

MINERALIZACION DEL FOSFORO ORGANICO EN ALGUNOS SUELOS
DE LA INTENDENCIA NACIONAL DEL PUFUMAYO

Por

JOSE IGNACIO MESIAS LUCERO
ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ GUERRERO

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE B. B. IOTECAS	
PASTO - COLOMBIA	
No.	15774
Volumen	1
Fecha	15-7-74
Fact.	
Libro	
Grupos	

Presidente de Tesis
JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A. M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
1.972

T
E637.85
M578
Ej. 1

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

Artículo Iº. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Maricao.

SECRETARIO
JOSE IGNACIO MARTINEZ VICARIO

SECRETARIO

A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO

JOSE IGNACIO MESIAS LUCERO

ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ GUERRERO A :

JUAN DE DIOS JIMENEZ I. A. M. S. C.

RICARDO GUERRERO MORALES I. A. M. S. C.

A LA MEMORIA DE MI PADRE ANTONIO P. A. R.

A MI MADRE FRANCISCA GONZALEZ DE LA ESPERANZA

A MI HERMANA ROSA MARÍA

A MIS FAMILIARES

A MI NOVIA

A MIS AMIGOS

Trabajo del Laboratorio de suelos de la
Escuela de Ciencias Agrícolas.

En las páginas que se ven a continuación
se celebran los años de la gran
guerra.

DEDICO

ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ GUERRERO

CONTENIDO

I. INTRODUCCIONES	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Generalidades de la zona estudiada.	2
2.1.1. Ubicación y Extensión.	2
AGRADECIMIENTO A :	
2.1.2. Biología y Climatología.	2
2.1.1. Dpto. JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A. M.Sc.	2
2.1.2. Dpto. RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A. M.Sc.	3
2.1.3. Dpto. MARIO BLASCO LAMENCA Ph.D.	4
2.2. Instituciones	4
2.2.1. FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	4
2.3. Investigadores	5
2.3.1. RITHA ARELLANO ROJAS	5
2.3.2. UNIVERSIDAD DE NARIÑO	5
2.3.3. Personal del laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas.	5
2.4. Agradecimientos que intervinieron en el desarrollo de la presente investigación.	6
2.4.1. Todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo de la presente investigación.	6
2.5. Estado de los estudios realizados en el laboratorio del autor.	6
2.5.1. Estado del suelo	6
2.5.2. Estado de las condiciones climáticas del laboratorio	7

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Generalidades de la zona estudiada. .	2
2.1.1 Ubicación y Extensión	2
2.1.2 Ecología y Climatología.	2
2.1.3 Geología	2
2.1.4 Suelos	3
2.2 Generalidades del fósforo	4
2.3 Transformaciones microbiales de fósfo ro en los suelos.	5
2.3.1 Compuestos orgánicos fosfora- dos	5
2.4 Microorganismos que intervienen en el (metabolismo) del fósforo	5
2.4.1 Oxidación-reducción del fósfo ro por los microorganismos. .	6
2.5 Efecto de los distintos factores en el (metabolismo) del fósforo	6
2.5.1 Reacción del suelo	6
2.5.2 Adición de compuestos organi- cos e inorgánicos	7

	Pág.
III. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Materiales	8
3.1.1 Muestreo	8
3.2 Métodos	8
3.2.2 Análisis del fósforo en los sue <u>l</u>	
los.	8
3.2.2.1 Determinación de algu <u>n</u>	
nas fracciones de fós <u>f</u>	
foro.	8
3.2.2.2 Fijación del fósforo.	9
3.2.2.3 Incubación de los dife <u>r</u>	
rentes suelos	9
3.2.2.4 Análisis Estadístico.	9
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	10
4.1 Fósforo orgánico	10
4.2 Transformaciones del fósforo orgánico	
(suelo testigo)	10
4.3 Transformaciones de fósforo orgánico	
con adición de carbonato de calcio al	
1%	14

