

**EFFECTO DE LA SUCCION MATRICAL SOBRE LA UTILIZACION DEL FOSFORO,
EN UN ANDOSOL DE NARIÑO, COLOMBIA**

por

JORGE BUCHELI MORA

GUSTAVO MONTENEGRO ENRIQUEZ

**Tesis de Grado presentada como requisito parcial
para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO**

Presidente de Tesis

LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M. Sc.

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

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA**

1977

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS	
PASTO - COLOMBIA	
No. <u>20267</u>	Fl. <u>1</u>
Vols. <u>900 -</u>	Vol. <u> </u>
Fecha <u>IX-22-77</u>	Con. <u>X</u>
Falt. <u>Agencia de</u>	<u> </u>
Librería <u>Antor</u>	Grup. <u> </u>

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

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO :

AL CORTEJADO JORGE BUCHELI MORALES

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

DEDICO :

GUSTAVO MONTENEGRO ENRIQUEZ

MN
 T
 631.85
 13919
 9.4

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	2
2.1	Conceptos de la fisiología vegetal	2
2.2	Definición de la fisiología vegetal	3
2.3	Importancia de la fisiología vegetal	3
AGRADECIMIENTOS A :		
2.4	Al Profesor Dr. LUCIO LEGARDA BURBANO I.A., M. Sc.	4
2.5	Al Profesor Dr. RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M. Sc.	5
2.6	Al Profesor Dr. MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.	6
III.	MATERIALES Y METODOS	7
3.1	Plantas utilizadas	7
3.2	Caracterización general del lugar	8
3.2.1	Localización	8
3.2.2	Altura	9
3.3	Método experimental	9
3.3.1	Condiciones de cultivo	9
3.3.2	Adquisición de material vegetal	10
3.4	Curva de rotación de humedad	10
3.5	Diagrama experimental	11
3.6	Manejo del experimento	11
3.6.1	Etapa de invernadero	11
3.6.2	Exposición	12
3.7	Análisis del material vegetal	12
3.7.1	Determinación del contenido de agua	12

CONTENIDO

	3.7.2 Determinación del Ca y Mg	Pág. 17
	3.7.3 Determinación del Na y K	17
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
V.	2.1 Succión del agua del suelo	3
VI.	2.2 Influencia de la succión total en el crecimiento de las plantas	5
VII.	2.3 Influencia de la succión del agua del suelo en la absorción del fósforo por las plantas	8
	2.4 El fósforo en el suelo	10
	2.5 El fósforo en la planta	11
III.	MATERIALES Y METODOS	13
	3.1 Planta indicadora	13
	3.2 Condiciones generales del lugar	13
	3.2.1 Localización	13
	3.2.2 Clima	13
	3.3 Suelo experimental	13
	3.3.1 Condiciones generales	13
	3.3.2 Métodos utilizados para la caracterización físico-química del suelo estudiado	14
	3.4 Curva de retención de humedad	14
	3.5 Diseño experimental	15
	3.6 Manejo del experimento	15
	3.6.1 Etapa de invernadero	15
	3.6.2 Cosecha	16
	3.7 Análisis del material vegetal	16
	3.7.1 Determinación del fósforo absorbido	16

FIN
T
631.85
13919
g.1.

ILUSTRACIONES

Pág.

3.7.2 Determinación del Ca y Mg	17
3.7.3 Determinación del Na y K	17
3.8 Análisis estadístico	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	18
V. CONCLUSIONES	40
VI. RESUMEN	41
VII. BIBLIOGRAFIA	43
APENDICE	49

FIGURA 3. Curva de retención de humedad del suelo experimental	25
--	----

APENDICE

FIGURA 1. Relación entre la succión matricial del suelo y el área foliar de las plantas para cada fuente fosfatada	1
--	---

FIGURA 2. Relación entre las fuentes de fósforo suministradas y el área foliar de las plantas, influenciadas por la succión matricial del suelo	2
---	---

ILUSTRACIONES

Pág.

FIGURA 1.	Relación entre la succión matricial del suelo y el fósforo absorbido por la planta, suministrado en tres fuentes .	23
FIGURA 2.	Relación entre las tres fuentes fosfatadas y la absorción de fósforo por las plantas, influenciadas por la succión matricial del suelo	24
FIGURA 3.	Curva de retención de humedad del suelo experimental	25

APENDICE

FIGURA 1.	Relación entre la succión matricial del suelo y el área foliar de las plantas para cada fuente fosfatada	1
FIGURA 2.	Relación entre las fuentes de fósforo suministradas y el área foliar de las plantas, influenciadas por la succión matricial del suelo	2

TABLAS

TABLA VIII.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz (mg/planta)	Pág.
TABLA I.	Fósforo absorbido por plantas de maíz, cuando se aplicó al suelo Superfosfato triple en base a diferentes succiones	26
TABLA II.	Fósforo absorbido por plantas de maíz, cuando se aplicó al suelo 10-30-10 en base a diferentes succiones	27
TABLA III.	Fósforo absorbido por plantas de maíz, cuando se aplicó Callos al suelo en base a diferentes succiones	28
TABLA IV.	Fósforo absorbido por plantas de maíz, cuando se aplicó las tres fuentes fosfatadas al suelo (SFT, 10-30-10 y Callos) en base a diferentes succiones	29
TABLA V.	Análisis de variancia del fósforo absorbido por plantas de maíz (mg/planta) teniendo en cuenta las succiones y las fuentes fosfatadas	30
TABLA VI.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz (mg/planta) bajo la fuente de Superfosfato triple, influenciada por seis succiones	31
TABLA VII.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz (mg/planta) bajo la fuente del fertilizante 10-30-10 influenciada por seis succiones	32

TABLA VIII.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz (mg/planta)	
TABLA I.	bajo la fuente de Calfos, influenciada por seis succiones	33
TABLA IX.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por la succión de 0,1 bares	34
TABLA X.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por la succión de 0,3 bares	35
TABLA XI.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por la succión de 0,5 bares	36
TABLA XII.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por la succión de 1,0 bares	37
TABLA XIII.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por la succión de 5,0 bares	38
TABLA XIV.	Comparador de Tukey para el fósforo absorbido por plantas de maíz, bajo las tres fuentes fosfatadas, influenciadas por succión de 10,0 bares	39

APENDICE

	Pág.
TABLA VIII. Potasio absorbido por plantas de maíz, suministrado a los tres tratamientos, bajo la forma de sulfato de potasio, influenciado por las diferentes succiones aplicadas	3
TABLA IX. Descripción del perfil del suelo experimental	4
TABLA X. Características físico-químicas del suelo experimental	5
TABLA XI. Calcio absorbido por plantas de maíz, suministrado a los tres tratamientos, bajo la forma de hidróxido de calcio, influenciado por las diferentes succiones aplicadas	6
TABLA XII. Análisis de variancia del calcio absorbido por plantas de maíz (mg/planta), teniendo en cuenta las succiones y las fuentes fosfatadas	7
TABLA XIII. Magnesio absorbido por plantas de maíz, suministrado a los tres tratamientos, bajo la forma de sulfato de magnesio, influenciado por las diferentes succiones aplicadas	8
TABLA XIV. Análisis de variancia del magnesio absorbido por plantas de maíz (mg/planta), teniendo en cuenta las succiones y las fuentes fosfatadas	9

EFFECTO DE LA SUCCION MATRICAL SOBRE LA UTILIZACION DEL POTASIO. Pág.
EN UN ARROZAL DE MARINO, COLOMBIA (1)

TABLA VIII.	Potasio absorbido por plantas de maíz, suministrado a los tres tratamientos, bajo la forma de cloruro de potasio, influenciado por las diferentes succiones aplicadas	10
TABLA IX.	Análisis de variancia del potasio absorbido por plantas de maíz (mg/planta) teniendo en cuenta las succiones y las fuentes fosfatadas	11
TABLA X.	Sodio absorbido por plantas de maíz, suministrado a los tres tratamientos, bajo la forma de molibdato de sodio, influenciado por las diferentes succiones aplicadas	12
TABLA XI.	Análisis de variancia del sodio absorbido por plantas de maíz (mg/planta) teniendo en cuenta las succiones y las fuentes fosfatadas	13
TABLA XII.	Relación entre el área foliar y el fósforo absorbido por plantas de maíz	14

Para lograr un crecimiento adecuado, las plantas requieren que haya un suministro suficiente de estos iones, desde la fase edáfica del suelo hasta la solución del mismo y de ésta, hasta el espacio radicular (1).

Ensayos de fertilización, tanto en trigo como en papa y maíz, realizados en el área del Altiplano de Jirón, han demostrado que existe una respuesta positiva a la fertilización fosforada, pero que esta respuesta

(1) Tesis de grado presentada como requisito para el título de Ingeniero Agrónomo, por el Sr. J. A. R. N. y licenciada en la Universidad de la Amazonia.

EFECTO DE LA SUCCION MATRICAL SOBRE LA UTILIZACION DEL FOSFORO,
EN UN ANDOSOL DE NARIÑO, COLOMBIA (*)

El maíz se considera una buena planta indicadora, ya que es sensible al abastecimiento del agua. Por consiguiente, la duración del período vegetativo, y el tipo de suelo principalmente. La influencia de la humedad sobre el cultivo del maíz ha sido estudiada por muchos investigadores, los cuales han encontrado que la planta manifiesta efectos marcados al variar el contenido de humedad en el suelo, siendo su crecimiento afectado a medida que aquella disminuye o aumenta en el suelo.

JORGE BUCHELI MORA

GUSTAVO MONTENEGRO ENRIQUEZ

I. INTRODUCCION

Mediante el presente trabajo se determinó el efecto de diferentes condiciones de succión matricial del agua del suelo sobre el aprovechamiento. La succión es un factor básico para describir el comportamiento del agua en el suelo. Los suelos a varias profundidades ejercen la misma succión, y el resultado puede ser el mismo a pesar de tener distintos valores de humedad, pero no es igual para diferentes texturas a cualquier nivel de humedad (19).

Para lograr un crecimiento adecuado, las plantas requieren que haya un flujo continuo de iones de ácido fosfórico desde el sistema del suelo, hasta el interior de las raíces, o sea que existe entonces un movimiento neto y continuo de estos iones, desde la fase sólida del suelo hasta la solución del mismo y de ésta, hacia el espacio radical (3).

Ensayos de fertilización, tanto en trigo como en papa y maíz, realizados en el área del Altiplano de Pasto, han demostrado que existe una marcada respuesta a la fertilización fosfatada, pero queda por demos-

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Lucio Legarda B. I.A., M. Sc. y Ricardo Guerrero R. I.A., M. Sc.

- 2 -

trar el efecto de diferentes regímenes de humedad, ya que se ha encontrado influencia marcada respecto a la solubilidad del fósforo con relación a ésta.

El maíz se considera una buena planta indicadora, ya que es sensible al abastecimiento del agua. El consumo de agua se encuentra determinado por el clima, la duración del período vegetativo, y el tipo de suelo principalmente. La influencia de la humedad sobre el cultivo del maíz ha sido estudiada por muchos investigadores, los cuales han encontrado que la planta manifiesta efectos marcados al variar el contenido de humedad en el suelo, siendo su crecimiento afectado a medida que aquella disminuye o aumenta en el suelo.

Mediante el presente trabajo se determinó el efecto de diferentes condiciones de succión matricial del agua del suelo sobre el aprovechamiento del fósforo en un Andosol del Altiplano de Pasto, Nariño, utilizando como planta indicadora el maíz (*Zea mays* L.), señalando la pauta para la aplicación más eficiente de los fertilizantes fosfatados en relación con el contenido de humedad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Succión del agua del suelo

La propiedad del suelo de atraer y retener el agua en estado líquido, de hincharse y en general de hidratarse, es el resultado de la acción compuesta y compleja de una serie de fenómenos tales como la presión capilar, la presión osmótica y la presión originada por la adsorción. En consecuencia, la tensión del agua ejercida por el suelo es igual a la suma de la presión capilar, presión osmótica y la adsorción (43).

La succión del agua del suelo afecta fundamentalmente a la absorción del agua por la planta y al aprovechamiento de nutrimentos. Así mismo afecta los procesos biológicos del suelo, de los que depende en alto grado la asimilación de nutrimentos por la planta. Entre estos procesos, uno de los más importantes es la nitrificación (22).

