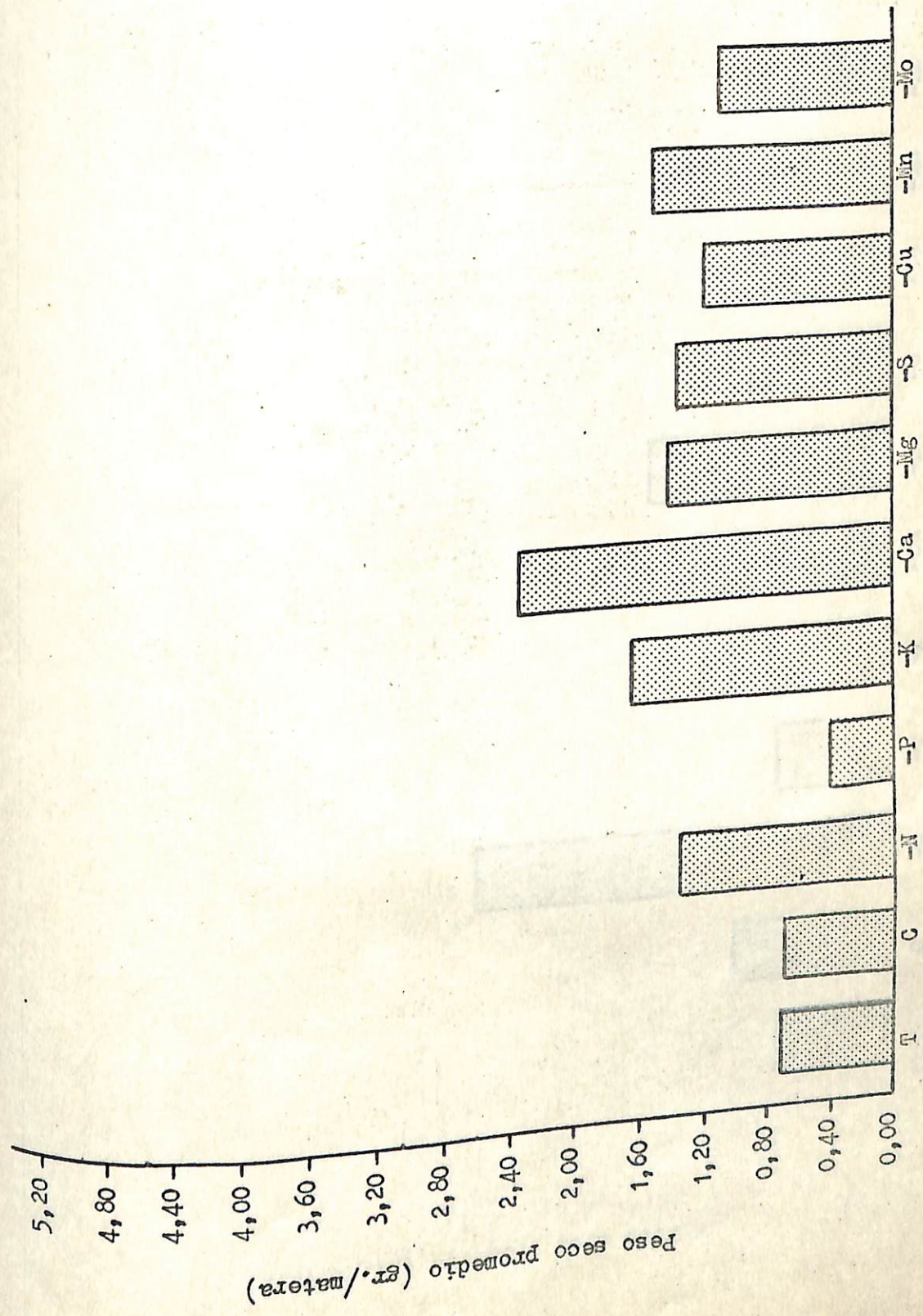


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Espino.

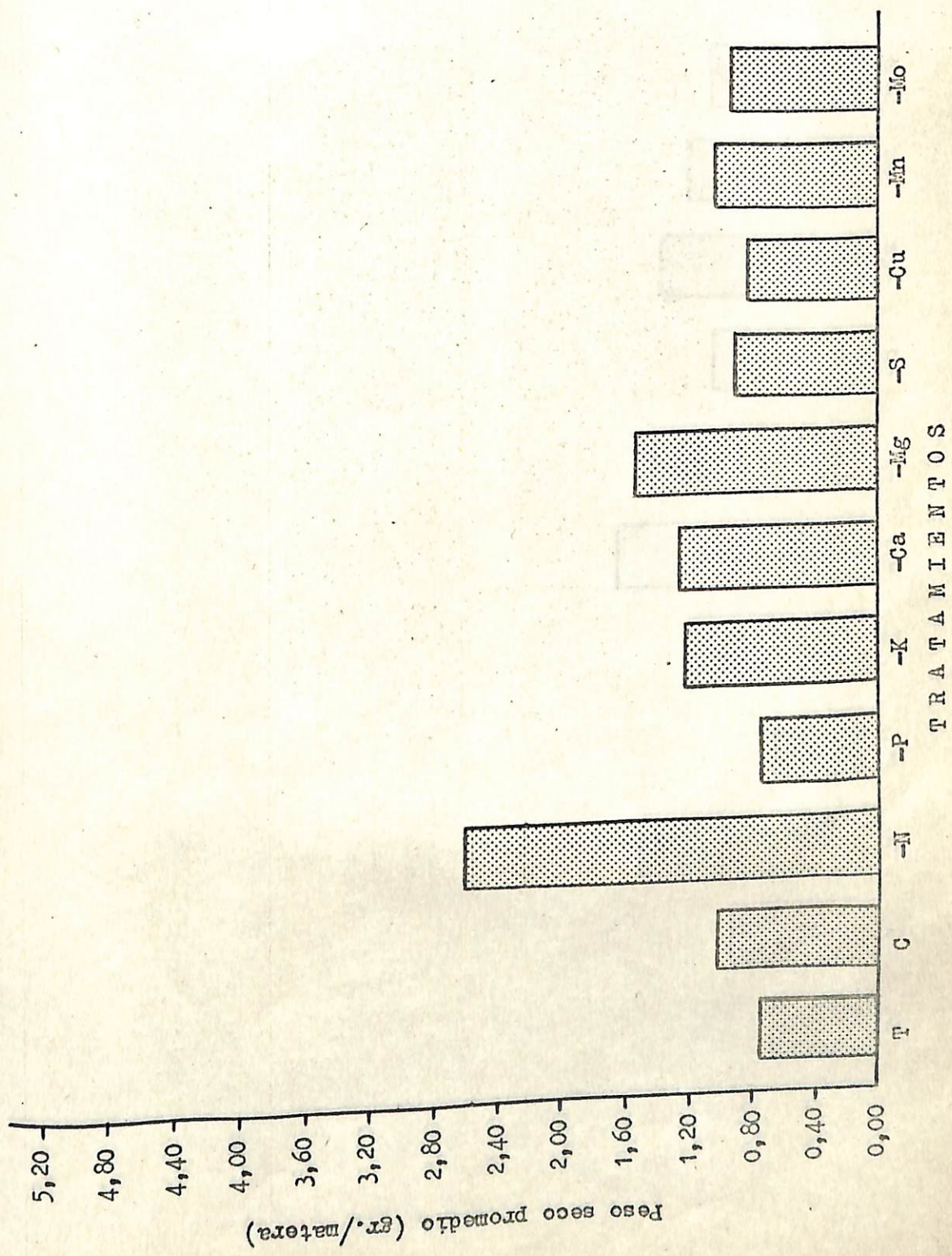


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Santander.