	Pág.
FIGURA 4.4 Transformación de fósforo orgánico con adición de carbonato de calcio al 0,5%.	17
FIGURA 4.5 Transformaciones de fósforo orgánico con adición de fósforo inorgánico	19
V. CONCLUSIONES	39
VI. RESUMEN	41
FIGURA SUMMARY	42
VII. BIBLIOGRAFIA	43
FIGURA 3. Medios experimentales de el experimento realizado, en los períodos de transición .	35
FIGURA 4. Medios experimentales realizados con el objetivo de medir el P _o y el P _i	36
FIGURA 5. Medios experimentales realizados con el objetivo de medir el P _o y el P _i	37
FIGURA 6. Medios experimentales realizados con el objetivo de medir el P _o y el P _i	38

ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Fósforo orgánico en el tratamiento testigo en los periodos de incubación	31
FIGURA 2. Fósforo orgánico incubado con tratamiento de CaCO_3 al 1%	32
FIGURA 3. Fósforo orgánico incubado con el tratamiento de CaCO_3 al 0,5%	33
FIGURA 4. Fósforo orgánico incubado con tratamiento de superfosfato triple del 21% de fósforo	34
FIGURA 5. Fósforo aprovechable en el tratamiento testigo, en los periodos de incubación	35
FIGURA 6. Fósforo aprovechable incubado con tratamiento de CaCO_3 al 1%	36
FIGURA 7. Fósforo aprovechable incubado con tratamiento de CaCO_3 al 0,5%.	37
FIGURA 8. Fósforo aprovechable incubado con tratamiento de superfosfato triple del 21% de fósforo	38

TABLAS

		Pág.
TABLA I.	Fósforo orgánico y fósforo aprove- chable original en los suelos estu- diados	23
TABLA II.	Fósforo orgánico y fósforo aprove- chable en los suelos sin tratamien- to, incubados a diferentes periodos	24
TABLA III.	Fósforo orgánico y fósforo aprove- chable en los suelos con tratamien- to de carbonato de calcio al 1% in- cubados a diferentes periodos	25
TABLA IV.	Fósforo orgánico y fósforo aprove- chable en los suelos con tratamien- to de carbonato de calcio al 0,5% incubados a diferentes periodos	26
TABLA V.	Fósforo orgánico y fósforo aprove- chable en los suelos con tratamien- to de superfosfato triple al 21% de fósforo, incubados a diferentes pe- riodos	27

INVESTIGACIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE ALIMENTOS Y SUELOS
DE LA INSTITUCIÓN NACIONAL DEL FOSFORO (*)

	Pág.
TABLA VI. Prueba de Duncan para el promedio de fósforo aprovechable en los distintos tratamientos (4a. Semana)	28
TABLA VII. Prueba de Duncan para el promedio de fósforo aprovechable en los distintos tratamientos (8a. Semana)	29
TABLA VIII. Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos en estudio	30

El objetivo general de esta prueba es medir los niveles de fósforo aprovechables en los suelos de la zona de estudio, a través de la aplicación en el campo de los distintos tipos de fertilizantes, para determinar los efectos de los mismos sobre el cultivo.

(*) Tabla de datos, presentada en el informe técnico que acompaña a este estudio, en el que se detallan los resultados obtenidos en el presente estudio.

MINERALIZACION DEL FOSFORO ORGANICO EN ALGUNOS SUELOS
DE LA INTENDENCIA NACIONAL DEL PUTUMAYO (+)

Por

JOSE IGNACIO MESIAS LUCERO
ARMANDO ALFREDO HERNANDEZ GURRERO

I. INTRODUCCION

El fósforo ha recibido una atención constante de los investigadores, no sólo por su importancia como elemento mayor, si no también, por los problemas que presenta su asequibilidad, principalmente en suelos tropicales y derivados de cenizas volcánicas.

Los microorganismos son capaces de realizar reacciones de oxidación-reducción que conlleva a procesos de mineralización-inmovilización. La importancia desde el punto de vista agronómico no tiene discusión, se hace necesario estudiar con mayor intensidad éstos tipos de metabolismo, con el fin de conocer los factores que gobiernan éstos procesos.

El objetivo general de éste trabajo es medir las transformaciones bioquímicas del fósforo, a través de incubaciones en algunos suelos de la Intendencia Nacional del Putumayo, región de vertiginoso desarrollo.

(+) Tesis de grado, presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Gamboa Jaimes I.A. M.Sc.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la zona estudiada.

2.1.1 Ubicación y Extensión.

El área estudiada se encuentra situada en la región Noroeste de la Intendencia Nacional del Putumayo, que comprende desde la región de Villagarzón hasta la población de Puerto Caicedo.