La disponibilidad de agua dentro de los límites de humedad aprovechable, ha sido motivo de controversia, con la evolución del conocimiento en el campo de la Física de Suelos. Algunas evidencias a este respecto indican que el crecimiento se reduce desde la capacidad de campo hasta el porcentaje de marchitamiento permanente. También se sabe que este último concepto no está determinado únicamente por las características del suelo, sino principalmente por la característica osmótica de la planta. Las plantas absorben agua fuera del porcentaje de marchitamiento permanente y la capacidad de campo. El porcentaje de la humedad del suelo no tiene valores permanentes cuando está por debajo de la capacidad de campo (45).

La tensión de la humedad del suelo a la capacidad de campo está en un rango de 0,1 a 0,4 bares. Los valores de la tensión de humedad del suelo con respecto al punto de marchitamiento cambian grandemen

te pero varían poco cuando está cerca de los 15 bares (34, 38).
la asimilación de nutrientes por la planta (37). Cuando se establece el

Wadleigh y Ayres (47), con el fin de proporcionar una base dinámica para comprender los efectos osmóticos sobre el crecimiento de las plantas propusieron el concepto de succión total de la humedad del suelo que se expresa de la siguiente manera :

$$S = T + P$$

- Donde :
- S = succión total de la humedad del suelo en bares
 - T = tensión de la humedad del suelo en bares
 - P = presión osmótica de la solución del suelo en bares

Obviamente :

$$T = f(H) \quad \text{y} \quad P = f(H)$$

H = porcentaje de humedad del suelo

Richards y Ogata (34) y también Taylor (41) propusieron los términos : succión matriz y succión del suelo. La succión matriz es originada por la fase sólida del suelo, mientras que la segunda por las sustancias solubles en el agua del suelo, es decir por la solución del suelo.

La succión matricial del agua del suelo se manifiesta como la porción del potencial matricial del agua que puede atribuirse a la atracción del agua por el suelo o por la matriz de la planta que influye sobre la absorción del agua por las plantas, y lógicamente en el aprovechamiento de nutrientes en la solución del suelo. Así mismo, modifica

los procesos biológicos del suelo, de los cuales depende en alto grado la asimilación de nutrimentos por la planta (37). Cuando se usa simplemente la palabra succión, se refiere a la succión matricial. La succión de la solución es causada por la presión de los electrolitos libres que se encuentran en el suelo y la succión matriz es causada por el conjunto de la presión capilar y de la adsorción.

Según Gavande y Bornemisza (15), la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo definió la succión total del suelo como "la presión negativa que registra un manómetro en comparación con la presión externa del gas, que tiene que aplicarse a una solución de composición idéntica a la del agua del suelo, para que la solución esté en equilibrio de flujo con el agua del suelo, por medio de su contacto mutuo a través de una pared permeable que permita solamente el flujo del agua del suelo". En otros términos, la succión es igual a la suma de la succión matricial y del agua en el suelo, además de la succión osmótica.

La succión osmótica es baja cuando la concentración de la sal en la solución del suelo también es baja y por lo tanto, la succión total es igual a la succión matricial (12).

Recientemente se ha adoptado como unidad de trabajo para efectos de succión, el bar, que es una unidad similar a la atmósfera (1 bar = 0,987 atmósferas; 1 atmósfera = 1,013 bares) y el milibar (10^3 dinas/cm²) se aproxima también a la presión de 1 cm de agua (1 milibar = h/1,022). Según algunos autores (15, 34, 35) estas unidades de medida de la succión son de utilidad para expresar en forma consistente altas o bajas retenciones de agua por el suelo.

2.2 Influencia de la succión total en el crecimiento de las plantas

Según Hunter y Keley (21), Peters y Runkles (33), en general, la succión del agua puede afectar al sistema radical en tres formas :

a) en la dirección del crecimiento de las raíces; b) en la extensión lateral y en profundidad; y c) en el crecimiento relativo del sistema radical con respecto a la parte aérea. Cuando no hay succión, o sea que las raíces están en contacto con el agua, cambia la dirección del crecimiento de manera que puede tornarse en dirección contraria a la superficie del agua, debido al exceso del líquido (21). La extensión de las raíces parece estar controlada principalmente por las características genéticas de la planta, pero está expuesta también a los factores edáficos (37). El crecimiento en volumen de las raíces y raicillas es muy pequeño cuando el suelo está seco, pero pequeños incrementos de humedad originan grandes aumentos en el volumen del sistema radical total en la zona mojada (33). Experimentos realizados con plantas de maíz demuestran que, si bien el sistema radical acelera su elongación por periodos de tiempo corto bajo succiones altas, llega un momento en que se anula la elongación, lo que sucede aproximadamente entre 6 y 8 bares de succión de humedad (36).

Pero no sólo la succión de la humedad influye sobre la elongación de las raíces, ya que se ha experimentado con plantas en solución nutritiva y en suelos con las mismas succiones, encontrándose que las raíces desarrollaron mejor en la solución nutritiva que en el suelo, por lo que se concluyó que la penetrabilidad del suelo influye en el crecimiento radical (17). También se ha investigado la influencia de la presión osmótica de la solución del suelo y la succión del suelo y se encontró que ambas son aditivas en relación con el crecimiento de las raíces (17).

Se ha relacionado la fuerza succión del agua del suelo con la absorción de iones por las raíces. Olsen y colaboradores (29) encontraron que la absorción de fosfatos se reduce a medida que aumenta la succión de la humedad del suelo.

La aireación de un suelo disminuye al aumentar la humedad o bien, al disminuir la fuerza de succión del agua. Se ha relacionado la aireación con el ritmo de difusión de oxígeno y se ha determinado que

concentraciones menores de 10,5% de oxígeno en el aire del suelo, son limitantes para el crecimiento de las raíces. Se considera que un ritmo de difusión de oxígeno de 0,2 microgramos por centímetro cuadrado por minuto, es límite, el mínimo crítico para las plantas (40). También se ha encontrado que cuando los espacios aéreos se reducen a menos de un 10%, la difusión de oxígeno se anula. Este valor es considerado como punto crítico en el crecimiento de los cultivos (46).

A medida que aumenta la succión en el suelo, la planta tiene que hacer un mayor esfuerzo para extraer el agua. Este esfuerzo afecta el crecimiento. La respuesta del crecimiento de la planta al déficit de humedad en el suelo es una característica de cada especie (33, 36). En las plantas de tomate el aumento de longitud de los renuevos disminuye al someterla a períodos cortos de humedad del suelo, pero se restablece al restituir la humedad (33, 36). Por lo general, la elongación de las plantas disminuye al aumentar la succión del suelo.

Se ha relacionado las funciones de la reproducción de las plantas con la succión del suelo y se ha encontrado que al aumentar ésta disminuye la polinización (37). El tamaño y forma de los frutos también son afectados por la succión del suelo. A mayor succión el porcentaje de frutos pequeños es mayor (37, 20).

Trabajando con Coffea robusta, Lemme y Boyer, citados por Bravo y Fernández (7) encontraron que el crecimiento vegetativo estuvo estrechamente relacionado con la succión de la humedad del suelo. En un trabajo hecho en macetas, estos autores hallaron que el crecimiento de las hojas era óptimo cuando la humedad del suelo era igual a la capacidad de campo, pero disminuía hasta detenerse cuando el contenido de humedad alcanzaba el punto de marchitez.

Wilson y Huffaker, citados por Tisdale y Nelson (42) al trabajar con trébol subterráneo (Trifolium subterraneum) encontraron que al aumentar la tensión de humedad en el suelo, se redujo la absorción del fósforo y del agua, como también se disminuyó la formación de com -

puestos fosfatados en la planta. Se ha demostrado que la tasa de fotosíntesis disminuye marcadamente en las plantas sometidas a altas tensiones de humedad, como también disminuye la incorporación de glucosa en los polisacáridos de la pared celular (42).

Dean y Gledhill (9) informan haber encontrado mayor absorción de fósforo en las plantas de cebada en suelo húmedo que en suelo seco. En maíz, Medersky y Wilson (28) encontraron también una relación directa entre el contenido de humedad del suelo y la absorción del fósforo. En su trabajo experimental en el cual relacionaron la succión del suelo y la absorción de iones por las raíces de plantas de maíz, encontraron que las variaciones del contenido de humedad del suelo, afectan su crecimiento. Los resultados obtenidos, plantean que la tensión del agua es un factor limitante del crecimiento, cuyo máximo está correlacionado con el desarrollo de la raíz como consecuencia de un efecto fisiológico de la humedad.

2.3 Influencia de la succión del agua del suelo en la absorción del fósforo por las plantas

De acuerdo a Staroska y otros investigadores citados por Ortega (30) han observado en varias ocasiones que las plantas responden al fósforo en función de su solubilidad y cualquier factor que altere dicha solubilidad, alterará la respuesta de la planta. El régimen de la humedad del suelo produce efectos importantes en las formas de fósforo (sulfatos de hierro y aluminio) en cuanto a la absorción de este elemento por la planta (23).

Fawcett y Quirk (11) quienes estudiaron el efecto de la succión del agua del suelo sobre la absorción de fosfatos en plantas de trigo, encontraron pocas variaciones en el contenido de fósforo en las plantas de trigo a niveles bajos (50 ppm) y medianos (150 ppm) de este elemento, cuando la succión disminuyó. Sin embargo, al aplicar altas dosis (600 ppm) el aumento de fósforo en la planta fue significativo, cuando disminuyó la tensión de humedad del suelo.

La efectividad del fósforo para ser tomado por la planta, según Barrow (3) disminuye a altas tensiones de humedad, produciéndose una marchitez permanente, y la disminución en la absorción de fósforo también es marcada a bajas tensiones de humedad. El descenso en la efectividad de un fertilizante fosfatado es muy rápido a altos contenidos de humedad en el suelo.

Según Gates, citado por Marais y Wiersma (25) la rata de fósforo absorbido por la planta, aumentó después de regar. Se observó que durante la marchitez, las hojas tienden hacia la senescencia pero se rejuvenecen después de un nuevo riego. Se atribuyó el reanudamiento en el aumento de nutrientes a una "demanda de incremento por parte de la planta para suplir los substratos aprovechables que resultan en la disminución del tejido joven".

En suelos de Mandan, Norte de Dakota, Boatwright (6) observó que poco o ningún fósforo fue tomado por la planta, después de que llegó al estado de madurez. Resultado de este estudio indicó que el porcentaje del fósforo decreció cuando la planta se desarrolló. El período de tiempo después de fertilizar y humedecer no hizo alterar en forma significativa el porcentaje del fósforo de la planta.

Según Dean y Gledhill (9) la actividad de las raíces sometidas a bajas tensiones de humedad y enseguida puestas en contacto con suelo seco, absorben rápidamente fósforo del suelo, siendo atraído por el agua de las raíces. En cambio, en suelos con altas tensiones de humedad, la rata de absorción se reduce. La tensión de humedad produce un efecto en el suelo, en donde aparentemente tiende a reducirse la capacidad de absorción de las raíces.

Los complicados procesos de absorción y acumulación de nutrientes en el suelo tomados por las raíces de la planta no son independientes de la humedad del suelo. Wadleigh y Richards, citados por Dean y Gledhill (9) al revisar el problema detalladamente, concluyeron que

el estado de humedad del suelo influye en el crecimiento y la actividad fisiológica del sistema radical y en la utilización de nutrientes por las raíces.

2.4 El fósforo en el suelo

2.5 El fósforo en la planta

El estudio de las diversas fracciones del fósforo en los suelos se ha venido estudiando desde tiempos atrás, pero fue la publicación de la metodología de Chang y Jackson, la de mayor influencia en este tipo de investigaciones.

Los ortofosfatos componen la fracción inorgánica del fósforo en el suelo, que aparece mayormente combinado con sales de aluminio, hierro y calcio. La fracción orgánica depende principalmente de la presencia de fitina y ácidos nucleicos. Las fracciones de fósforo unidas al hierro y aluminio aumentan con la meteorización química como ocurre en los suelos tropicales, mientras que los fosfatos de calcio son más característicos de regiones con menor grado de meteorización como ocurre con las regiones templadas (4).

En suelos del Altiplano de Pasto, el fósforo total es alto (2.213 ppm), en su mayor parte correspondiente a la fracción inorgánica. Sin embargo la fracción intercambiable es muy baja, debido por una parte, a la deficiente mineralización de la fracción orgánica y por otra, a la fijación, por acción de las arcillas alofánicas sobre la fracción mineralizada. Estos suelos responden muy bien a aplicaciones fosforadas del orden de 200 y 600 Kg de P_2O_5 por hectárea (5).

Blasco (5) anota que el porcentaje de fósforo intercambiable en regiones húmedas es siempre menor que en regiones secas y que en los trópicos la cantidad es menor que en las zonas templadas.