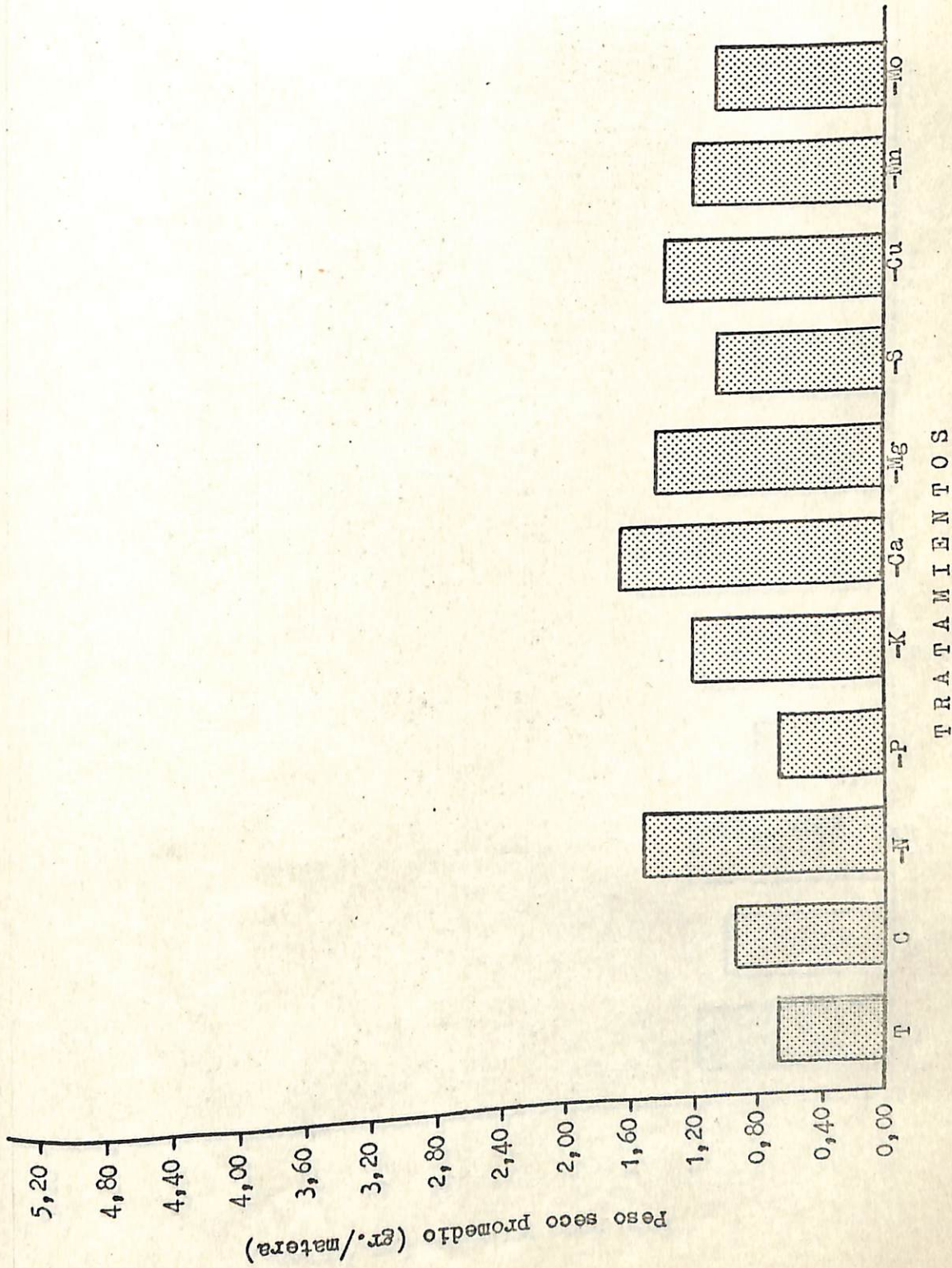


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca.
Suelo Partidero.

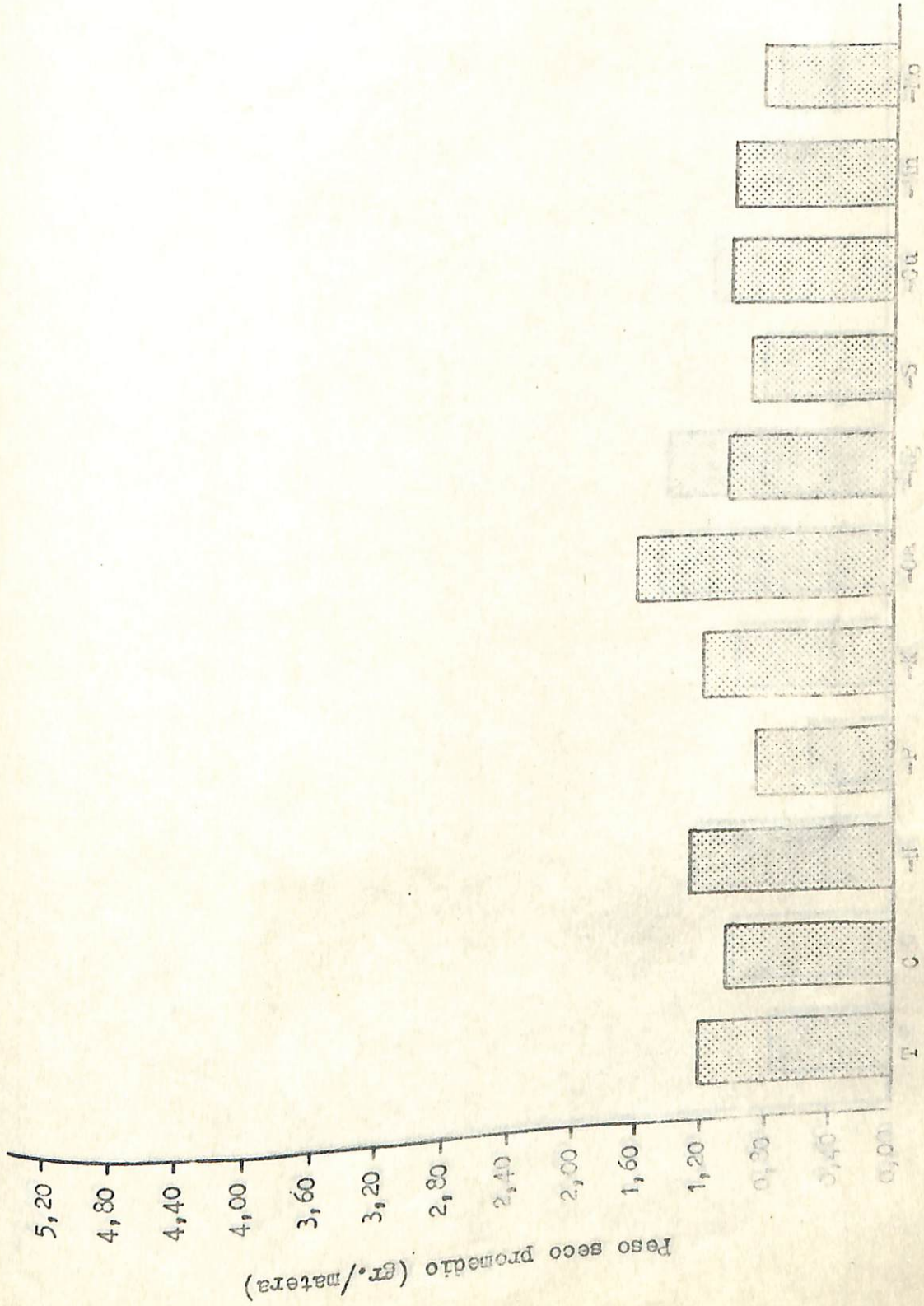
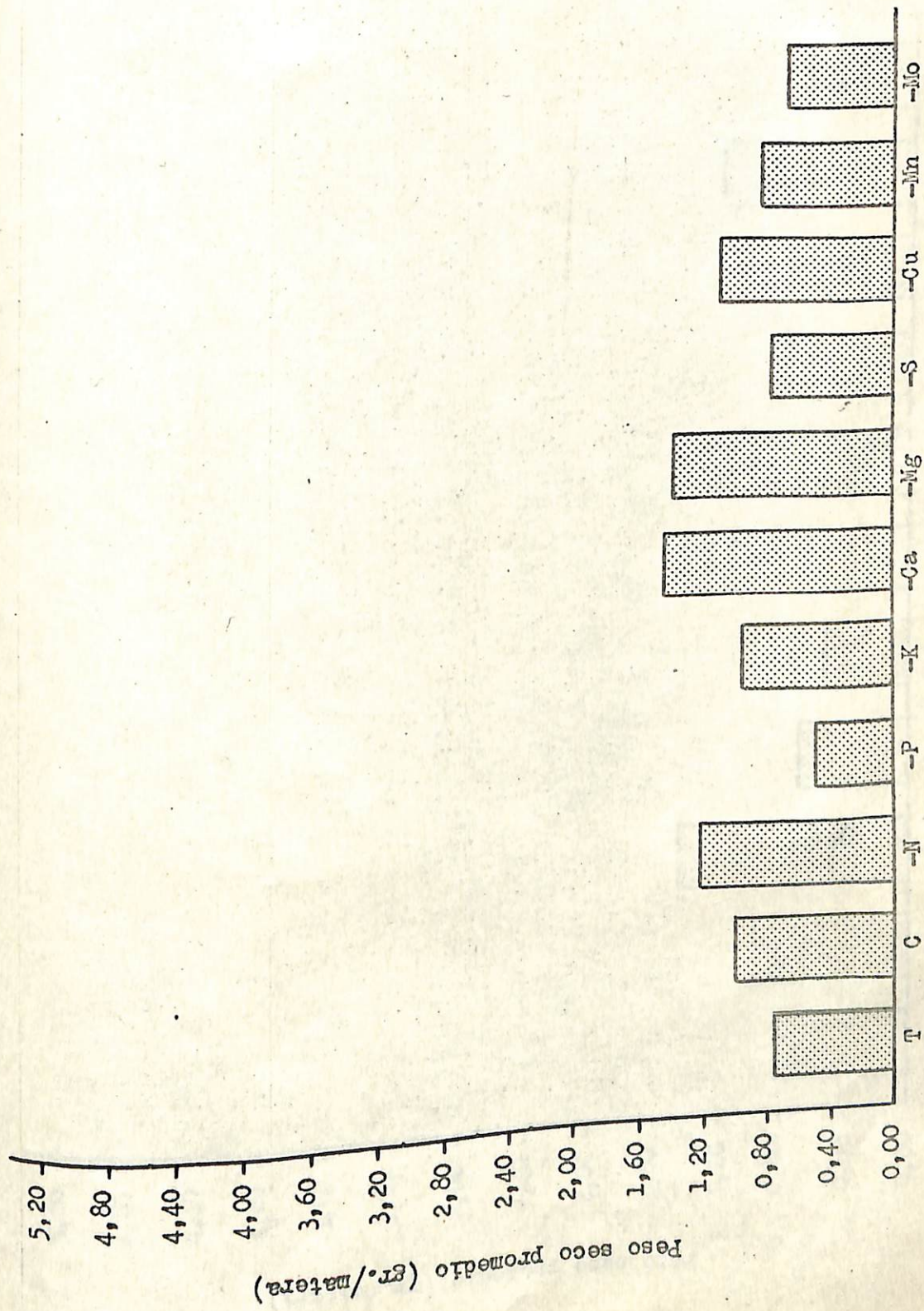
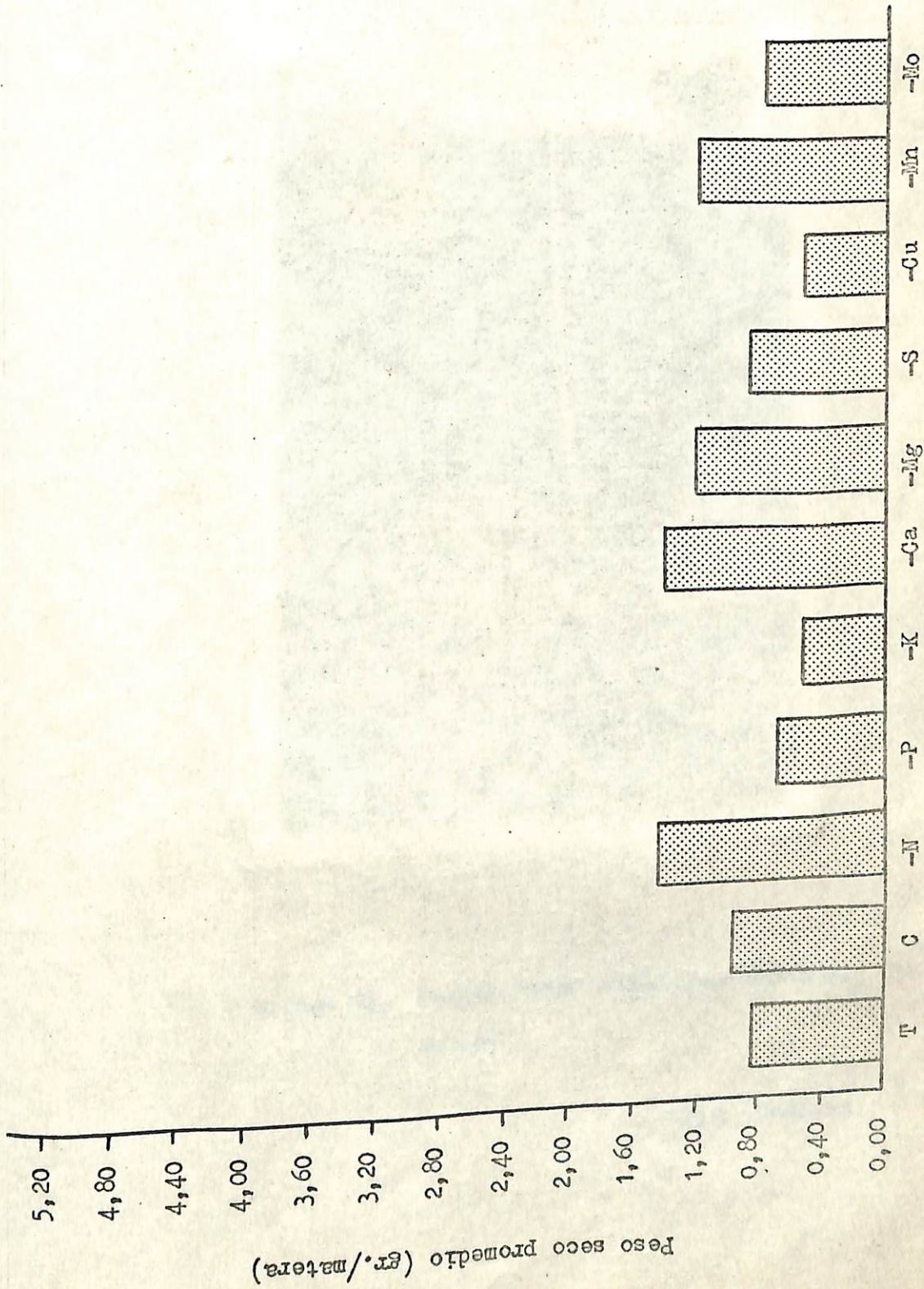