La superficie total de la Intendencia es de 25.570 kms² o sea, el 2,2% de la superficie Colombiana (43).

2.1.2 Ecología y Climatología.

La parte estudiada, tiene una altitud promedio de 800 m. y una temperatura que oscila entre 24 a 30°C.

El clima de esta zona, es húmedo con lluvias intensas principalmente en los meses de abril, mayo, junio y julio; en agosto, septiembre y octubre son intermitentes y menos frecuentes.

La vegetación representativa de esta área, es la típica de un bosque tropical húmedo, con la presencia de vegetación exuberante y una selva inhóspita y difícil para su colonización (31).

2.1.3 Geología.

Royo y Gómez (44), en sus estudios sobre esta región, indican que el cretácico está bien representado en el valle de Mocoa, formando la loma o sierra de Churumbela divisoria

con el Caquetá e integrada por calizas potentes, de color gris negruzco, bituminosas sobre las cuales vienen arcillas pisarrozas y esquistos arcillo-negruscos, con lechos de liditas. En este conjunto se intercalan bancos de areniscas con vetas delgadas irregulares e inconstantes de carbón que afloran desde la confluencia del río Rumiayaco con el río Mocoa.

En cuanto al terciario se conservan dos formaciones distintas, una inferior en contacto con el cretácico y terrenos antiguos, integrada por pudingas, con cantos de cuarzo y de liditas principalmente, areniscas (coníferas), arcillas y gredas grises, muy rojas y abigarradas.

Desde Villagarzón hacia el sur, ya en plena planicie selvática, cuando asoman los materiales del subsuelo, en las lomas o en los cauces fluviales, se ven arcillas y gredas abigarradas y algo rojizas, pero en especial areniscas más o menos sueltas de color pardo que pueden pertenecer a una formación más moderada en el terciario (44).

2.1.4 Suelos.

Los suelos predominantes en la zona alejada de los ríos, son los característicos del trópico húmedo, que prevalecen en la zona Ecuatorial (34). Se caracterizan por la acidez, la cual se acentúa rápidamente por la destrucción de los residuos orgánicos.

Según Matta y Palacios (38), las siguientes características químicas corresponden a los suelos bajo conchinos de bosque y pradera (primera capa), con promedios para toda la región en estudio: pH 4,93; Carbono orgánico 3,49%; Nitrógeno Total 0,42%; Materia orgánica 6,02%; Relación C/N 8,23; C.C.C. 18,69 meq/100 g. y bases cambiables en ppm Potasio 74,65; Calcio

por SiO_4 en las arcillas del suelo.

c- Precipitación de fosfato de aluminio y hierro.

2.3 Transformaciones microbiales de fósforo en los suelos.

2.3.1 Compuestos orgánicos fosforados.

La mayor parte del metabolismo microbial del fósforo en los suelos tiene que ver con los compuestos orgánicos fosforados. Sucede lo mismo con los fosfolípidos, ácidos nucleicos nucleótidos, fosfoazúcares, algunas coenzimas y sales del ácido fítico (inositol hexafosfatos), que en la sal más importante del fósforo orgánico (5, 7, 20).

Blasco y colaboradores (12) sugieren que la resistencia a la mineralización de los compuestos orgánicos procede en el siguiente orden: Fitatos de hierro y aluminio > fitatos de calcio y magnesio > fosfolípidos > AMP > ADN.

Los fitatos químicamente son más estables a causa de unidades esterificadas del fósforo con el ácido fítico y sus sales (6, 27, 30).

Las cantidades de AMP y ADN, son más pequeñas en los suelos (2, 8), pueden fácilmente degradarse por ser parte de los ácidos nucleicos que son metabolizados rápidamente por los microorganismos, y además por constituir una fuente importante de energía (4).

2.4 Microorganismos que intervienen en el metabolismo del fósforo.

A diferencia de lo que ocurre en las transformaciones del nitrógeno y azufre, no existe especialización entre los

microorganismos que intervienen en las reacciones bioquímicas del fósforo en el suelo. Cualquier microorganismo que produzca hidrolasas del tipo fosfatasa, nucleotidasas y fitasas (Arthro-bacter, Bacillus, Pseudomonas, Aspergillus, Gumiganelas, Penicillium, Rhizopus, y Streptomyces etc), pueden intervenir en las reacciones del fósforo (17, 29, 35).