Si a esta elevada deficiencia de fósforo en los suelos agrícolas de la zona tropical, se suma la escasez de yacimientos fosfóricos y

el alto precio de los fertilizantes, se comprende en forma más clara la necesidad que existe de dosificar con alguna precisión las cantidades adecuadas de fertilizantes fosfatados, para los distintos cultivos del trópico, lo cual se consigue en parte con una humedad óptima.

adecuadamente provistos de este elemento (42). Además de estas funciones, el fósforo interviene en la asimilación de otros elementos necesarios para la planta, como el hidrógeno cuya absorción aumenta en presencia de fósforo (4).

2.5 El fósforo en la planta

Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma del ión primario ortofosfato H_2PO_4^- . Pequeñas cantidades del ión secundario ortofosfato HPO_4^{2-} son absorbidas. De hecho, la absorción por las raíces de las plantas de H_2PO_4^- es diez veces más rápida que la del HPO_4^{2-} . Sin embargo, la absorción de estos iones se ve afectada por el pH del medio que rodea a las raíces. Valores bajos del pH incrementan la absorción del ión H_2PO_4^- mientras los valores más altos del pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} (42).

El fósforo es rápidamente movilizado en las plantas y cuando se presenta una deficiencia, el elemento contenido en los tejidos más viejos es transferido a las regiones activas meristemáticas. Sin embargo, a causa del señalado efecto que una deficiencia de este elemento tiene sobre los retrasos del crecimiento, los síntomas de deficiencia que se presentan llamativamente en las hojas, en los casos del nitrógeno y el potasio, son raramente observados (42).

El fósforo está presente en los cloroplastos como integrante de la lecitina, importante como formador de ácidos nucleicos esenciales para el citoplasma y el núcleo; da lugar a la formación de grasas, albúminas y fosfoproteínas y es requerido para transformar los almidones en azúcares. Es un elemento regulador del pH de las células, suple de energía en la respiración y fermentación (4).

El fósforo también se ha asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente de los cereales, y su carencia es acompañada por una marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le

considera esencial en la formación de la semilla y se le encuentra en grandes cantidades en semillas y frutos. La calidad de ciertos forrajes, hortalizas y cultivos de grano se dice que se incrementa y también se aumenta la resistencia a las enfermedades de los mismos cuando son adecuadamente provistos de este elemento (42). Además de estas funciones, el fósforo interviene en la asimilación de otros elementos necesarios para la planta, como el hidrógeno cuya absorción aumenta en presencia de fósforo (4).

3.2 Condiciones generales del lugar

3.2.1 Identificación

El experimento se realizó en el sitio de la Estación Experimental de la Universidad de la Sabana, en el municipio de Pácora, Departamento de Cundinamarca, a una altura de 2.100 m.s.n.m.

3.2.2 Clima

El clima, según Arpiari y Hernández (43), es el típico de la zona de la sierra fría del país. La temperatura promedio es de 13°C. El promedio de lluvia anual es de 990 mm. La humedad relativa promedio es del 75%. Estos autores, quienes siguen el método propuesto por Woldridge, señalan que el Montañito de Pácora es el mejor páramo para el estudio de la vegetación de la zona de la sierra fría y que el Bosque de la Montaña Baja y Bosque de la Montaña Alta.

3.3 Suelo experimental

3.3.1 Condiciones generales

El suelo objeto del presente estudio es un suelo de tipo dominado (44), en el que se encuentran plantas de la zona de la sierra fría, como el maíz, el trigo, etc.

latitud Norte 1° 4' 11". III. MATERIALES Y METODOS: 26". Esta es un su-
lo desarrollado principalmente sobre cenizas volcánicas, profundo, en
el cual el horizonte A pasa de 50 cm en promedio.

3.1 Planta indicadora

Los colores de los horizontes son oscuros en las prime-
ras capas. La variedad de maíz que se utilizó como planta indicadora en
el experimento fue la ICA-504, propia para las condiciones de la región
donde se efectuó el trabajo.

3.2 Condiciones generales del lugar

3.2.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en un invernadero acondi-
cionado para tal objeto, en el Municipio de Pasto, Departamento de Na-
riño, Suroccidente de Colombia, a una altitud de 2.790 m.s.n.m.

3.2.2 Clima

El clima, según Espinal y Montenegro (10) es el corres-
pondiente al piso térmico frío del país. La temperatura promedio de
13°C. El promedio de lluvia anual de 860 mm. La humedad relativa anual
promedia del 75%. Estos autores, quienes siguen el método propuesto por
Holdridge, señalan que el Municipio de Pasto en su mayor parte, pertene-
ce al Bosque Seco Montano Bajo y Bosque Húmedo Montano Bajo.

3.3 Suelo experimental

3.3.1 Condiciones generales

El suelo objeto del presente trabajo, fue tomado del
sitio denominado Páramo, Km 15 por la carretera Panamericana que condu-
ce de Pasto a Ipiales, margen izquierda, a una altitud de 3.120 m.s.n.m.

latitud Norte $1^{\circ} 8' 13''$ y longitud Oeste $77^{\circ} 21' 26''$. Este es un suelo desarrollado principalmente sobre cenizas volcánicas, profundo, en el cual el horizonte A pasa de 50 cm en promedio.

Los colores de los horizontes son oscuros en las primeras capas, debido a la materia orgánica que se encuentra presente. Los subyacentes son por lo regular más claros. Son suelos de textura fina; su consistencia es friable; de estructura subangular, media, débil; baja saturación de bases intercambiables; bajo contenido de fósforo y alto contenido de nitrógeno total. Este suelo, está clasificado como Inceptisol, Typic Dystrandept (24). La descripción del perfil aparece en el Apéndice.

3.3.2 Métodos utilizados para la caracterización físico-química del suelo estudiado

Siguiendo las metodologías descritas por Arias y Guerrero (1), Cortés y Viveros (8), Forsythe (14), González (16) y Silva (39) las propiedades físico-químicas determinadas y los métodos utilizados fueron los siguientes: textura, por el hidrómetro de Bouyoucos; densidad aparente, por el cilindro; densidad real, por el método del picnómetro; porosidad, con base en la densidad aparente y densidad real; capacidad de campo, en base a las columnas de Chapingo; humedad gravimétrica, por el método de la estufa; contenido de materia orgánica, por el método de Walkley-Black; nitrógeno total por Kjeldahl; fósforo aprovechable por Bray II; bases intercambiables por fotometría de llama y pH potenciométrico en pasta con agua 1:1.

3.4 Curva de retención de humedad

Para objeto de la estimación de la humedad del suelo contenido en las maceteras, mientras duró el experimento, se calculó la curva de retención de humedad por el método propuesto por Arias y Legarda (2) en base a la capacidad de campo y mediante el cual, se llevó un control

diario de la humedad de las maceteras por medio de pesadas (Figura 3).

a su tratamiento; así se mantuvieron constantes para las respectivas
sucesos. Durante el experimento las maceteras fueron rotadas para
reducir el error por cualquier factor.

3.5 Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue el de parcelas divididas, ordenadas irrestrictamente al azar, con 6 tratamientos (succiones), 3 subtratamientos (fuentes) y 4 repeticiones. Las plantas de maíz que se emplearon en el experimento fueron 72, correspondientes a 72 maceteras. El experimento consistió en 6 niveles diferentes de succión a saber : 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 5,0 y 10,0 bares, y tres fuentes fosfatadas a saber: Superfosfato triple con 46% de fósforo; fertilizante completo 10-30-10 y Calfos con 14% de fósforo, aplicados al suelo en proporción de 300 Kg por hectárea a cada tratamiento. (ver, crecimiento longitudinal, etc.).

3.6 manejo del experimento

3.6.1 Etapa de invernadero

El suelo secado al aire se depositó sobre maceteras de barro cocido, con capacidad aproximada de 2,5 Kg, las que se recubrieron con pintura asfáltica para evitar la filtración y posibles alteraciones de la arcilla de la macetera.

En cada macetera se colocó 2 Kg de suelo, dejando un espacio de 5 cm entre éste y los bordes de aquella. Todos los suelos se fertilizaron con niveles iguales para las tres fuentes fosfatadas usadas en el experimento, y en cantidades usuales en la región (300 Kg/Ha). Los diferentes nutrimentos fueron aplicados en solución para alcanzar una mejor distribución en el suelo.

Distribuidas las maceteras al azar dentro del invernadero, se controlaron diariamente respecto a su humedad, mediante pesadas, usando una balanza con divisiones de 50 gramos. Se regó cuando el

peso de cada macetera descendía, hasta llegar al peso correspondiente a su tratamiento; así se mantuvieron constantes para las respectivas succiones. Durante el experimento las maceteras fueron rotadas para reducir el error por cualquier factor.

Se determinaron por el método del varbasato (8).

La estimación de la humedad del suelo contenida en las maceteras para las 6 succiones trabajadas, se calculó a través de la curva de retención de humedad elaborada para este suelo y mediante pesadas, estableciendo un valor constante al cual debía permanecer determinada macetera para determinada succión.

Se hicieron apreciaciones consecutivas sobre el aspecto general de la planta (área foliar, crecimiento longitudinal, etc.).

3.6.2 Cosecha

Al término de 60 días se cosecharon las plantas de maíz; se pesaron y se llevaron a la estufa a una temperatura de 70°C, por un tiempo de 72 horas, para determinar la materia seca, y a partir de este material hacer los correspondientes análisis químicos.

Se determinó el área foliar, por medio de un sacabocados de 1 cm de diámetro, tomando 12 discos de las hojas de cada planta, los cuales se pesaron y se compararon con el peso total de la respectiva planta, obteniéndose así el área foliar (').

3.7 Análisis del material vegetal

3.7.1 Determinación del fósforo absorbido

Se determinó por digestión del tejido en mezcla binaria (ácido nítrico y ácido perclórico) a través del método del azul

(') Información personal de Gerardo López Jurado I.A., M. Sc.

cloromolibdico (8). IV. RESULTADOS Y DISCUSION

3.7.2 Determinación del Ca y Mg En las series 1 a 3, se presentaron los siguientes elementos en la presente investigación.

Se determinaron por el método del versenato (8).

3.7.3 Determinación del Na y K Al analizar los tratamientos de succiones entre 0,10 y 10,0 bares se observó la absorción de fósforo disponible en las tres fuentes de fertilizantes utilizadas aumentó rápidamente al aumentar la succión desde 0,10 hasta 1,0 bares.

Estos elementos se determinaron por el método del fotómetro de llama (8).

3.8 Análisis estadístico Los resultados se analizaron estadísticamente como un experimento de parcelas divididas irrestrictamente al azar. Por medio del análisis de variancia se detectó la significancia entre los tratamientos.

También se efectuaron análisis de regresión y correlación. Los resultados de las plantas de maíz, en un efecto de las succiones nutricionales estudiadas, afectando al crecimiento del cultivo. Esta prueba confirmó que el crecimiento influye notablemente en el desarrollo y la producción de las plantas (12, 13, 33, 35, 40, 47).

Además, del análisis de variancia (Tabla V) se indica que el efecto de la succión aplicada dependió significativamente de la fuente de fósforo utilizada. Así, para el 10-20-10 la prueba de Tukey (Tabla VII) muestra que la absorción de fósforo aumentó con mayor en las succiones de 1,0 y 0,5 bares, pero las diferencias no fueron significativas con las succiones 0,3, 0,1 y 0,0 bares. Para el celhar (Tabla VII), el efecto de la succión sobre la absorción fue estadísticamente nulo a un pequeño, en cambio, el mayor efecto de la succión se reflejó para el 10-20-10 (Tabla VI).

En síntesis, la succión por las plantas afecta fuertemente la absorción de fósforo a partir de una fuente atmosférica soluble como el superfosfato triple, pero no afecta a la absorción sobre la solubilidad del fósforo aplicado en una forma de fósforo insoluble.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas I a XIV y en las Figuras 1 a 3, se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación.

Al analizar los tratamientos de succiones entre 0,10 y 10,0 bares se observa (Tabla IV y Figura 2) que la absorción de fósforo disponible en las tres fuentes de fertilizantes utilizadas aumentó rápidamente al incrementar la succión desde 0,30 hasta 1,0 bares. A una presión de 10,0 bares se alcanzó la más baja absorción de fósforo por las plantas de maíz, con un promedio general de 1,32 mg/planta y la más alta absorción correspondió a la succión de 1,0 bares con un promedio de 2,89 mg/planta.

Los resultados obtenidos en el experimento, como puede apreciarse en la Tabla V del análisis de variancia y en las Tablas VI, VII y VIII de la prueba de significancia de Tukey, indican que la absorción del fósforo por parte de las plantas de maíz, es un efecto de las succiones matriciales estudiadas, afectando el crecimiento del cultivo. Este hecho reafirma la teoría de que la succión del agua del suelo, como factor de crecimiento influye notablemente en el desarrollo y la producción de las plantas (12, 13, 33, 35, 46, 47).