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca.
Suelo Cuatro Esquinas.



TRATAMIENTOS

Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, Suelo Mellamús.



TRATAMIENTOS

Figura 11. Efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca. Suelo Chiles.



Figura 12. Perfil suelo Táquerren. 3,000 m.
S.N.D.

Foto: Autoras



Figura 13. Perfil suolo Cumbal. 3.125 m.
s.n.m.

Foto: Autoras



Figura 14. Perfil suelo Cunchusca. 3.000
M.S.N.M.

Foto: Autores



Figura 15. Perfil suelo Chiloe. 3.250 m.
n.n.s.

Foto: Autores



Figura 16. Perfil suelo Huallanuco. 3.225
M.S.P.S.

Foto: Autores



Figura 17. Perfil suelo Colima. 3.250 m.
s.n.m.

Foto: Autoras



Figura 18. Perfil suelo Cuatro Esquinas.
3.000 m.s.n.m.

Foto: Autores

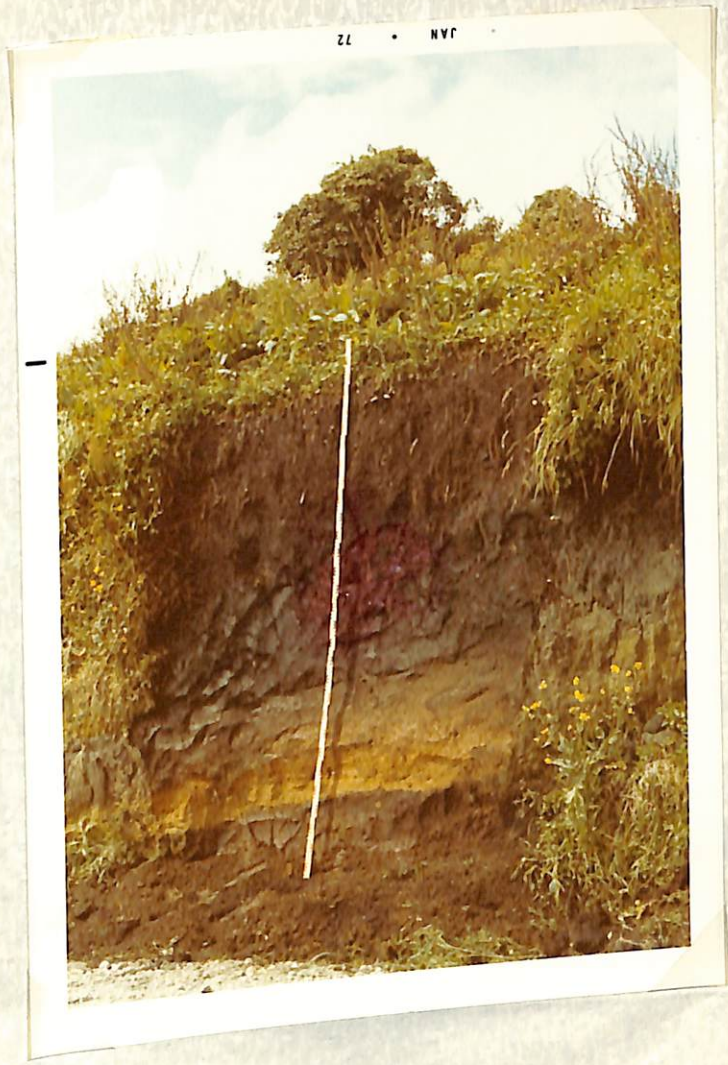


Figura 19. Perfil suelo Partidero, 3.150
D. G. D. M.

Foto: Autoras

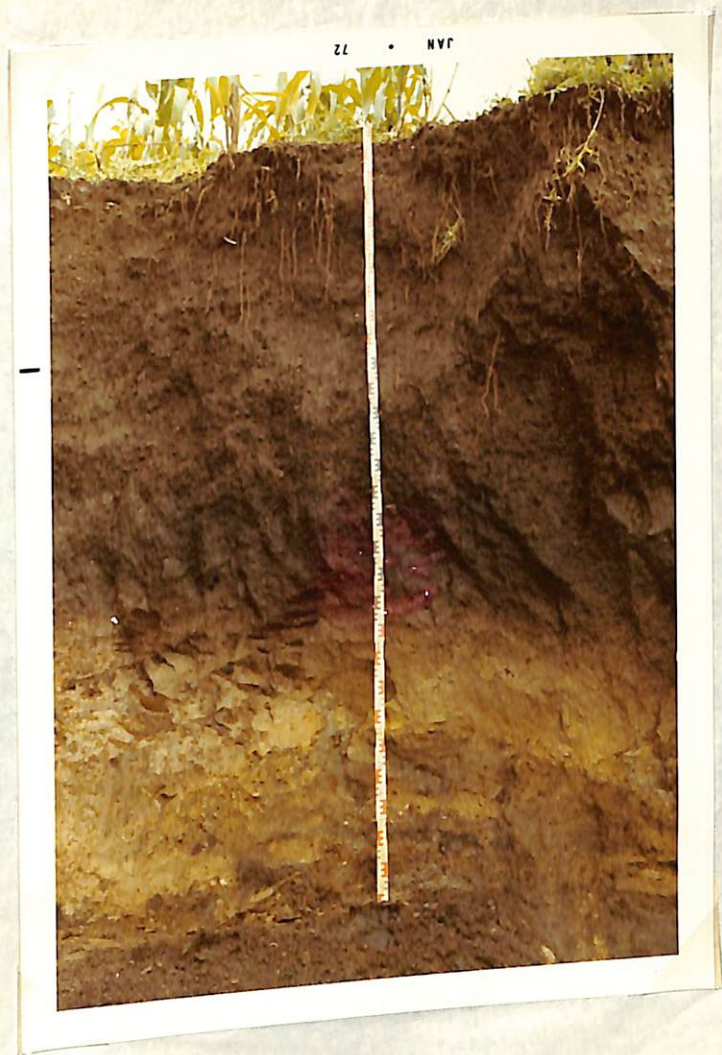


Figura 20. Perfil suelo Santander, 3.100
D.S.N.B.