Generalmente, más del 50% de los microorganismos presentes en los suelos producen fosfatasas (20).

El microorganismo que tiene mayor importancia es el Bacillus megaterium, var, phosphaticum, por lo cual se recomienda como inoculante en suelos y cimientos para mejorar y aprovechar la disponibilidad del fósforo (21).

2.4.1 Oxidación-reducción del fósforo por los microorganismos.

Adams y Conrad (2) fueron los primeros en reportar que cuando se adicionaba fosfito a un medio de cultivo, el mismo era recobrado como fosfato en las células microbiales.

Por otro lado, se comprobó que a partir de los ortofosfatos, los microorganismos, mediante reducción, pueden formar fosfitos e hipofosfitos (4). Este autor señala como posibilidad una reacción reversible de oxidación reducción:



2.5 Efecto de los distintos factores en el (metabolismo) del fósforo.

2.5.1 Reacción del suelo.

Los resultados obtenidos son contradictorios

pero según Thompson et al (48) señala que la mineralización del fósforo aumenta con el pH de los suelos, no así la práctica de encalamiento que tiende a disminuir la mineralización, ya que de acuerdo a Halstead (32), el hidróxido de calcio, carbonato de calcio y de magnesio inhiben la acción de la fosfatasa.

2.5.2 Adición de compuestos orgánicos e inorgánicos.

La adición de compuestos orgánicos (fosfoazúcares, ácidos nucleicos, etc), con alto contenido de fósforo aumenta positivamente la mineralización (48, 42).

Acquaye (1) encontró que la mineralización del fósforo aumentaba con tratamientos que proporcionaban un mejor equilibrio nutricional del suelo.

Otros factores que se deben tener en cuenta son la humedad y la temperatura.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales.

3.1.1 Muestras.

Para la realización de la presente investigación, se escogieron cuatro sitios pertenecientes a la Intendencia Nacional del Putumayo, en el trayecto comprendido entre Villagarzón y Puerto Caicedo.

Las muestras se tomaron de la primera capa en condiciones de pradera en las regiones de Villagarzón, Cafelina, Uchipayaco y Puerto Caicedo.

Los suelos se mezclaron, homogenizaron y se caron al aire, posteriormente se pasaron a través de un tamiz de dos milímetros, y guardaron en frascos de vidrio.

3.2 Métodos.

3.2.2 Análisis del fósforo en los suelos.

3.2.2.1 Determinación de algunas fracciones de fósforo.

De un gramo de suelo fue extraído sucesivamente con Cloruro de Amonio N, el P-fácilmente reemplazable con ácido acético 0,5 N, el P-unido al calcio no apatítico con fluoruro de amonio 0,5 N, el P-unido al aluminio; con hidróxido de sodio 0,1N, el P-unido al hierro; con ácido sulfúrico, 0,5N el P-unido al calcio apatítico, siguiendo el método de Chang y Jackson (18), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (47). El P-orgánico se determinó utilizando el método

de Ignición de Saunders y Williams (46).
3.2.2.2 Fijación del fósforo.

Para este proceso se utilizó el método de Fassbender e Igue (26), con el fosfato monopotásico (KH_2PO_4).

La capacidad de fijación se determinó por diferencia entre el fósforo aplicado y el encontrado en el sobrenatante.

3.2.2.3 Incubación de los diferentes suelos.

Diez gramos de suelo seco al aire, se colocaron en tubos de ensayo, se adicionaron los tratamientos de carbonato de calcio del 1% (20 tons/ha) y 0,5% (10 tons/ha) y superfosfato triple del 21% de fósforo y se ajustó la humedad del suelo a la capacidad de campo (1/3 de Bar).

Los tubos herméticamente cerrados con tapones de caucho, se incubaron a temperatura del laboratorio por periodos de cuatro y ocho semanas; al final de cada periodo se determinó el P-aprovechable por el método Bray I y el P-orgánico por el método de Saunders y Williams.