Además, del análisis de variancia (Tabla V) se infiere que el efecto de la succión aplicada dependió significativamente de la fuente de fósforo utilizada. Así, para el 10-30-10 la prueba de Tukey (Tabla VII) muestra que la absorción de fósforo tendió a ser mayor en las succiones de 1,0 y 0,5 bares, pero las diferencias no fueron significativas con las succiones 0,3, 0,1 y 5,0 bares. Para el Calfos (Tabla VIII), el efecto de la succión sobre la absorción fue estadísticamente nulo o muy pequeño, en cambio, el mayor efecto de la succión se reflejó para el superfosfato triple (Tabla VI). En síntesis, la succión parece afectar más fuertemente la absorción de fósforo a partir de una fuente altamente soluble como el Superfosfato triple, pero no consigue ningún efecto sobre la solubilidad del fósforo aplicado en una fuente de baja solubi-

lidad, como el Calfos. (Ver Tablas I, II y III).

Sin embargo, de acuerdo a las tendencias observadas, las plantas afectadas por las succiones bajas sufrieron las consecuencias del exceso de agua, lo cual se evidenció marcadamente en el tratamiento correspondiente a 0,1 bar, el cual presentó en la parte foliar del cultivo un detrimento en su aspecto general, siendo este resultado, característico de suelos en tales condiciones, ya que según estudios realizados por Stolzy y Letey (40) cuando un suelo se inunda, disminuye casi a cero el intercambio de gases. La difusión de O_2 hacia adentro y la difusión de CO_2 hacia afuera del suelo es sumamente lenta en suelos inundados debido a que la tasa de difusión de O_2 es más o menos 10.000 veces más lenta en el agua que en el aire. Por otra parte, los microorganismos aeróbicos consumen rápidamente el O_2 del aire atrapado en el suelo, excepto en una capa superficial. Como resultado de lo anterior, la mayoría de las raíces crecen en un ambiente reducido, repercutiendo lógicamente en la parte aérea de la planta.

Observando las Tablas I, II y III se aprecia que el maíz utilizó mejor el fósforo a las succiones bajas (0,1; 0,3; 0,5 y 1,0 bares), es decir que sus tejidos resisten más los efectos del exceso de agua que las altas succiones (5,0 y 10,0 bares).

En el tratamiento de succión matricial de 1,0 bar, se observó a través del crecimiento de la planta, un mejor desarrollo de la parte aérea, en relación a los demás tratamientos, obteniéndose así mismo la mayor absorción de fósforo por la planta.

Se puede apreciar además, de los resultados obtenidos, que la absorción de fósforo observada por tratamiento, aumenta relativamente en forma rápida con el incremento de la succión desde 0,1 bares hasta alcanzar una absorción óptima a 1,0 bar de succión, en las tres fuentes estudiadas. Valores superiores a 1,0 bar de succión matricial afectaron negativamente la absorción de fósforo notándose una disminución fuerte

a medida que la succión crece hasta llegar a 10,0 bares, límite máximo estudiado (Tablas I, II y III).

La rata de disminución en la absorción del fósforo con respecto al cambio de succión entre 0,1 y 1,0 bares, es aproximadamente del 61% considerando el promedio general de las tres fuentes (Tabla IV), lo cual significa que el exceso de humedad afectó marcadamente la toma de este elemento nutritivo por parte de las plantas.

La pérdida de absorción de fósforo por exceso de humedad (succiones 0,1 y 0,3 bares) puede atribuirse a dos efectos :

a. Las succiones bajas complementadas posiblemente con la falta de aireación

b. Otro factor diferente a la aireación que está limitando la absorción del fósforo, puede ser atribuido únicamente al efecto de succiones bajas. Como es sabido, las plantas para su normal crecimiento, requieren cierta aireación en el suelo, y a estas succiones el agua satura los poros y expulsa buena parte del aire, inhibiendo el desarrollo adecuado de las plantas y por tanto la absorción del fósforo.

En los tratamientos con succiones altas (5,0 y 10,0 bares), el suelo que tiene una humedad deficiente, retiene tenazmente el agua que le queda, debiendo las plantas, por lo tanto, efectuar un consumo extraordinario de energía para obtener el agua necesaria para sus funciones metabólicas. En estos tratamientos la absorción de fósforo disminuye fuertemente en las tres fuentes consideradas (Tablas I, II y III).

Lo anterior demuestra que el agua del suelo no es igualmente aprovechable entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento, deducción que concuerda con las ideas expuestas por Richards y Wadleigh (35), Vaadia, et al (44) y en contraposición con los principios de Veihmeyer y Hendrickson (45).

Como se observa en la Tabla IV y en la Figura 2, la absorción del fósforo es superior cuando se utilizó Superfosfato triple y fertilizante completo 10-30-10 que cuando se utilizó Calfos, pero este efecto solamente fue detectable a nivel estadístico (Tablas IX a XIV) cuando la succión aplicada fue de 1,0 bar.

Efectivamente, la Tabla XII muestra que cuando la humedad del suelo se mantuvo a una succión equivalente a 1,0 bar, el Superfosfato triple condujo a una absorción doble de fósforo que el 10-30-10 y casi triple con relación al Calfos, siendo estos efectos estadísticamente confiables. En cambio, a succiones bajas (0,1; 0,3 y 0,5 bares) el 10-30-10 tiende a superar al Superfosfato triple, aunque las diferencias no son significativas (Tablas IX, X y XI).

Los resultados anteriores son explicables en base a la conocida ley de los factores limitantes. Cuando la humedad es limitante (succiones altas), o lo es la aireación (succiones bajas), estos factores limitantes son los que determinan la baja absorción de fósforo. En cambio, al desaparecer estos factores limitantes (succión = 1,0 bar) la absorción de fósforo va a depender de la solubilidad del fósforo aplicado. Esta solubilidad parece hacerse máxima en el caso del Superfosfato triple, en razón de ser una fuente cuyo fósforo es 100% soluble en agua en comparación al fósforo del 10-30-10 lo que es altamente soluble en un 50% (soluble en agua), y el otro 50% lentamente soluble (soluble en citrato).

Bajo regímenes de humedad no permanentes, es decir, aquellos que determinan ciclos de secamiento-humedecimiento, la situación varía fundamentalmente, según se desprende de los resultados obtenidos por Perrett y Chaves (32), mayor eficiencia para el 10-30-10 que para el Superfosfato triple. Esta contradicción se explica por los postulados expuestos por Marais y Wiersma (25), quienes han demostrado que la absorción de fósforo por la planta en un momento dado depende de la evaluación previa de humedad en el suelo.

En general, se puede apreciar (Tablas I, II, III y IV) que las cantidades de fósforo absorbidas por las plantas de maíz en relación a las cantidades de fertilizante aplicado (300 Kg/Ha) en las tres fuentes estudiadas son bastante bajas; esta situación es muy similar a la encontrada por McLean y Logan (27) quienes encontraron que en suelos de alta capacidad de fijación de fósforo, el contenido de este elemento en plantas de maíz disminuyó marcadamente, no obstante ser fertilizados con fuentes de alta solubilidad. La fijación de los fertilizantes fosfatados posiblemente provocó la formación de fosfatos de aluminio y hierro, calcio apatítico y calcio no apatítico.

Para cualquier succión aplicada, el Calfos mostró los menores valores de absorción de fósforo por la planta (Tablas III y IV y Figura 1). Esta menor eficiencia del Calfos como fuente fertilizante fosfatada ya ha sido observada previamente en suelos andosólicos (18, 32), en contraposición a los buenos resultados de esta fuente obtenidos en suelos fuertemente ácidos (26, 31).

Fuentes

FIG. 2. RELACIÓN ENTRE LAS TRES FUENTES FOSFATADAS Y LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO POR LAS PLANTAS, INFLUENCIADAS POR LA ACCIÓN MATRICIAL DEL SUELO.

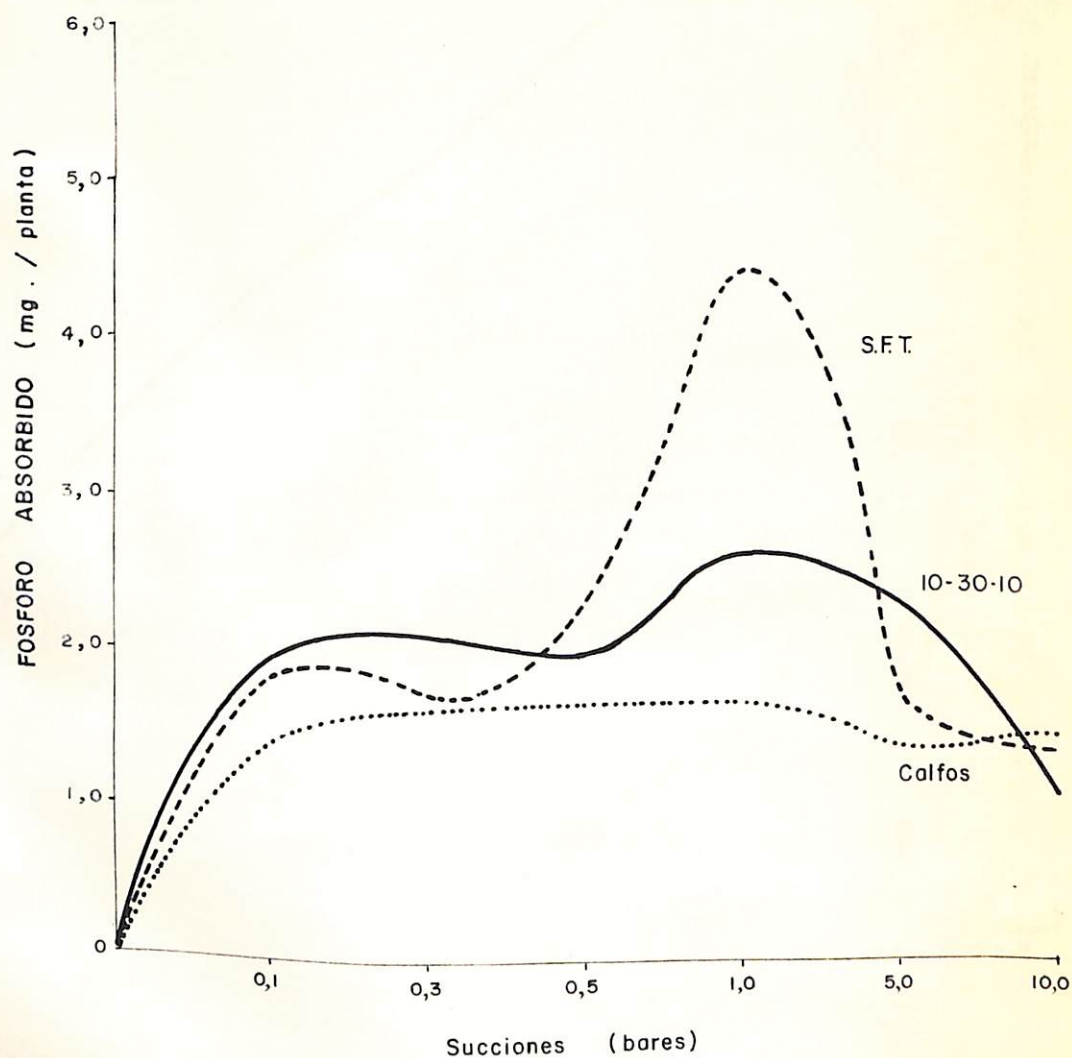


Fig. 1. RELACION ENTRE LA SUCCION MATRICAL DEL SUELO Y EL FOSFORO ABSORBIDO POR LA PLANTA, SUMINISTRADO EN TRES FUENTES FOSFATADAS.