Foto: Autoron



Figura 21. Perfil suelo Espino. 3.125 m.
S.S.B.

Foto: Autores



Figura 22. Respuesta del maíz al tratamiento completo en los diez suelos estudiados.

Foto: Autores



Figura 23. Respuesta del maiz al tratamiento menos Nitro-
geno en los diez suelos estudiados.

Foto: Autores



Figura 24. Respuesta del maiz al tratamiento con Potasio en los diez suelos estudiados.

Foto: Autores



Figura 25. Deficiencia de Fósforo presentada en el suelo Guachucal.

Foto: Autores

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Los suelos estudiados son ligeramente ácidos, con un promedio generalizado de pH 5,59, con alto contenido de materia orgánica (9,25%). El nitrógeno en su fracción intercambiable ofrece 300 ppm. considerado como alto, a la vez que el fósforo aprovechable presentó 17,93 ppm. en promedio, catalogado como pobre.

2. Los niveles nutricionales del altiplano de Tiqueros potencialmente son altos.

3. El elemento crítico, limitante de la producción en todos los suelos es el fósforo aprovechable.

4. El nitrógeno intercambiable presenta concentraciones adecuadas.

5. El potasio, calcio y magnesio se encuentran en cantidades aceptables.

6. Adiciones de calcio, pueden presentar también resultados deprimentes en la producción.

7. No hubo respuesta a la aplicación de elementos menores (cobre, manganeso y selenio), existiendo la posibilidad, que la adición de manganeso ocasiona toxicidad.

8. No hubo respuesta al azufre.

9. Los más altos potenciales de nutrientes los ofrecen los suelos de Guachucal y Cusbal.

10. De acuerdo a las respuestas que presentaron cada una de las zonas, no se debe generalizar al hablar de fertilidad, sino regionalizar, especialmente en lo que concierne a recomendaciones sobre fertilizantes.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Efectuar estudios de campo para conocer el comportamiento del cultivo a diversos niveles y fuentes de nitrógeno. De este modo se observará si hay o no problemas con los nitratos, puesto que en condiciones de invernadero no se presentaron. Es posible que el proceso de mineralización no sea lo mismo.

2. Se debe tener cuidado con las aplicaciones de nitrógeno. Niveles mayores de 70 Kg/ha. pueden ser depresivos.

3. Efectuar estudios de invernadero con niveles más bajos de nitrógeno, calcio y elementos menores.

4. Efectuar estudios regionales sobre respuesta a distintos niveles y fuentes de fósforo.

VI. RESUMEN

Se efectuó un estudio de fertilidad en diez áreas volcánicas del Altiplano de Tóquerres, localizadas en el departamento de Nariño al Sur Oeste de Colombia.

El Altiplano de Tóquerres está situado alrededor de los 3.000 M.S.N.M., con un promedio anual de lluvias que oscila entre 500 y 1.000 mm. y una temperatura anual comprendida entre 6 y 12°C.

Se evaluó la fertilidad a partir de un ensayo biológico, en invernadero, usando como planta indicadora el maíz (Zea mays L.), Hiacol K-253, siguiendo la técnica del elemento faltante con once tratamientos, cuatro replicaciones, en diseño de bloques completamente al azar.

Los resultados indicaron una baja concentración de fósforo aprovechable (17,93 ppm.), no hubo respuesta a N, K, Ca, Mg, S y elementos menores. Se detectó una marcada interacción de tipo negativo con el nitrógeno y calcio, y posiblemente con el manganeso.

La región de Guachucal mostró el potencial más alto de fertilidad, siguiéndole la de Cumbal.

SUMMARY

A fertility study was carried out on 10 volcanic areas from Tuquerres Plateau, located in the department of Narino, S.W. of Colombia.

Tuquerres Plateau is situated at about 3,000 meters above sea level, with a mean annual rainfall of about 500 to 1,000 mm, and a mean annual temperature oscillating between 6 and 12°C.

The fertility was evaluated from a green-house test, using the corn variety Diacol H-253 as an indicator plant, following the lacking-element technique with a completely randomized block design, with eleven treatments and four replications.

The results indicated a low available-Phosphorus concentration (17.93 ppm.), no response to N, K, Ca, Mg, S and micro elements. A remarkable negative interaction between Nitrogen and Calcium and, probably, with Manganese was noticed.

Orchival area showed a higher fertility potencial, Cambal area being next.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALCAYAGA, A. y URBINA DE. 1965. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de conizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 25: 9-18p.
2. AMEZQUITA, E. y C. FIGUEROA. 1970. Estudios de sesquióxidos y sus relaciones moleculares en suelos de Mariño. Tesis de grado. Universidad de Mariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 96p.
3. ANGULO, H., L. NAVAS y A. VILLANIL. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Mariño, Imanara del Pacífico. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 116p.
4. ANZUAGA, L. y C. PORTILLA. 1970. Estudio de las condiciones químicas y de fertilidad en diez suelos de clima medio en el departamento de Mariño. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 89p.
5. AYALA, L.H. 1971. Estudio del azufre en algunos suelos del departamento de Mariño y la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 67p.
6. BARRON, P. 1969. Interacción de molibdeno, cobalto y cianato en algunos suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 106p.

7. BASTIENS, B.O., A. CAICEDO y P. ROMO. 1970. Estudio de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio en los suelos del Valle de Sibundoy. Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 219p.
8. BENAVIDES, H.F. 1971. Fraccionamiento del nitrógeno en suelos del altiplano de Ipiales, departamento de Mariño, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 63p.
9. BLASCO, L.M. 1969. Características químicas de los suelos volcánicos de Mariño, Colombia. *In:* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica. *I-10:* 1-9p.
10. _____ 1966. Studies on some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Ph.D. Thesis. University of London. 311p.
11. _____ 1969. Fertilidad de suelos de Mariño. *In:* II Reunión de Suelos. ICA-ITA, Pasto. 113p. (en mimeógrafo).
12. _____ y A.H. COMFIELD. 1967. Comparación de diferentes extractantes para determinar el nitrógeno intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica, Palmira.* *17* (1-2): 55-61p.
13. _____ 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralizing characteristics of the soils of Colombia. *Oecologia.* *1:* 19-25p.

14. BLASCO, L.M., N. RODRIGUEZ, y C. LIANOS. 1968. Transformaciones microbiológicas del fósforo en suelos volcánicos del Páramo. *Agta Agronómica, Palmira*. 27 (1): 33-39p.
- X 15. _____, et al. 1969. Mineralogy of the soils of the Cauca Rio Valley, Colombia. *Turrialba*. 12 (3): 332-339p.
- X 16. BOHNERISZA, R. 1965. El fósforo orgánico en suelos tropicales. *Turrialba*. 16 (1): 33-39p.
- X 17. _____ y R. PINERA. 1969. Minerales amorfos y mineralización del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. *IIIº Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba*. 2-7: 1-7p.
- X 18. BOUYOCOS, G.H. 1934. A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 38: 335-345p.
- X 19. BREMER, J.H. 1960. Interconversions of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. *Jour. Agric. Sci.* 55: 11-13p.
- X 20. BUCHANAN, H.O. y H.C. BRADY. 1968. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Trad. R.S. Barceló. México, UTEMA. 590p.
21. BUENO, A.P. 1969. *Química analítica y análisis agrícola*. 3a. ed. Universidad de Amayquil. 430p.
22. BUENO, J.A. 1964. *Estudio geológico de Marikó*. Min. de Minas y Petróleos. Pasto. S.p. Informe No 625.

23. BIRBANO, O.H. y H. LOPEZ. 1968. Algunos aspectos del encalamien-
to en suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad
de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 91p.
24. CASTRO, P.J. 1969. Formas de manganeso en suelos de clima medio
en el departamento de Nariño. Tesis de grado. Universidad de Nari-
ño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 68p.
25. CERON, E.R. 1968. Plan de crédito supervisado para la zona de Tü-
querres e Ipiales. INCORA. Pasto. (micrografado). 120p.
26. CORDON, H., H. HALL y J. PERRO. 1970. Lixiviación del nitrógeno
en algunos suelos del departamento de Nariño. Tesis de grado.
Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Co-
lombia. 106p.
27. CHANDRO, B. y G. ECHIVARRIA. 1971. Determinación de cobre, manga-
neso, zinc, cobalto, aluminio y hierro cambiables en suelos de
la Sabana de Túquerres. Tesis de grado. Universidad de Nariño,
Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 60p.
28. CHAVERRA, H. y C. E. BARRIN. 1959. Elementos menores y su importan-
cia en la agricultura. I. Molibdeno. Agric. Trop. 15(4): 239-
247p.
29. ESPIEL, T.L. y E. MONTENEGRO. 1969. Formaciones vegetales de Co-
lombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Inst. Geo-
gráfico Agustín Codazzi. Dpto. Agrol. Canal Ramírez, Bogotá.
201p.