3.2.2.4 Análisis Estadístico.

Se aplicó el análisis de variancia por el método de parcelas divididas utilizando 3 repeticiones y la prueba de Duncan para la significancia en lo que respecta al fósforo aprovechable.

Los resultados aparecen en las tablas en p.p.m.; sin embargo, para facilitar la discusión se repre-

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas I a VIII y en las Figuras 1 a 8, se presentan los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.1 Fósforo orgánico.

La cantidad de fósforo orgánico en el suelo, es un índice del proceso de mineralización que se puede presentar, ésta fracción, lógicamente está relacionada con la materia orgánica. Altas concentraciones de la forma orgánica y bajo fósforo aprovechable pueden indicar procesos lentos de mineralización.

La secuencia seguida por el fósforo orgánico, en suelos estudiados bajo condiciones de campo fués: Puerto Calcedo > Uchipayaco > Cafelina > Villagarzón (Tabla I). A su vez, la forma aprovechable presenta la siguiente secuencia: Villagarzón > Uchipayaco > Cafelina > Puerto Calcedo. Lo anterior demuestra, cómo la región que tiene mayor concentración de fósforo orgánico ofrece la menor concentración de fósforo aprovechable. Este resultado indica que no se está presentando una mineralización aceptable en los suelos de Puerto Calcedo, siendo un poco mayor en los suelos de Villagarzón; no obstante, el fósforo aprovechable se considera como definitivamente bajo (2, 91 ppm).

4.2 Transformaciones del fósforo orgánico (suelo testigo).

La secuencia observada para esta fracción en el tratamiento testigo fués: Cafelina > Puerto Calcedo > Villagarzón > Uchipayaco (Tabla II). Anteriormente se anotó, que la mineralización del fósforo en el campo no se presenta en condiciones adecuadas. Al tomar los mismos suelos y mejorar algunas condiciones físicas como aireación y humedad, determinantes en el buen funcionamiento

de la biomasa, se encontró que la materia orgánica sufrió un ataque más intenso, lo que incidió en que a las cuatro semanas de incubación, aumentara la fracción orgánica de fósforo.

En la Tabla II[†], se observa este aumento, Villagarzón en efecto, tuvo un incremento de 41,46%, Cafelina de 28,55%, Uchipayaco 40,98%, mientras que Puerto Caicedo ofrece una disminución de 11,94%. La explicación de este aumento posiblemente radica en el incremento de la masa microbiana. Se sabe, de acuerdo a Blasco (12), que la mineralización depende principalmente de los microorganismos aerobios (bacterias), naturalmente, las mejores condiciones aumentaron este tipo de microflora, que trajo consigo mayor demanda de energía y nutrientes.

En Puerto Caicedo, no se observa tal aumento, parece que el mejoramiento de las condiciones físicas no incidió en la vida microbiana y los factores que pudieran actuar sobre el ataque a la materia orgánica no son de tipo físico sino químico o biológico. Si se comparan los promedios de fósforo orgánico en los dos períodos de incubación, se nota que la diferencia es pequeña (2,38%). Es factible que este resultado se deba a que la masa microbiana presente en el suelo, haya encontrado compuestos fosfóricos de difícil ataque (fitatos de Fe y Al). De acuerdo a Blasco (12), la secuencia que tienen los compuestos orgánicos en cuanto a resistencia al ataque es: fitatos de hierro y aluminio > fitatos de Ca y Mg > fosfolípidos > ARN > ADN.

[†] En las tablas aparecen los resultados en p.p.m., sin embargo, para facilitar la discusión se representa en términos porcentuales de comparación (Tabla II con Tabla I) obtenidos por regla de tres, correspondiendo el valor mayor al 100%.

$$\begin{aligned} \text{Ej.: } 287,14 & - 100 \\ 168,11 & - X = 58,54 - 100 = 41,46\% \end{aligned}$$

Igual procedimiento con los demás valores.