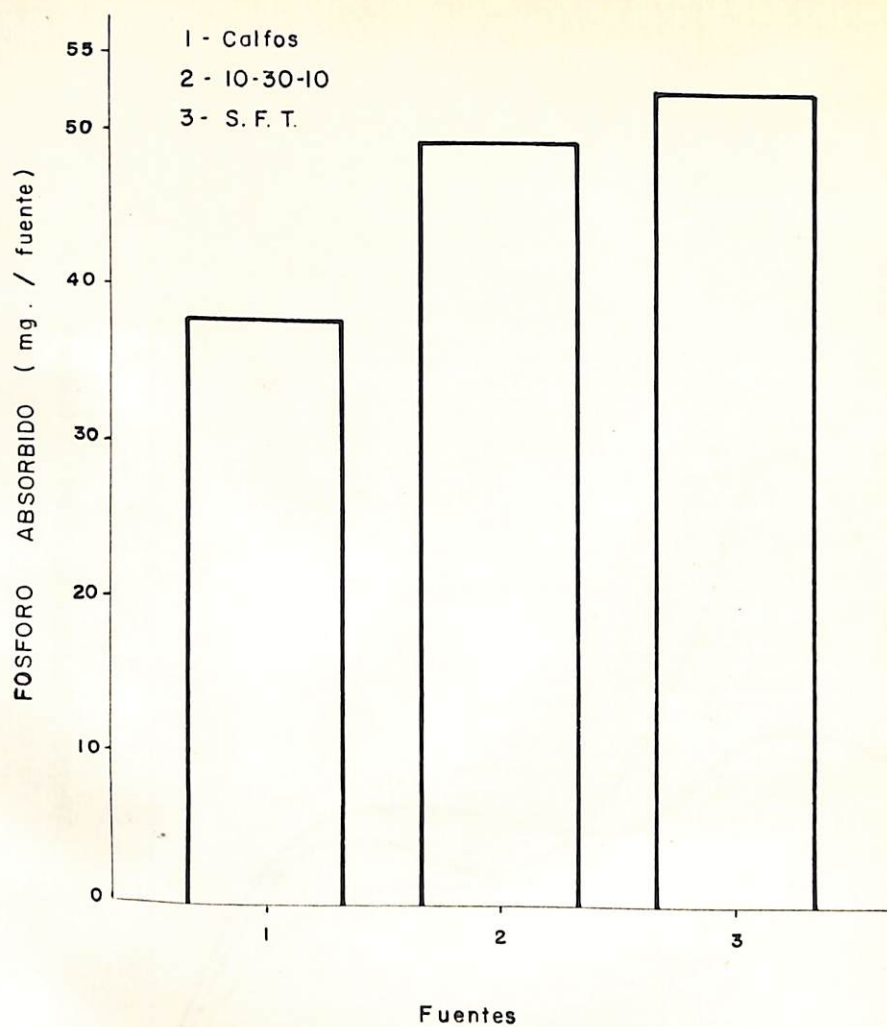


Fig. 2. RELACION ENTRE LAS TRES FUENTES FOS -
FATADAS Y LA ABSORCION DE FOSFORO POR
LAS PLANTAS, INFLUENCIADAS POR LA SUC -
CION MATRICAL DEL SUELO.

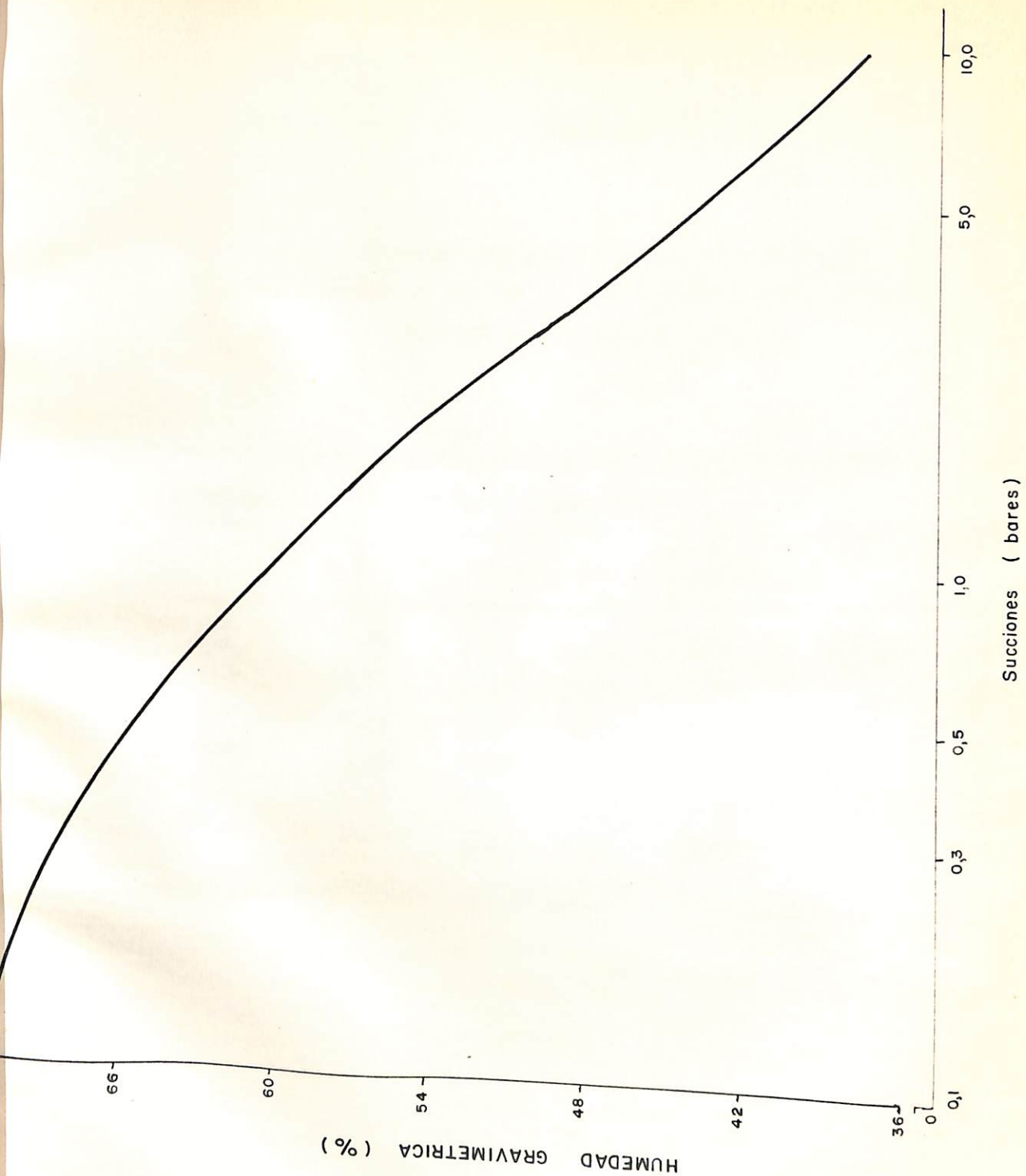


Fig. 3. CURVA DE RETENCION DE HUMEDAD DEL SUELO EXPERIMENTAL.

TABLA I

FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
CUANDO SE APLICO AL SUELO SUPERFOSFATO TRIPLE
EN BASE A DIFERENTES SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
0,1	1,80	1,44	1,72	2,34	7,30	1,83
0,3	0,71	2,30	1,75	2,00	6,76	1,69
0,5	0,75	2,30	2,80	3,15	9,00	2,25
1,0	4,78	3,96	5,12	3,84	17,70	4,42
5,0	1,40	1,80	1,60	1,87	6,67	1,66
10,0	1,10	2,05	0,55	1,70	5,40	1,35

TABLA II

FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
CUANDO SE APLICO AL SUELO 10-30-10
EN BASE A DIFERENTES SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)					Total	Promedio
	I	II	III	III	IV IV		
0,1	1,85	1,76	1,20	2,00	1,20	8,01	1,20
0,3	1,40	3,10	2,20	2,30	0,16	8,46	1,21
0,5	2,00	0,92	1,20	2,25	2,25	7,62	1,90
1,0	3,80	2,40	1,30	3,10	1,20	10,50	2,62
5,0	2,20	2,60	0,10	1,90	1,20	9,15	2,28
10,0	1,55	0,60	1,00	0,75	1,20	4,80	1,20

TABLA III

FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
CUANDO SE APLICO CALFOS AL SUELO,
EN BASE A DIFERENTES SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
0,1	1,20	1,36	1,72	1,59	5,87	1,46
0,3	2,20	1,00	2,80	0,33	6,33	1,58
0,5	1,40	1,20	1,70	2,20	6,50	1,62
1,0	1,65	2,00	1,50	1,40	6,55	1,63
5,0	2,20	1,27	0,50	1,30	5,27	1,31
10,0	1,60	0,45	1,20	2,45	5,70	1,42

TABLA IV

FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ CUANDO SE APLICO
LAS TRES FUENTES FOSFATADAS AL SUELO (SFT, 10-30-10 Y CALFOS)
EN BASE A DIFERENTES SUCCIONES

Succiones (bares)	SFT	10-30-10	Calfos	Promedio
	Fósforo absorbido (mg/planta)			
0,1	1,82	2,00	1,46	1,77
0,3	1,69	2,11	1,58	1,79
0,5	2,25	1,90	1,62	1,92
1,0	4,42	2,62	1,63	2,89
5,0	1,66	2,28	1,31	1,75
10,0	1,35	1,20	1,42	1,32

TABLA V

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE PAIZ (mg/planta),
TENIENDO EN CUENTA LAS SUCCIONES Y LAS FUENTES FOSFATADAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	P.C.	5%	1%
Succiones	5	16,46	3,29	5,06**	2,77	4,25
Residual (a)	18	11,85	0,65			
Fuentes fosfatadas	2	6,19	3,09	22,07**	3,26	5,25
Fuentes x Succiones	10	36,48	3,64	26,05	2,10	2,86
Residual (b)	36	5,05	0,14			
Total	71	76,03				

** : Significativo al nivel del 1%

TABLA VI

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FÓSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAÍZ (mg/planta)
BAJO LA FUENTE DE SUPERFOSFATO TRIPLE INFLUENCIADA POR SEIS SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)	Succión (bares)			Fósforo absorbido (mg/planta)		
		1,0	0,5	0,1	0,3	0,5	10,0
		4,42	2,25	1,87	1,69	1,66	1,35
10,0	1,35	3,07**	0,90	0,52	0,34	0,31	--
5,0	1,66	2,76**	0,59	0,21	0,03	--	--
0,3	1,69	2,73**	0,56	0,18	--	--	--
0,1	1,87	2,55**	0,38	--	--	--	--
0,5	2,25	2,17**	--	--	--	--	--
1,0	4,42	--	--	--	--	--	--

** : Significativo al nivel del 1%

TABLA VII

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ (mg/planta)
BAJO LA FUENTE DEL FERTILIZANTE 10-30-10 INFLUENCIADA POR SEIS SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)	Succión (bares)				
		1,0	0,5	0,3	0,1	10,0
		Fósforo absorbido (mg/planta)				
		2,62	2,28	2,11	2,00	1,90
						1,20
10,0	1,20	1,42*	1,08*	0,91	0,80	0,70
5,0	1,90	0,72	0,38	0,21	0,10	--
0,1	2,00	0,62	0,28	0,11	--	--
0,3	2,11	0,52	0,17	--		
0,5	2,28	0,34	--			
1,0	2,62	--				

* : Significativo al nivel del 5%

TABLE VIII

COMPARACION DE TOXEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ (mg/planta) BAJO LA FUENTE DE CALFOS INFLUENCIADA POR SEIS SUCCIONES

Succión (bares)	Fósforo absorbido (mg/planta)	Fósforo absorbido (mg/planta)	Succión (bares)	Succión (bares)
1,0	0,5	0,3	0,1	10,0
1,63	1,62	1,58	1,46	1,42
5,0	1,31	0,31	0,15	0,11
10,0	1,42	0,21	0,16	--
0,1	1,46	0,17	0,12	--
0,3	1,58	0,05	--	--
0,5	1,62	0,01	--	--
1,0	1,63	--	--	--

TABLA IX

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS
POR LA SUCCION DE 0,1 BARES

Promedios	10-30-10	SFT	Calfos
	Fósforo absorbido (mg /planta)		
	2,00	1,87	1,46
1,46	0,54	0,41	--
1,87	0,13	--	
2,00	--		

TABLA X

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS
POR LA SUCCION DE 0,3 BARES

Promedios	10-30-10	SFT	Calfos
	Fósforo absorbido (mg/planta)		
	2,11	1,69	1,58
1,58	0,53	0,11	--
1,69	0,42	--	
2,11	--		

TABLA XI

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS
POR LA SUCCION DE 0,5 BARES

Promedios	10-30-10	SFT	Calfos
	Fósforo absorbido (mg/planta)		
	2,28	2,25	1,62
1,62	0,66**	0,63*	--
2,25	0,03**	--	
2,28	--		

** : Significativo al nivel del 1%

* : Significativo al nivel del 5%

TABLA XII

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS
POR LA SUCCION DE 1,0 BARES

Promedios	SFT	10-30-10	Calfos
	Fósforo absorbido (mg/planta)		
	4,42	2,62	1,63
1,63	2,79 ^{**}	0,99 [*]	--
2,62	1,80 ^{**}	--	
4,42	--		

** : Significativo al nivel del 1%

* : Significativo al nivel del 5%

TABLA XIII

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ
BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS
POR LA SUCCION DE 5,0 BARES

Promedios	10-30-10	SFT	Calfos
	Fósforo absorbido (mg/planta)		
	1,90	1,66	1,31
1,31	0,59	0,35	--
1,66	0,24	--	--
1,90	--	--	--

V. CONCLUSIONES

1. Las diferentes succiones de humedad aplicadas (0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 3,0 y 10,0 bares) influyeron significativamente sobre la absorción de fósforo por la planta, pero el efecto dependió de la fuente de fósforo utilizada.