30. ESPINOSA, H.C. 1969. Caracterización química de dos suelos volcánicos de la Provincia de Ñuble. I. Un método de dispersión de suelos de origen volcánico de la Provincia de Ñuble. *Agríc. Tec. de Chile.* 22 (1): 32-34p.
31. _____ 1969. Caracterización química de dos suelos volcánicos de la Provincia de Ñuble. II. Determinación de alúmina en los suelos volcánicos de Chile, mediante disolución diferencial. *Agríc. Tec. de Chile.* 22 (1): 34-40p.
32. PASSERINI, H.W. 1969. Deficiencia y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en América Central. *III: Fósforo sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina.* Turrialba. *En:* 1-10p.
33. _____ 1968. Conceptos físicos-químicos en la interpretación del sistema suelo-planta. X Congreso Nacional de Química. San José de Costa Rica.
34. _____, L. MULLER y P. BALERDI. 1968. Estudios del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba. 12 (4): 333-347p.
35. PEUILLET, C.H. y A. PEUILLET. 1971. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Táquerres bajo condiciones de pradera. Tesis de grado. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 109p.
36. FORSYTH, W.H., A. GAVANDE y A. GONZALEZ. 1969. Propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas considerando algunos

suelos de América Latina. In: Panel de suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. P-3: 1-6p.

37. FOX, R.L. 1969. La fertilidad de los suelos de cenizas volcánicas de Hawaii. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. C-6: 1-14p.

38. GARRAN, J.R. 1971. Algunos aspectos del calcio en el Altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 55p.

39. GONDA, J.J. 1971. Algunas consideraciones sobre la fertilidad y variabilidad de los suelos del departamento de Narino (Colombia). Tesis de promoción. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 55p.

40. GOMEZ, J.A. 1968. Rotación y rendimiento del maíz. Informe sobre una rotación con soya o alfalfa en la producción del maíz. Agric. Trop. 21 (4): 204-220p.

41. GONZALEZ, G.H. 1971. Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos del altiplano de Iyiales, Narino. Tesis de grado. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 69p.

42. GUERRERO, R.H. 1965. Suelos de Colombia y su relación con la 7a. aproximación. Agric. Trop. 21 (1): 49-59p.

43. GUERRERO, R.H. 1971. Estudio de la capacidad de fijación de fósforo y sus formas, en suelos volcánicos de cuatro regiones an-

- ginas de Mariño. Tesis de promoción. Universidad de Mariño.
Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 38p.
44. GUERRERO, R.R. y J.J. CANOJA. 1972. Efectos del desbosque en las pérdidas de nitrógeno, materia orgánica y potasio. III Sesión de Suelos. Tagua. Facultad de Agronomía. 25p.
45. SANDY, F. 1961. The soils of the IAIAS. Part I area. Turrialba, IAIAS. (mimeografiado). 76p.
46. JACKSON, M.L. 1964. Análisis químicos de suelos. Trad. por José Beltrán Martínez. Barcelona, Ceaga. 660p.
47. JAPAN MINISTRY OF AGRICULTURE AND FORESTRY. 1964. Volcanic ash soils in Japan. Tokyo, Sakurai-Kosaido. 211p.
48. JUNGA, S.C. 1970. Determinación de cobre, cobalto y molibdeno en suelos de clima medio del departamento de Mariño. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 87p.
49. KANEHIRO, Y. y C. SHEHMAN. 1956. Effect of dehydration - rehydration on cation exchange capacity of Hawaiian soils. Soil Sci. Society of American Proceedings. 20: 341-344.
50. LEZANDA, L. y E. MORA. 1969. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Mariño, relacionados con las formaciones ecológicas. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 166p.

51. LEON, L.A. 1968. Relación Calcio-Magnesio y Potasio en suelos de la Florida, Popayán. *Agric. Trop.* 21: 235-345p.
52. LESTELIER, B.A. 1955. Problemas de fertilidad en suelos volcánicos chilenos. *Agric. Trop.* 11 (7): 581p.
53. _____ 1969. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos de Chile, según resultados de ensayo de campo. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica. 2: 1-14p.
54. LOPEZ, A.N. 1969. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica. 2: 1-8p.
55. LOTERO, J.C. 1966. Formas de Fósforo en el suelo, fijación y aprovechabilidad. *Agric. Trop.* 22 (6): 275-284p.
56. LUHA, C.E. 1969. Aspectos genéticos de los andosoles en Colombia. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica. 2: 1-13p.
57. LIZURIAGA, C.F. 1970. Propiedades morfológicas, físicas y químicas de seis andosoles de Costa Rica. Tesis de grado. Ing. So. IICA. ORA. Turrialba, Costa Rica. 159p.
58. MARIN, G.M. y J. GOMEZ. 1966. La interpretación del análisis. *ICA.* 22 (4-8): 33-44p.

59. MARTINI, J.A. 1969. Caracterización del estado nutricional de los principales latomoles de Costa Rica, mediante la técnica del elemento faltante en el invernadero. Turrialba. 12 (3): 394-408p.
60. _____ 1969. Caracterización del potasio en suelos de Panamá. Fit. Int. 3: 163-186p.
61. _____ 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Centro América. In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica. A-5: 1-19p.
62. NATTA, A. Y J. PALACIOS. 1970. Estudio del Nitrógeno, Fósforo y Potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 148p.
63. MOLINA, C.E. 1969. Estudio sobre algunos aspectos del Nitrógeno en los suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 68p.
64. MONTAÑO, A. Y V. ARACÓN. 1970. Respuesta de la coliflor a la aplicación de boro y selenio en dos suelos volcánicos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Mariño. Pasto, Colombia. 66p.
65. MILLER, L.S. 1965. Deficiencia de azufre en algunos suelos de Centro América. Turrialba. 12 (3): 208-215p.
66. _____ et al. 1968. Estudio del Fósforo en suelos de América

Central. I. Ubicación, características físicas y químicas de los suelos estudiados. Turrialba. 18 (4): 319-332p.

67. MURSELL, H. 1960. Soil color charts. Man. Col. Baltimore. s.p.

68. ORDOÑEZ, H. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Narifio, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 144p.

69. PARRA, A.C. 1971. Fraccionamiento del calcio en suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Narifio, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 39p.

70. PERUELA, J. y A. ROSERO. 1969. Respuesta del maíz a la aplicación de NPK y elementos menores en suelos de Borruecos, Narifio, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Narifio, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 98p.

71. PRATT, P.F. and T. KINJO. 1971. Adsorción de nitratos en suelos. II Coloquio de Suelos. El uso del nitrógeno en el trópico. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (S.C.C.S.). Palabra. P. irr.

72. REVEJO, G. y M. REVEJO. 1968. Estudio de la fertilidad en inveradero de algunos suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado. Universidad de Narifio, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 133p.

73. WINDL DE HAEN AG SIEGLER. Far den bereich pH 3 - 10. Universal indicator. Hannover.

74. RODRIGUEZ, I.G. 1961. Geografía económica de Mariño. Pasto. Edit. Sur Colombiana. (Vol. I y II).
75. ROSERO, L. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno en algunos suelos de clima medio del departamento de Mariño. Tesis de grado. Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto, Colombia. 90p.
76. SALZ DEL RIO, J.F. y E. BERNARDEZA. 1961. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 107p.
77. SCHALSCHA, E. et al. 1968. Elementos traza en suelos derivados de cenizas volcánicas. I Disponibilidad de zinc, cobre, hierro y manganeso. Agric. Tec. en Chile. 28 (4): 137-143p.
78. SILVA, F.M. 1960. Método de análisis de suelos del departamento agrológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 54p.
79. SUAREZ, M.A. 1968. Caracterización del estado del potasio en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA. 303p.
80. SWINDALE, L.D. 1969. Propiedades de los suelos derivados de cenizas volcánicas. III: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA. Turrialba, Costa Rica. 2-10: 1-9p.
81. TEUSCHER, H. y R. ABLER. 1965. El suelo y su fertilidad. Compañía