TABLA XIV

COMPARADOR DE TUKEY PARA EL FOSFORO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ BAJO LAS TRES FUENTES FOSFATADAS, INFLUENCIADAS POR LA SUCCION DE 10,0 BARES.

Promedios	Calfos	SFT	10-30-10
	Fósforo absorbido (mg/planta)		
	1,42	1,35	1,20
1,20	0,22	0,15	--
1,35	0,07	--	
1,42	--		

V. CONCLUSIONES

1. Las diferentes succiones de humedad aplicadas (0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 5,0 y 10,0 bares) influyeron acentuadamente sobre la absorción de fósforo por la planta, pero el efecto dependió de la fuente de fósforo utilizada.

2. Cuando se aplicó 10-30-10 y Superfosfato triple, la succión de humedad óptima para la utilización de fósforo fue de 1,0 bar. Tanto las succiones más bajas (aireación deficiente) como las más altas (humedad deficiente) causaron una disminución en la absorción del fósforo.

3. Cuando el nivel de humedad y aireación fue óptimo (succión de 1,0 bar) y el Superfosfato triple condujo a una absorción de fósforo doble que 10-30-10 y casi el triple que Calfos, siendo estos efectos estadísticamente confiables. A succiones distintas a 1,0 bar, las diferencias entre fuentes no fueron confiables.

4. El nivel de humedad del suelo no influyó sobre la eficiencia del Calfos para suministrar fósforo a la planta. A cualquier valor de succión esta fuente mostró los niveles más bajos de absorción de fósforo.

VI. RESUMEN

Se estudió el efecto de la succión matricial del agua del suelo, sobre la absorción del fósforo por la planta, aplicado en tres fuentes (Superfosfato triple, 10-30-10 y Calfos), utilizando como planta indicadora el maíz (Zea mays L.) variedad mejorada ICA-504, el cual se sembró en maceteras con capacidad aproximada de 2 kilos y se cultivó durante 60 días bajo invernadero.

El suelo experimental fue tomado del kilómetro 15, margen izquierda de la carretera que conduce de Pasto a Ipiales, y clasificado como un Inceptisol Typic Dystrandept.

Se usó un diseño experimental de parcelas divididas, con 6 tratamientos, 3 subtratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos o succiones estudiadas fueron : 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 5,0 y 10,0 bares; los subtratamientos correspondieron a las fuentes fosfatadas de Superfosfato triple, 10-30-10 y Calfos.

El estudio demostró que la humedad óptima para la absorción del fósforo fue de 1,0 bar cuando se aplicó Superfosfato triple y 10-30-10. Finalmente esta investigación demostró que el nivel de humedad del suelo no influyó sobre la eficiencia del Calfos. A cualquier valor de succión esta fuente mostró los niveles más bajos de absorción de fósforo.

SUMMARY

1. ALLEN, S. E. y GIBSON, G. E. Algunas propiedades físicas de los

Effect of matricial suction of soil water on P absorption by plant was studied. P was applied using 3 sources (Triple superphosphate, 10-30-10 and Calfos), using corn, ICA-504 variety, as indicator plant. Corn was sowed in pots during 60 days at greenhouse. Used soil is classified as Inceptisol Typic Dystrandept.

A split-plot design, with 6 treatments, 3 subtreatments and 4 replicates was used. Treatments were the following soil pressures : 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 5,0 and 10,0 bars; subtreatments were the sources of P.

In accordance with results, best moisture for absorption of P was 1,0 bar when 10-30-10 and Triple superphosphate were applied. The level of moisture did not have influence on Calfos efficiency. This source showed lowest levels of absorption of P at any soil pressure values.

2. GIBSON, G. E., et al. Availability of P from superphosphate to growing wheat as affected by growth stage and nutrient soil : 1964.

3. GIBSON, G. E. y ALLEN, S. E. Respuesta de los cultivos de maíz a la aplicación de tres niveles de humedad en el suelo y dos fertilizantes nitrogenados. Turrialba 1964 13-17.

4. GIBSON, G. E. y ALLEN, S. E. Estudios de laboratorio y de campo de maíz de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1973. 13 p.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ARIAS, A. y GUERRERO, R. R. Algunas propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Pasto, Colombia, determinados por diferentes métodos. Turrialba 21(4): 393-403. 1971.
2. _____ y LEGARDA, L. Método rápido para obtener la curva de retención de humedad en suelos de Nariño y Putumayo. In Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Medellín, Agosto, 1975. 20 p.
3. BARROW, N. F. The slow reactions soil and anions : 1. Effects of time, temperature and water content of a soil on the decrease in effectiveness of phosphate for plant growth. Soil Science 11(6): 380-386. 1974.
4. BLASCO, M. Microbiología de Suelos. Turrialba, IICA, 1970. 245 p.
5. _____ Fertilidad de los suelos de Nariño. In Memorias II Reunión Nacional de Suelos IYA-ICA. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 1969. pp. 31-32.
6. BOATWRIGHT, C. O., et al. Availability of P from Superphosphate to spring wheat as affected by growth stage and surface soil moisture. Soil Science Society of American Proceedings 28 : 403-405. 1964.
7. BRAVO, C. H. y FERNANDEZ, C. E. Respuesta de las plantas jóvenes de café a la aplicación de tres niveles de humedad en el suelo y dos fertilizantes nitrogenados. Turrialba 14(1): 15-23. 1965.
8. CORTES, F. y VIVEROS, M. A. Análisis bromatológico. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1975. 25 p. (Mimeografiado).

9. DEAN, L. A. y GLEDHILL, V. H. Influence of soil moisture on phosphate absorption as measured by an excised root technique. *Soil Science* 82 : 71-79. 1956. *Ana de la Ciencia del Suelo*. Medellín, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1973.
10. ESPINAL, T. L. y MONTENEGRO, E. Formaciones departamentales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Departamento Agrológico. Bogotá. Canal Ramírez. 201 p. 1963. *Journal of the American Society of Agronomy* 40 : 385-393. 1948.
11. FAWCETT, R. G. y QUIRK, J. P. The effect of soil water stress on the absorption of soil phosphate by wheat plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 13 : 193-205. 1962. *Boletín* 437. 70 p. 1971.
12. FORSYTHE, W. M. El manejo de la succión total en suelos salinos y el rendimiento de las cosechas. *In* Simposio sobre salinidad. La Molina, Lima, IICA, 1966. 15 p.
13. _____. Las propiedades físicas, los factores físicos de crecimiento y la productividad del suelo. *Fitotecnía Latinoamericana* 4 : 81-84. 1965. *del Suelo (México)*. Chicago, México 1965. pp. 463-475.
14. _____. Manual de laboratorio de Física de Suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1972. 217 p.
15. GAVANDE, S. y BORNEMISZA, E. Terminología moderna de energía de agua en el sistema suelo-planta-agua. Turrialba 19(1): 103-108. 1969. *Departamento Agrológico*. Vol IX, No. 2. 134 p. 1973.
16. GONZALEZ, M. A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1964. 96 p. *in the fertilized zone*. *Agronomy Journal* 57(6): 777-781. 1973.
17. GINGRISH, J. R. y RUSSELL, M. B. Effect of soil moisture tension and osmotic stress on root growth. *Soil Science* 84 : 185. 1957.

18. GUERRERO, R. R. y ORTEGA, J. Efecto del encalamiento sobre la absorción de fósforo por el maíz en un andosol de Nariño. In : Memorias V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Medellín, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1975. En prensa.
19. HAGNER, J. L. The effect of availability of soil moisture upon vegetative growth and water use in corn. Journal of the American Society of Agronomy 40 : 385-395. 1948.
20. HENDRICKSON, A. H. y VEIHMEYER, F. J. Irrigation experiments with peaches in California. Agronomy Experiments Station. Bulletin 467. 50 p. 1971.
21. HUNTER, A. S. y KELEY, O. J. Extension of plant root into dry soil. Plant Physiology 21 : 445-451. 1964.
22. IZAGUIRRE, A. y FERNANDEZ, G. Relación entre el potencial de humedad del suelo y la producción de nitratos. In 1er. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (Memorias). Chapingo, México 1963. pp. 465-475.
23. KAMPRATH, E. J. Aspectos químicos y formas minerales de fósforo en suelos de regiones tropicales. Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. VI. No. 1. 1974.
24. LUNA, C. y CARLHOUN, F. Suelos derivados de cenizas volcánicas del Departamento de Nariño. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Departamento Agrológico. Vol IX, No. 2. 154 p. 1973.
25. MARAIS, J. N. y WIERNSMA, D. Phosphorus uptake by moisture stress in the fertilized zone. Agronomy Journal 67(6): 777-781. 1975.
26. MCCORMICK, A. N. y GALEANO, F. Estudio del valor fertilizante del fosfato Thomas. Agricultura Tropical (Colombia) 15(7): 450-459. 1959.

27. MCLEAN, E. O. y LOGAN, T. J. Absorption of phosphorus for plants grown in soils with differing phosphorus fixations tendencies. Soil Science Society of America Proceedings 34(6): 907-911. 1970.
28. MEDERSKI, H. J. y WILSON, J. H. Relation of soil moisture to ion absorption by corn plants. Soil Science Society of America Proceedings 24(3): 149-152. 1960.
29. OLSEN, S. R., WATANABE, F. S. y DANIELSON, R. E. Phosphate absorption by corn root as affected by moisture and phosphorus concentration. Soil Science Society of America Proceedings 25: 289-294. 1961.
30. ORTEGA, J. Estudio comparativo de tres fuentes de fósforo a diferentes niveles de aplicación en relación a su "absorción y fijación" en un suelo rojo de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 122p.
31. _____ y GUERRERO, R. R. Comportamiento de las formas de fósforo y sus relaciones con la absorción del fósforo por la avena, bajo tres fuentes de fertilización fosfatada en un Andosol de Nariño, Colombia. Turrialba 22(4): 420-430. 1972.
32. PERNETT, Y. y CHAVES, C. Efecto del encalamiento sobre la absorción del fósforo por el maíz (*Zea mays* L.) y persistencia de su acción fertilizante en un Andosol de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1977. 65 p.
33. PETERS, D. B. y RUNKLES, J. R. Shoot and root growth as affected by water availability. In Hagan, R. M. et al. Irrigation of Agricultural Lands. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1967. pp. 373-387.

34. RICHARDS, L. A. y OGATA, G. Thermocouple for vapor pressure measurement in biological and soil systems at high humidity. Science 128 : 1089-1958.
35. _____. y WADLEIGH, C. H. Soil water and plant growth. In Shaw B., ed. Soil physical conditions and plants growth. New York Academic Press. 1952. Vol. 2. pp. 73-251.
36. _____. Method for counting porous plates used in soil moisture measurements. Agronomy Journal 41 : 487-490. 1949.
37. ROBINS, J. S. y DOMINGO, C. E. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages in corn. International Agronomy 45 : 618-621. 1953.
38. ROBINSON, F. E. Soil moisture tension, sugar cane stalk elongation irrigation control. Agronomy Journal 55 : 481-483. 1963
39. SILVA, F. et al. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 2a. ed. Corr. y aum. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Departamento Agrológico. Bogotá. 138 p.
40. STOLZY, L. H. y LETEY, G. Measurements of oxygen diffusion rates with the platinum microelectrode. III. Correlation of plant response to soil oxygen diffusion rates. Hilgardia 35 : 567-576. 1964.
41. TAYLOR, S. Use of mean soil moisture tension to evaluate the affected of soil moisture on crops yield. Soil Science 74 : 217-226. 1952.
42. TISDALE, S. L. y NELSON, L. W. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Balarch. Barcelona, 1968. 760 p.
43. TSCHAPEK, M. W. El agua en el suelo. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1966. 557 p.