TABLE

CONTENTS

CHAPTER I	1
CHAPTER II	10
CHAPTER III	20
CHAPTER IV	30
CHAPTER V	40
CHAPTER VI	50
CHAPTER VII	60
CHAPTER VIII	70
CHAPTER IX	80
CHAPTER X	90
CHAPTER XI	100
CHAPTER XII	110
CHAPTER XIII	120
CHAPTER XIV	130
CHAPTER XV	140
CHAPTER XVI	150
CHAPTER XVII	160
CHAPTER XVIII	170
CHAPTER XIX	180
CHAPTER XX	190
CHAPTER XXI	200
CHAPTER XXII	210
CHAPTER XXIII	220
CHAPTER XXIV	230
CHAPTER XXV	240
CHAPTER XXVI	250
CHAPTER XXVII	260
CHAPTER XXVIII	270
CHAPTER XXIX	280
CHAPTER XXX	290
CHAPTER XXXI	300
CHAPTER XXXII	310
CHAPTER XXXIII	320
CHAPTER XXXIV	330
CHAPTER XXXV	340
CHAPTER XXXVI	350
CHAPTER XXXVII	360
CHAPTER XXXVIII	370
CHAPTER XXXIX	380
CHAPTER XL	390
CHAPTER XLI	400
CHAPTER XLII	410
CHAPTER XLIII	420
CHAPTER XLIV	430
CHAPTER XLV	440
CHAPTER XLVI	450
CHAPTER XLVII	460
CHAPTER XLVIII	470
CHAPTER XLIX	480
CHAPTER L	490
CHAPTER LI	500
CHAPTER LII	510
CHAPTER LIII	520
CHAPTER LIV	530
CHAPTER LV	540
CHAPTER LVI	550
CHAPTER LVII	560
CHAPTER LVIII	570
CHAPTER LIX	580
CHAPTER LX	590
CHAPTER LXI	600
CHAPTER LXII	610
CHAPTER LXIII	620
CHAPTER LXIV	630
CHAPTER LXV	640
CHAPTER LXVI	650
CHAPTER LXVII	660
CHAPTER LXVIII	670
CHAPTER LXIX	680
CHAPTER LXX	690
CHAPTER LXXI	700
CHAPTER LXXII	710
CHAPTER LXXIII	720
CHAPTER LXXIV	730
CHAPTER LXXV	740
CHAPTER LXXVI	750
CHAPTER LXXVII	760
CHAPTER LXXVIII	770
CHAPTER LXXIX	780
CHAPTER LXXX	790
CHAPTER LXXXI	800
CHAPTER LXXXII	810
CHAPTER LXXXIII	820
CHAPTER LXXXIV	830
CHAPTER LXXXV	840
CHAPTER LXXXVI	850
CHAPTER LXXXVII	860
CHAPTER LXXXVIII	870
CHAPTER LXXXIX	880
CHAPTER LXXXX	890
CHAPTER LXXXXI	900
CHAPTER LXXXXII	910
CHAPTER LXXXXIII	920
CHAPTER LXXXXIV	930
CHAPTER LXXXXV	940
CHAPTER LXXXXVI	950
CHAPTER LXXXXVII	960
CHAPTER LXXXXVIII	970
CHAPTER LXXXXIX	980
CHAPTER LXXXXX	990
CHAPTER LXXXXXI	1000

A P P E N D I X

CONTENTS

CHAPTER I

CHAPTER II

TABLA X

CONDICIONES GENERALES DE LOS SUELOS

LOCALIDAD	ESTADO ACTUAL	PENDIENTE %	ALTITUD m.s.n.m.	TEMPERATURA °C.	FORMACION VEGETAL
TUQUENES	Pradera	10	3.000	11,1	Mb-M (+)
CUREAL	Pradera	17	3.125	10,6	Mb-M
CHECHICAL	Pradera	17	3.000	11,1	Mb-M
CHILES	Pradera	10	3.250	10,1	Mb-M
MULLANES	Pradera	10	3.225	10,2	Mb-M
COLERA	Pradera	10	3.250	10,1	Mb-M
CUARTO ESQUINAS	Pradera	25	3.000	11,1	Mb-M
PANTILMO	Pradera	20	3.150	10,5	Mb-M
SANTALMER	Pradera	25	3.100	10,7	Mb-M
ESPILO	Pradera	10	3.125	10,6	Mb-M

(+) Mb-M = bosque imbricado Montano

TABLA XI

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS

LOCALIDAD	PROFUNDIDAD EN CMS.	HUMEDAD %	COLOR EN SUCCO		ARENAS %	ARCILLAS %	LIBRO %	TEXTURA
			NUMERO	SIGLO				
TOQUEMES	240	4,50	10YR-2/1	10YR-3/2	49,98	13,69	36,33	F (1)
CUMAL	110	21,45	10YR-2/1	10YR-3/2	49,98	11,69	38,33	F
QUACHUCAL	120	12,17	5YR-2/2	10YR-3/1	53,64	9,39	36,97	F - A
CHILES	120	12,18	10YR-2/1	10YR-4/2	48,31	8,69	43,00	F
MEILLANES	190	7,59	10YR-2/2	10YR-4/2	51,23	11,69	37,08	F
COLIMA	50	9,72	5YR-2/2	10YR-4/2	59,23	7,69	33,08	F - A
CUATRO ESQUINAS	240	7,66	10YR-3/2	10YR-4/2	48,31	13,69	38,00	F
PARTIERO	180	7,02	10YR-2/2	10YR-4/2	49,64	11,39	38,97	F
SANTANER	200	3,70	10YR-3/1	10YR-4/2	49,23	18,69	32,08	F
ESPINO	120	10,50	10YR-2/2	10YR-4/2	57,98	7,39	34,63	F - A

(1) F = FINECO
A = AROMOSO

TABLA XII

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE MACRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

1. SUELO TUQUERRES

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
-	0,6770	0,5209	0,7636	0,8605
-F	0,4760	0,5349	0,8104	0,7976
-C	1,3056	1,4810	1,1955	1,9936
-N	0,7439	0,7445	0,7990	0,4375
-P	1,4730	2,5550	1,6379	1,6600
-K	1,4620	1,2950	1,1912	2,0382
-Ca	1,6825	2,1332	1,4707	1,4035
-Mg	0,7210	1,4320	0,6928	1,1404
-S	1,0837	1,5370	1,1271	0,7498
-Cu	1,3750	2,5182	2,7769	2,4448
-Zn	1,5730	1,5368	0,8560	0,6360

TABLA XIII

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA APLICACION DE NITRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g)

2. SUELO GENERAL

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
T	0,8170	0,3868	0,4716	0,7600
C	3,5030	0,7851	0,5623	1,1365
-N	2,2395	2,6973	2,5705	1,4475
-P	0,4530	0,4030	0,6286	0,3610
-K	2,2376	3,5338	1,3478	1,9503
-Ca	1,4265	3,4446	2,6307	2,5028
-Mg	2,1415	2,6675	2,1235	2,0918
-S	1,0667	2,5200	1,5853	1,7573
-B	1,0231	2,2915	2,7210	2,0213
-Cu	1,4914	1,5147	1,7983	2,0934
-Zn	1,4983	3,1313	1,8166	3,3144

TABLA XIV

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE NITRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

3. SUPIO QUINCENAL

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
-P	0,6770	0,8943	1,1131	0,6880
-C	1,0560	1,8951	1,8536	2,5745
-N	3,2466	4,7705	4,3938	2,6277
-P	1,1980	0,5353	1,1709	0,8305
-K	2,9756	5,2465	2,7799	4,0350
-Ca	3,9389	5,5935	5,0223	5,6446
-Mg	0,6199	3,1450	4,7305	4,3930
-S	3,4910	3,3631	3,8260	2,3456
-Cu	4,8830	4,6626	4,7564	3,6495
-Zn	3,2580	4,1699	4,3432	3,5146
-Mo	1,0565	2,1909	2,5023	3,4767

TABLA IV

RESPUESTA DEL RAIZ A LA APLICACION DE MACRO Y MICRONUTRIENTES
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

4. SUMO CHIAS

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
T	0,8757	0,8145	0,5855	0,7976
C	0,7844	0,5919	0,8290	1,6430
N	1,1750	0,9101	2,3109	1,3237
-H	0,9686	0,6196	0,5267	0,6800
-P	0,4631	0,4544	0,7613	0,4604
-K	0,8533	1,6520	2,1270	0,9850
-Ca	2,2113	0,8660	0,8565	0,9130
-Mg	0,9780	1,0791	1,2190	0,2421
-S	0,6022	0,1494	0,1558	1,2305
-Cu	0,8128	1,4900	1,2518	1,2326
-Zn	0,2848	1,0415	1,0470	0,7214
-Mn				

TABLA XVI

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE SACRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

5. SUELO MIELLANERO

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
-T	0,6010	1,1030	0,7870	0,5315
-C	0,9963	0,8401	1,2540	0,8879
-N	1,3570	1,4626	1,0015	0,9932
-P	0,5904	0,5795	0,5300	0,2582
-K	0,2695	1,2514	1,3409	0,9228
-Ca	1,9311	1,4618	0,8925	1,3856
-Mg	1,0871	1,1485	1,8543	1,3845
-S	0,9485	0,2830	0,4113	1,4260
-Cu	1,2378	1,3675	0,7142	1,0045
-Zn	1,1318	0,6970	0,9327	0,5633
-B	0,7163	0,7009	0,3685	0,9740

TABLA XVII

RESPUESTA DEL HIZO A LA APLICACION DE HIZO Y SEQUELAMENTOS
 EN HAZO PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (c.)