44. VAADIA, Y., RANEY, F. C. y HAGAN, R. M. Plant water deficits and physiological processes. Annual Review of Plant Physiologic 12 : 265-292. 1961.
45. VEIHMEYER, F. J. y HENDRICKSON, A. H. Some plant and soil moisture relations. American Soils Survey Association Bulletin 15 : 76-80. 1933.
46. VONGCIL, J. A. y FLOCKER, W. J. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. Transaction of American Society of Agricultural Engineers 4 : 242-245. 1961.
1947. WADLEIGH, G. H. y AYRES, A. D. Grow and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration. Plant Physiology 20 : 106-132. 1946.

APPENDIX

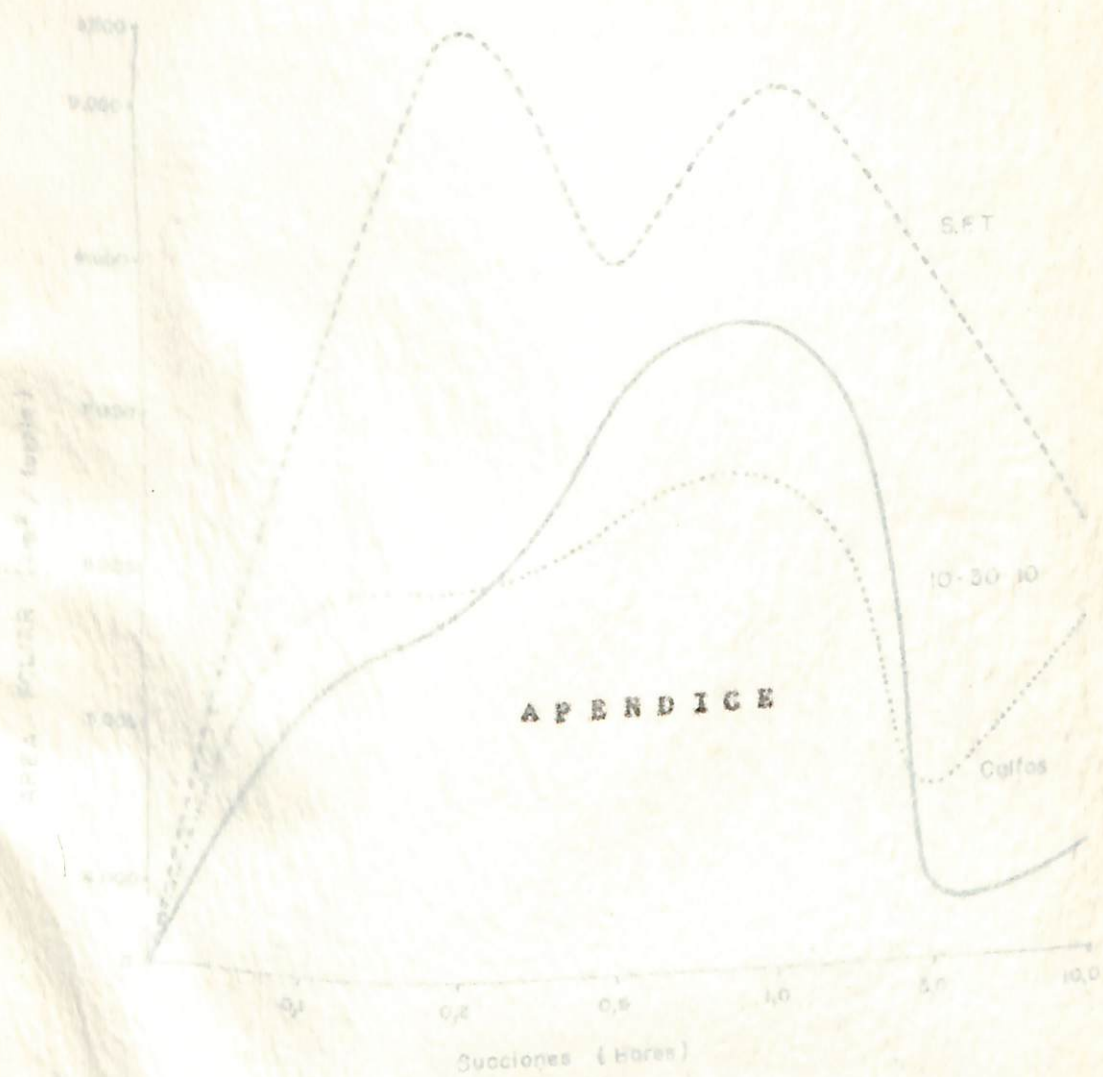


Fig. 1. RELACION ENTRE LA SUCCION MATRICIAL DEL SUELO Y EL AREA FOLIAR DE LAS PLANTAS PARA CADA FUENTE POSFATADA.

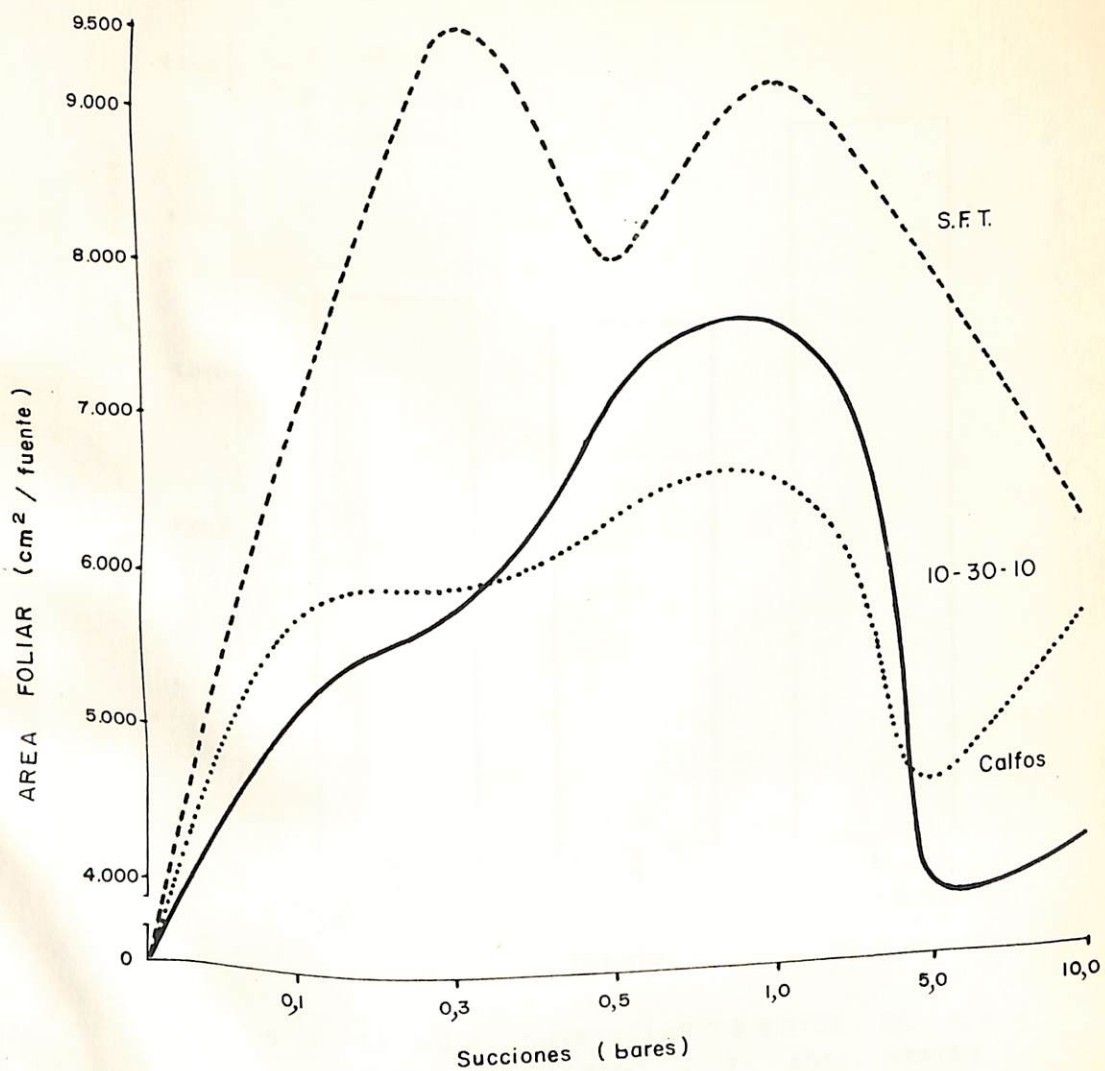


Fig. 1. RELACION ENTRE LA SUCCION MATRICAL DEL SUELO Y EL AREA FOLIAR DE LAS PLANTAS PARA CADA FUENTE FOSFATADA.

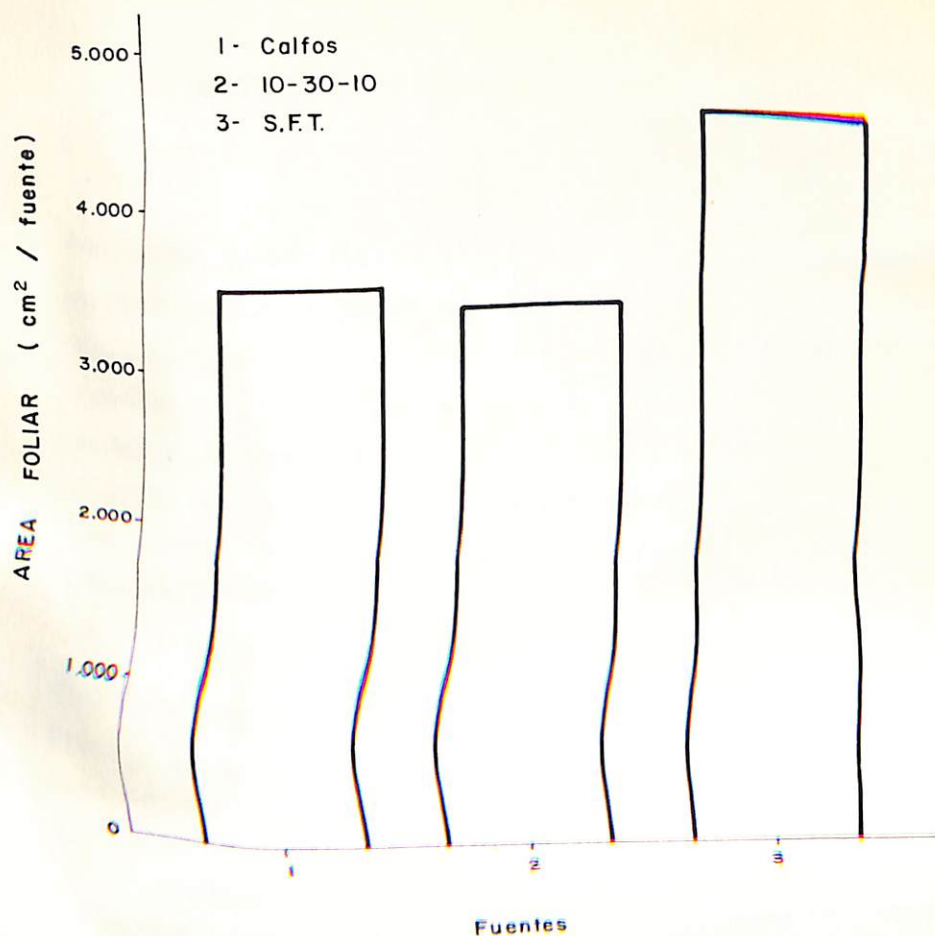


Fig. 2. RELACION ENTRE LAS FUENTES DE FOS-
FORO SUMINISTRADO Y EL AREA FOLIAR
DE LAS PLANTAS, INFLUENCIADA POR LA
SUCCION MATRICAL DEL SUELO.