6. SIBIO COLIMBA

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
T	0,8064	0,5725	0,7587	1,3862
C	1,2890	0,5370	0,8618	2,4542
-H	1,4032	1,3210	1,1812	2,6160
-P	0,5307	0,5570	0,6670	0,7046
-K	1,6155	1,0292	1,2892	1,3655
-Ca	1,2141	2,1430	1,1863	1,5712
-Ca	1,5310	1,9310	1,4402	1,6603
-Hg	0,8994	1,2564	0,6149	2,3910
-S	1,5467	0,7676	0,8620	1,5514
-On	1,3130	4,7495	0,0831	1,9733
-On	0,5546	1,7629	2,0750	1,4391

TABLA XVIII

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE MACRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

7. SUELO CUATRO ESQUINAS

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
P	1,3399	0,8465	1,3285	1,4030
G	1,2280	1,0446	1,1390	0,7831
M	1,1467	1,3328	1,0115	1,1148
P	0,7183	0,6620	1,0334	1,0610
P	1,6630	0,7434	1,2633	1,0855
K	1,7550	2,0370	1,4568	1,1366
-Ca	0,5421	0,9344	1,3813	1,1810
-Mg	1,0200	0,7688	0,7551	1,0480
-S	0,7572	0,9126	1,1530	1,2530
-Cu	1,4235	1,4175	0,8820	0,7115
-Zn	0,6512	0,9285	0,9933	0,7746
-B				

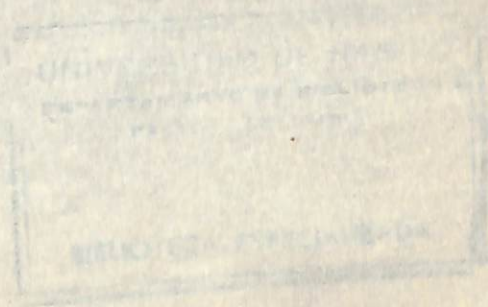


TABLA XIX

RESPUESTA DEL RAIZ A LA APLICACION DE INICIO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL. (g.)

6. SUELO PARTIDERO

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
-	1,0153	0,6031	0,4658	0,6114
-C	0,8518	0,9290	0,8137	1,1326
-H	0,8400	1,8055	1,4310	1,9750
-P	0,4644	0,6250	0,6614	0,9253
-K	0,9530	1,2130	1,4714	1,1913
-Ca	1,8404	1,4478	2,1672	1,1719
-Co	1,0941	2,1305	1,6030	0,8954
-Mg	1,1193	1,2760	0,2953	1,5514
-S	1,1204	2,1913	1,7704	0,4770
-Cu	1,1203	1,5130	1,3126	0,8763
-Zn	1,1203	0,6136	1,4203	1,0190
-Fe	1,1972			

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA S
PASTO - COLOMBIA
BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

TABLA XX

RESPUESTA DEL MAIZ A LA APLICACION DE MACRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PISO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

9. SUELO SANTANDER

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
T	0,9236	0,6835	0,5310	0,0870
C	1,6922	0,6427	0,7845	1,0392
-N	1,0205	1,6446	1,0310	1,4996
-P	0,9285	0,7050	0,5620	0,8266
-K	0,8700	1,3234	0,6226	2,0923
-Ca	2,3926	1,1879	0,7765	0,6913
-Mg	1,0328	1,6802	1,8272	1,6128
-S	0,5138	0,4905	1,5376	1,1043
-B	0,3577	0,6359	0,0527	2,2890
-Cu	0,6585	0,9334	1,2226	1,3365
-Zn	0,8673	0,9250	0,5237	1,1650

TABLA XXI

RESPUESTA DEL RAIZ A LA APLICACION DE MACRO Y MICROELEMENTOS
EN BASE PESO SECO DEL MATERIAL VEGETAL (g.)

10. SORLO ESPINO

TRATAMIENTOS	REPLICACIONES			
	I	II	III	IV
T	0,9310	0,6340	0,5903	0,7476
C	0,2300	1,0354	0,6176	0,9578
-N	1,6634	1,3960	1,4710	0,8860
-P	0,4553	0,3274	0,4920	0,3700
-K	1,9684	1,4480	1,6825	1,5000
-Ca	2,0990	2,0436	2,5000	2,2098
-Mg	0,9995	2,1440	1,5490	0,9650
-S	2,8892	0,4818	0,1154	1,9590
-B	1,7863	0,5642	1,0466	0,9799
-Cu	1,3478	1,2425	1,8755	1,0433
-Mn	0,8010	1,3838	1,5335	0,6910

TABLA XXII

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE JUNGKAI - SUMIO TAYUBERES

	0	-P	?	-S	-Cu	-do	-Co	-E	-SE	-K	-Ba
-Ba	1,6250**	1,5985**	1,5742**	1,2812**	1,1541**	1,1168**	0,7831**	0,7658**	0,6053**	0,4483*	---
-K	1,1767**	1,1502**	1,1259**	0,8329**	0,7058**	0,6605**	0,3348	0,3175	0,1570	---	---
-SE	1,0197**	0,9932**	0,9689**	0,6759**	0,5480**	0,5115*	0,1778	0,1605	---	---	---
-E	0,8992**	0,8327**	0,8084**	0,5154*	0,3883	0,3510	0,0173	---	---	---	---
-Co	0,8419**	0,8154**	0,7911**	0,4981*	0,3710	0,3337	---	---	---	---	---
-do	0,5982*	0,4817*	0,4574*	0,1644	0,0373	---	---	---	---	---	---
-Cu	0,4709*	0,4444*	0,4201*	0,1271	---	---	---	---	---	---	---
-S	0,3438	0,3173	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
?	0,0908	0,0243	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	0,0265	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

** Aumento significativo

* Significativo

TAULA XXIII

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE DURKAN - SUELO COMUNAL

	-P	T	C	-Ma	-S	-Ca	-E	-Bg	-L	-Mo	-Ca
-Ca	2,0297**	1,6973**	1,0094**	0,7817*	0,7713*	0,4894	0,2674	0,2500	0,2388	0,0660	---
-Mo	1,9637**	1,8313**	0,9434*	0,7157	0,7053	0,4234	0,2014	0,1840	0,1720	---	---
-L	1,7909**	1,6595**	0,7706*	0,5429	0,5385	0,2506	0,0286	0,0112	---	---	---
-Bg	1,7797**	1,6473**	0,7594*	0,5317	0,5213	0,2394	0,0174	---	---	---	---
-E	1,7623**	1,6299**	0,7420	0,5143	0,5039	0,2220	---	---	---	---	---
-Ca	1,5403**	1,4079**	0,5200	0,2923	0,2819	---	---	---	---	---	---
-S	1,2584**	1,1260**	0,2381	0,0104	---	---	---	---	---	---	---
-Ma	1,2480**	1,1156**	0,2277	---	---	---	---	---	---	---	---
C	1,0203**	0,8879*	---	---	---	---	---	---	---	---	---
T	0,1324	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

** Altoamente significativo

* Significativo

TABLA XXIV

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE DUNCAN - SURSO GUACHUCAL

	T	-P	0	-20	-16	-8	-4	-2	-1	-0.5	-0.25
-0.5	4,2052**	4,1162**	2,9975*	2,5432*	1,8277	1,7934	1,2906	1,2902	1,2259	0,5620	---
-0.25	3,6432**	3,5542**	2,4355*	1,9812	1,2657	1,2314	0,7656	0,7282	0,6639	---	---
-0.125	2,9793*	2,8903*	1,7716	1,3173	0,6018	0,5675	0,0647	0,0643	---	---	---
-0.0625	2,9150*	2,8260*	1,7073	1,2530	0,5375	0,5032	0,0004	---	---	---	---
-0.03125	2,9146*	2,8256*	1,7069	1,2526	0,5371	0,5028	---	---	---	---	---
-0.015625	2,4118*	2,3228*	1,2041	0,7498	0,0343	---	---	---	---	---	---
-0.0078125	2,3775*	2,2885	1,1698	0,7155	---	---	---	---	---	---	---
-0.00390625	1,6620	1,5730	0,4543	---	---	---	---	---	---	---	---
0	1,2077	1,1187	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	0,0830	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

** Altamente significativo

* Significativo

TABLE XVI

RESULTS FROM LA FRENDA DE BURGAS - CUMULO MILLIAMETROS

	-P	-S	T	-S	-M	-K	C	-Cu	-I	-U	-O
-Ca	0,937 ⁺⁺	0,7403 ⁺⁺	0,6746 ⁺⁺	0,6615 ⁺⁺	0,5930 ⁺⁺	0,4816 ⁺	0,4357 ⁺	0,3492	0,2267	0,0616	---
-Mg	0,8741 ⁺⁺	0,6767 ⁺⁺	0,6130 ⁺⁺	0,5999 ⁺⁺	0,5374 ⁺⁺	0,4200 ⁺	0,3741 ⁺	0,2876	0,1651	---	---
-I	0,7090 ⁺⁺	0,5136 ⁺⁺	0,4479 ⁺	0,4348 ⁺	0,3723 ⁺	0,2949	0,2030	0,1225	---	---	---
-Cu	0,5865 ⁺⁺	0,3911 ⁺	0,3254	0,3123	0,2498	0,1324	0,0865	---	---	---	---
C	0,5000 ⁺⁺	0,3046	0,2389	0,2258	0,1633	0,0459	---	---	---	---	---
-K	0,4541 ⁺	0,2587	0,1930	0,1799	0,1174	---	---	---	---	---	---
-Mn	0,3397	0,1413	0,0756	0,0625	---	---	---	---	---	---	---
-S	0,2742	0,0708	0,0131	---	---	---	---	---	---	---	---
T	0,2611	0,0657	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-Na	0,1954	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

++ Aumento significativo

+ significativo

TABLA XVIII

RESULTADOS SOBRE LA PRUEBA DE BUNZAN - SUELO COLIBIDA

	-Ca	0	-S	-Z	-Bo	-Co	-P	-N	-Ag	-Zn
-Zn	1,1488 ⁺⁺	0,8476 ⁺	0,7442	0,7393	0,7049	0,5718	0,5011	0,4149	0,3994	0,3891
-Ag	0,7597	0,4587	0,3551	0,3502	0,3158	0,1827	0,1120	0,0258	0,0103	-----
-Z	0,7494	0,4484	0,3448	0,3399	0,3055	0,1724	0,1017	0,0155	-----	-----
-P	0,7339	0,4329	0,3293	0,3244	0,2900	0,1569	0,0862	-----	-----	-----
-Co	0,6477	0,3467	0,2431	0,2382	0,2036	0,0707	-----	-----	-----	-----
-Bo	0,5770	0,2760	0,1724	0,1675	0,1331	-----	-----	-----	-----	-----
-Z	0,4439	0,1439	0,0393	0,0344	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-S	0,4095	0,1085	0,0049	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0,4046	0,1036	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-Ca	0,3010	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
P	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

++ Altamente significativo
 + significativo

TABLA XVIII

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE JINKS - SUELO CUATRO ESQUINAS

	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10
-0a	0,7594**	0,7277**	0,6995**	0,5774**	0,5616**	0,5477**	0,4877**	0,4875*	0,3669*	0,3199	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-1	0,4395**	0,4078*	0,3794*	0,2575	0,2417	0,2278	0,1670	0,0876	0,0470	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0,3925*	0,3608*	0,3324*	0,2105	0,1947	0,1800	0,1200	0,0406	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-3	0,3519*	0,3202 +	0,2910	0,1699	0,1541	0,1402	0,0802	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-4a	0,2717	0,2400	0,2116	0,0897	0,0739	0,0600	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5	0,2117	0,1800	0,1516	0,0297	0,0139	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-6	0,1976	0,1661	0,1377	0,0158	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-7a	0,1820	0,1503	0,1219	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-8	0,0601	0,0284	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-9	0,0317	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

+* Altoamente significativo

+ Significativo

TABLA XXIX

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE DUNNAN - SUELO PARTIDERO

	-p	-r	0	+s	+to	+tm	+x	+ca	+ag	+i	+ca
-ca	0,9878**	0,9829**	0,7251**	0,5963*	0,5943*	0,4512	0,4497	0,2571	0,2261	0,1440	-----
-i	0,8438**	0,8369**	0,5811*	0,4523	0,4503	0,3072	0,3057	0,1231	0,0921	-----	-----
-ag	0,7617**	0,7568**	0,4990*	0,3702	0,3682	0,2251	0,2236	0,0410	-----	-----	-----
-ca	0,7207**	0,7158**	0,4590*	0,3292	0,3272	0,1841	0,1826	-----	-----	-----	-----
-x	0,5381*	0,5332*	0,2754	0,1466	0,1446	0,0015	-----	-----	-----	-----	-----
-tm	0,5366*	0,5317*	0,2739	0,1451	0,1431	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-to	0,3935	0,3886	0,1300	0,0020	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-s	0,3915	0,3866	0,1298	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0	0,2627	0,2578	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
r	0,0049	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-p	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

** Aumento significativo

* Significativo

TABLA XXX

RESULTADOS SEGUN LA FORMA DE BUNGAN - SURILO SAUWANDER

	-P	T	-C1	-6	-20	-22	0	-K	-Ca	-lg	-3
-5	1,8463**	1,8456**	1,7630**	1,6903**	1,6566**	1,5641**	1,5622**	1,3749**	1,3398**	1,0636**	---
-4	0,7827**	0,7820**	0,7044*	0,6267*	0,5930*	0,5005	0,4986	0,3112	0,2762	---	---
-3	0,5065	0,5058	0,4282	0,3505	0,3168	0,2243	0,2224	0,0350	---	---	---
-2	0,4715	0,4700	0,3932	0,3155	0,2818	0,1893	0,1874	---	---	---	---
0	0,2841	0,2834	0,2058	0,1281	0,0944	0,0019	---	---	---	---	---
-22	0,2822	0,2815	0,2039	0,1262	0,0925	---	---	---	---	---	---
-20	0,1897	0,1890	0,1114	0,0337	---	---	---	---	---	---	---
-6	0,1560	0,1553	0,0777	---	---	---	---	---	---	---	---
-C1	0,0783	0,0776	---	---	---	---	---	---	---	---	---
T	0,0007	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

** Altamente significativo

* Significativo

TABLE XXI

RESULTS FROM LA PRUEBA DE VERGAS -- SUELO ESPINO

	-P	C	T	-10	-0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
-Ca	1,9220**	1,6229**	1,6074**	1,2303**	1,1389**	0,9793**	0,9718**	0,9188**	0,8294**	0,6831*					
-X	1,2386**	0,9395**	0,9240**	0,5274	0,4555	0,2956	0,2884	0,2354	0,1460						
-M	1,0926**	0,7935**	0,7760**	0,4014	0,3095	0,1496	0,1424	0,0894							
-E	1,0032**	0,7041*	0,6886*	0,3120	0,2201	0,0602	0,0530								
-S	0,2502**	0,6511*	0,6356*	0,2590	0,1671	0,0072									
-I	0,9430**	0,6439*	0,6284*	0,2518	0,1599										
-O	0,7031**	0,4840	0,4685	0,0919											
-B	0,6912	0,3921	0,3766												
T	0,3146	0,0155													
0	0,2971														
-P															

** Aumento significativo

* Significativo

TABLA XXXII

RESULTADOS SEGUN LA PRUEBA DE MECAN - GENERAL PARA EL ALTIPLANO DE TUCUMAN

	-P	T	0	-10	-8	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18
-Co	1,363 ⁺⁺	1,224 ⁺⁺	0,908 ⁺⁺	0,728 ⁺⁺	0,710 ⁺⁺	0,540 ⁺	0,432 ⁺	0,352 ⁺	0,347 ⁺	0,174 ⁺	---	---	---
-S	1,192 ⁺⁺	1,050 ⁺⁺	0,733 ⁺⁺	0,554 ⁺	0,536 ⁺	0,360	0,258 ⁺	0,178 ⁺	0,173 ⁺	---	---	---	---
-Lg	1,018 ⁺⁺	0,876 ⁺⁺	0,561 ⁺	0,381 ⁺	0,363 ⁺	0,192 ⁺	0,085 ⁺	0,004 ⁸	---	---	---	---	---
-In	1,014 ⁺⁺	0,872 ⁺⁺	0,556 ⁺	0,376 ⁺	0,358 ⁺	0,187 ⁺	0,080 ⁵	---	---	---	---	---	---
-K	0,932 ⁺⁺	0,791 ⁺⁺	0,475 ⁺	0,296 ⁺	0,278 ⁺	0,107 ⁺	---	---	---	---	---	---	---
-Ca	0,826 ⁺⁺	0,684 ⁺⁺	0,368 ⁺	0,187 ⁺	0,170 ⁺	---	---	---	---	---	---	---	---
-6	0,655 ⁺⁺	0,513 ⁺	0,197 ⁺	0,018 ⁺	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-10	0,637 ⁺⁺	0,495 ⁺	0,179 ⁺	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
C	0,457 ⁹	0,315 ⁸	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
T	0,142 ¹	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
-P	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

++ Altamente significativo

+ Significativo

TABLA XXXIII

RESULTADOS SOBRE LA PRUEBA DE BUNZAN - COMPARACION ENTRE LOS SUELOS ESTUDIADOS

	4	5	7	8	9	10	1	6	2	3
3	2,1104 ⁺⁺	2,1027 ⁺⁺	1,9623 ⁺⁺	1,8996 ⁺⁺	1,8897 ⁺⁺	1,8130 ⁺⁺	1,7792 ⁺⁺	1,7110 ⁺⁺	1,2663 ⁺⁺	-----
2	0,8441 ⁺⁺	0,8364 ⁺⁺	0,6966 ⁺⁺	0,6333 ⁺⁺	0,6234 ⁺⁺	0,5467 ⁺	0,5129 ⁺	0,4455	-----	-----
6	0,3986	0,3909	0,2511	0,1870	0,1779	0,1012	0,0674	-----	-----	-----
1	0,3312	0,3235	0,1837	0,1204	0,1105	0,0338	-----	-----	-----	-----
10	0,2974	0,2897	0,1499	0,0866	0,0767	-----	-----	-----	-----	-----
9	0,2207	0,2130	0,0732	0,0099	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	0,2108	0,2031	0,0633	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7	0,1475	0,1398	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5	0,0071	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- 1 = Téguarros
- 2 = Guatral
- 3 = Guachucal
- 4 = Chilea
- 5 = Huallacabo
- 6 = Colimba
- 7 = Cuatro Requeles
- 8 = Partidaro
- 9 = Santander
- 10 = Espino

⁺⁺ Altamente significativo

⁺ Significativo

E-631.8
B826
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 15110

Autor: Bravo Rojas, Alfredo

Título: Estudio de fertilidad
en suelos altiplano T.

Fecha Dev.	Nombre	Carpet
	Alfonso Rodriguez	22108131

X

T
E-631.8
B826
Ej.1

15110

X @