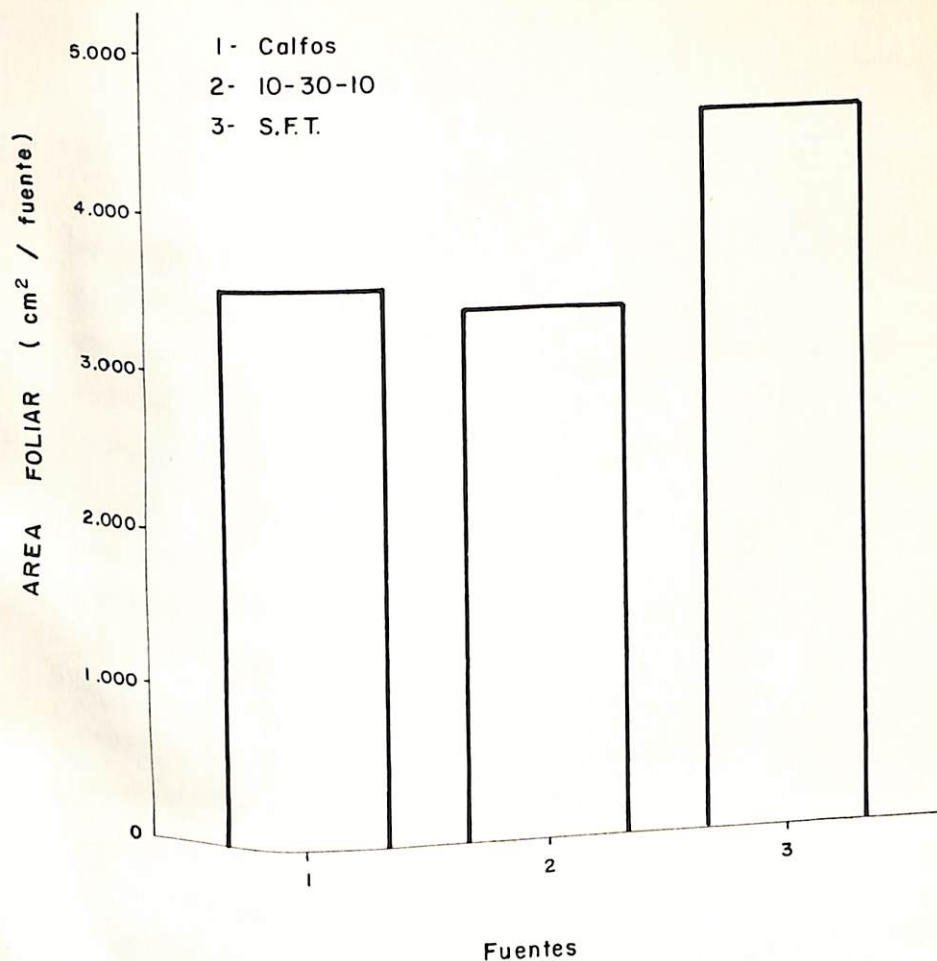


Fig. 2. RELACION ENTRE LAS FUENTES DE FOSFORO SUMINISTRADO Y EL AREA FOLIAR DE LAS PLANTAS, INFLUENCIADA POR LA SUCCION MATRICAL DEL SUELO.

TABLA I

DESCRIPCION GENERAL DEL SUELO EXPERIMENTAL (1)

HORIZONTE					
MATRIZ	Posición geomórfica	Ligeramente convexa			
	Altura sobre el nivel del mar	3.100 m			
MANCHAS DE COLOR	Relieve	Ligeramente ondulado			
	Pendiente	15 - 20%			
	Vegetación natural	Pastos			
	Erosión	No			
	Uso actual	Ganadería			
ESTRUCTURA	Inundabilidad	No			
	Drenaje natural	Bueno			
	Drenaje externo	Bueno			
	Drenaje interno	Bueno			
CONSTITUCION	Profundidad efectiva	Profundo			
	Limitante de profundidad	No			
PONOS	Nivel freático	Profundo			
	Material parental derivado	Cenizas volcánicas			
	Orden	Inceptisol			
	Suborden	Andept			
	Grupo	Dystrandept			
	ORGANISMOS	NO	ABUNDANTE	ABUNDANTE	NO
		ABUND 30 cm	EROSAS		
		NO			

(1) Información personal de Homero Benavides G. I.A.

TABLA II
DESCRIPCION DEL PERFIL DEL SUELO EXPERIMENTAL (1)

HORIZONTE	NOMENCLATURA		A 1	B 1	B 2	C
	PROFUNDIDAD		0.25 cm	0.85 cm	0.85 cm	0.85 cm - X
	LIMITES	N	DIFUSO	GRADUAL	CLARO	
		T				
G. HUMEDAD			HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO
MATRIZ	H O M B R E		NEGRO	GRIS OSCURO	CAFE GRISA- CEO OSCURO	CAFE AMARI- LLO OSCURO
	MUNSELL		10YR 2/1	10YR 3/1	10YR 4/2	10YR 4/4
MANCHAS DE COLOR	N O M B R E				NEGRAS	
	CANTIDAD				ABUNDANTES	
T E X T U R A			F. L.	F.	F. Ar. L.	F. Ar. L.
ESTRUCTURA	T I P O		BLOQUE SUBANGULAR	BLOQUE SUBANGULAR	BLOQUE SUBANGULAR	BLOQUE SUBANGULAR
	C L A S E		MEDIOS	MEDIOS		PEQUEÑOS
	G R A D O		DEBIL	DEBIL		MUY DEBIL
CONSISTENCIA	S E C O		BLANDA	BLANDA		
	HUMEDO		FRIABLE	FRIABLE		
POROS	CANTIDAD		MUCHOS	POCOS GRANDES		ABUNDANTES
	TAMANO		FINOS	ABUNDANTES FINOS		FINOS
	F O R M A		TUBULAR	TUBULAR		TUBULAR
P E R M E A B I L I D A D			BUENA	BUENA		
P. DE MACRO-ORGANISMOS			NO	ABUNDANTE	ABUNDANTE	NO
R. DE RAICILLAS			ABUND. 30 cm	ESCASAS		
REACCION AL HCI			NO			

(1) Infor

(1) Informacion personal de Homero Benavides I.A.

TABLA III

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO EXPERIMENTAL (*)

Arcillas, %	34
Limos, %	29
Arenas, %	37
Textura	F. Arc.
Coefficiente higroscópico, %	14
Densidad de partículas, g/cc	2,70
Densidad aparente, g/cc	0,55
Porosidad, %	79,63
Capacidad de campo gravimétrica, %	67,92
Punto de marchitamiento, %	33,97
Reacción del suelo (pH)	5,95
Nitrógeno total, %	0,89
Carbono orgánico, %	8,70
Materia orgánica, %	14,98
Relación carbono-nitrógeno	9,59
Fósforo aprovechable, ppm	4,10
Calcio de cambio, me/100 g de suelo	3,90
Magnesio de cambio, me/100 g de suelo	1,60
Potasio de cambio, me/100 g de suelo	0,49
Sodio de cambio, me/100 g de suelo	0,28
Aluminio de cambio, me/100 g de suelo	1,46
Hidrógeno de cambio, me/100 g de suelo	51,50
Capacidad de intercambio catiónico, me/100 g de s.	3,70
Bases totales	6,27
Saturación de bases	11

(*) Profundidad : 0 - 55 cm

TABLA IV

CALCIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ, SUMINISTRADO A LOS TRES TRATAMIENTOS
BAJO LA FORMA DE HIDROXIDO DE CALCIO, INFLUENCIADO POR LAS DIFERENTES
SUCCIONES APLICADAS

Succiones (bares)	Calcio absorbido (mg/planta)			Promedio
	SFT	10-30-10	Calfos	
0,1	1,47	1,72	0,92	1,37
0,3	1,29	1,55	0,96	1,26
0,5	1,89	1,05	1,11	1,35
1,0	1,83	1,35	1,03	1,40
5,0	1,33	0,94	1,14	1,03
10,0	1,06	0,97	1,24	1,09

TABLA V

ANALISIS DE VARIANCA DEL CALCIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ (mg/planta)
TENIENDO EN CUENTA LAS SUCCIONES Y LAS FUENTES FOSFATADAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Pc.	5%	1%
Succiones	5	1,07	0,21	1,16	2,77	4,25
Residual (a)	18	3,29	0,18			
Fuentes fosfatadas	2	1,91	0,95	3,16	3,26	5,25
Fuentes x Succiones	10	2,66	0,26	0,86	2,10	2,86
Residual (b)	36	11,04	0,30			
Total	71	19,97				

TABLA VI

MAGNESIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ, SUMINISTRADO A LOS TRES TRATAMIENTOS, BAJO LA FORMA DE SULFATO DE MAGNESIO, INFLUENCIADO POR LAS DIFERENTES SUCCIONES APLICADAS

Succiones (bares)	Magnesio absorbido (mg/planta)			Promedio
	SFT	10-30-10	Calfos	
0,1	0,68	0,31	0,19	0,32
0,3	0,55	0,64	0,61	0,60
0,5	0,54	0,56	0,55	0,55
1,0	0,59	0,51	0,58	0,56
5,0	0,56	0,32	0,48	0,45
10,0	0,61	0,43	0,20	0,41

TABLA VII

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL MAGNESIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAÍZ (mg/planta)
 TENIENDO EN CUENTA LAS SUCCIONES Y LAS FUENTES FOSFATADAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	P.C.	5%	1%
Succiones	5	0,44	0,088	2,58	2,77	4,25
Residual (a)	18	0,62	0,034			
Fuentes fosfatadas	2	0,31	0,150	30,00**	3,26	5,25
Fuentes x Succiones	10	1,46	0,146	29,20**	2,10	2,86
Residual (b)	36	0,21	0,005			
Total	71	3,04				

** : Significativo al nivel del 1%

TABLA VIII

POTASIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ, SUMINISTRADO A LOS TRES TRATAMIENTOS, BAJO LA FORMA DE CLORURO DE POTASIO, INFLUENCIADO POR LAS DIFERENTES SUCCIONES APLICADAS

Succiones (bares)	SFT	10-30-10	Calfos	Promedio
	Potasio absorbido (mg/planta)			
0,1	4,22	3,11	3,46	3,59
0,3	4,30	3,09	3,19	3,53
0,5	4,59	4,45	3,46	4,16
1,0	5,45	3,32	2,76	3,84
5,0	4,68	2,76	2,69	3,37
10,0	3,62	2,56	2,34	2,84

TABLA IX

ANALISIS DE VARIANCIA DEL POTASIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ (mg/planta)
TENIENDO EN CUENTA LAS SUCCIONES Y LAS FUENTES FOSFATADAS

F.V.	G.L.	S.c.	C.M.	F.C.	Ft.	
					5%	1%
Succiones	5	6,49	1,29	1,13	2,77	4,25
Residual (a)	18	20,53	1,14			
Fuentes fosfatadas	2	31,12	15,56	34,57 **	3,26	5,25
Succión x Fuentes	10	50,18	5,18	11,51 **	2,10	3,86
Residual (b)	36	16,53	0,45			
Total	71	124,85				

** : Significativo al nivel del 1%

TABLA X

SODIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAIZ, SUMINISTRADO A LOS TRES TRATAMIENTOS
BAJO LA FORMA DE MOLIBDATO DE SODIO, INFLUENCIADO POR LAS DIFERENTES
SUCCIONES APLICADAS

Succiones (bares)	Sodio absorbido (mg/planta)			Promedio
	SFT	10-30-10	Calfos	
0,1	3,42	2,30	2,70	2,80
0,3	3,61	3,51	3,58	3,56
0,5	2,37	3,27	2,97	2,87
1,0	3,46	3,06	3,66	3,39
5,0	2,57	2,88	3,08	2,84
10,0	3,60	3,47	2,20	3,09

TABLA XI

ANÁLISIS DE VARIANCIAS DEL SODIO ABSORBIDO POR PLANTAS DE MAÍZ (mg/planta)
TENIENDO EN CUENTA LAS SUCCIONES Y LAS FUENTES FOSFATADAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Pc.	5%	1%
Succiones	5	5,92	1,18	1,37	2,77	4,25
Residual (a)	18	15,64	0,86			
Fuentes fosfatadas	2	1,36	0,68	0,73	3,26	5,25
Succiones x Fuentes	10	17,55	1,75	1,90	2,10	2,86
Residual (b)	36	33,43	0,92			
Total	71	73,90				

1. Regresión al origen del 5%

TABLA XII
RELACION ENTRE EL AREA FOLIAR Y EL FOSFORO ABSORBIDO POR
LAS PLANTAS DE MAIZ

Parámetros		Fuente	Ecuación	Coeficiente de Correlación (r)	Coeficiente de Determinación (R) %
Fósforo absorbido (mg/plant)	Area Foliar (cm ²)				
13,24	3.515,96	SFT	$Y = 492,40 + 42,54X$	0,66	43,56
12,11	3.393,00	10-30-10	$Y = 235,94 + 163,96X$	0,50	25,00
9,02	4.761,37	Calfos	$Y = -681,94 + 983,67X$	0,76*	57,76

* : Significativo al nivel del 5%

AN 20267
T Bucheli Mera, Jorge
631.85 Efecto de la succión matricial
B919
~~Ej.1. sobre la utilización del~~

	VENCE
NOMBRE Diego JORJA	
No. del Carnet 21031224	
NOMBRE JORIS A. TORMAL P.	
No. del Carnet 22109225	
NOMBRE MONICA CORDOBA	

AN
T
631.85
B919
Ej.1.

20267