Esta baja mineralización podría ser explicada, también por la relación C/P-orgánico, de acuerdo a Black y Goring (11), relaciones menores de 200/1 favorecen la mineralización. Sin embargo, el promedio de la relación fué de 119,84/1 a las ocho semanas (Tabla II). Parece ser como lo afirman varios autores (15, 12), que es más importante el tipo de compuesto orgánico que esta relación.

llama la atención, el hecho de que el P-aprovechable a las cuatro semanas de incubación, se haya reducido, en comparación con la fracción aprovechable original de los suelos. Esta disminución está representada en los siguientes términos porcentuales: Villagarzón 41,82%, Cafelina 73,99%, Uchipayaco 91,97% y Puerto Caicedo 17,34%. Es probable, que en el transcurso de las cuatro semanas, no se haya efectuado el ciclo completo de la mineralización y el fósforo se encuentre inmovilizado en los tejidos de los microorganismos. Resultados similares fueron encontrados por Hiasco y Bohórquez (13), al estudiar algunos suelos del Cauca y Nariño.

Aunque era de esperar, que a las ocho semanas de incubación aumentara el fósforo aprovechable, esto no sucedió así y por el contrario tuvo la siguiente disminución en términos porcentuales Villagarzón 79,23%, Cafelina 81,42%, Uchipayaco 77,09% y Puerto Caicedo 50,00%.

Al observar la concentración de P-orgánico (Tabla II), a las cuatro semanas y esta misma fracción a las ocho semanas de incubación, se ve que hubo un decrecimiento con excepción de Uchipayaco, permaneciendo igual en Puerto Caicedo. Esta menor concentración podría indicar que existió mineralización y que el P-aprovechable o sigue inmovilizado o fué convertido en compuestos insolubles, tales como fosfato de Al, de Fe o Ca.

Según Matta y Palacios (38), el pH ácido de estos suelos, por debajo de 5,0 está facilitando la solubilidad del aluminio y del hierro que al reaccionar con el fósforo, pueden formar compuestos difícilmente asequibles. Al respecto, cabe anotar que los altos porcentajes de fijación, encontrados en el presente trabajo (Tabla VIII) confirman esta aseveración. Al determinar la capacidad de fijación de estos suelos, se encontró un promedio de 97,49%; resultados que concuerdan con los encontrados por Guerrero y colaboradores (28), en suelos volcánicos de Nariño.

Al comparar el fósforo aprovechable original de los suelos, con la fracción testigo a las ocho semanas de incubación, se encontraron los siguientes porcentajes de decrecimiento: Villagarzón 79,23%, Cafelina 81,42%, Uchipayaco 77,09% y Puerto Galeo de 50,00%. Esta disminución se presentó probablemente a causa de la inmovilización. Al respecto Blanco (14), al estudiar los procesos de mineralización en algunos suelos volcánicos, encontró que existía una notable ventaja de la inmovilización sobre la mineralización, después de ocho semanas de incubación. No obstante, no se debe descartar, la fijación, tan común en estos suelos.

4.3 Transformaciones de P-orgánico con adición de carbonato de calcio al 1%.

La secuencia observada para este tratamiento en los suelos en estudio fue: Uchipayaco > Cafelina > Villagarzón > Puerto Galeo. La adición de carbonato de calcio produjo un aumento de P-

orgánico a las cuatro semanas de incubación (Tabla III)⁺, en comparación con el fósforo orgánico en suelos incubados (testigo) y en los suelos originales sin incubación. Se encontró que el aumento promedio debido al tratamiento con calcio representó 39,33, para toda la región comparado con el P-orgánico en los suelos originales. Este incremento era de esperar, puesto que el calcio es un elemento primordial en la vida microbiana. Posiblemente, su adición repercutió en un aumento de la biomasa, que se dejó ver en la mayor producción de compuestos orgánicos ricos en fósforo.

Al comparar el tratamiento testigo, con el tratamiento que recibió calcio, (cuarta semana), se observa, que en promedio para toda la región, hubo una disminución de 21,42%. Así mismo, se nota que la formación de P-orgánico en los dos tratamientos fue menor a las ocho semanas (2,52% de disminución en el testigo y 26,43% de disminución en el tratamiento). Los resultados anteriores, indican que en la segunda fase de incubación el trabajo microbiano fue mayor permitiendo que la forma orgánica se mineralizara, pasando a P-aprovechable que tomó dos caminos: el de la inmovilización o el de la fijación.

⁺ Los promedios en P.D.M. se presentan en porcentajes que se relacionan con los resultados de las Tablas anteriores obteniéndose el aumento o disminución de P-orgánico y P-aprovechable.

$$\text{Ej.: } 367,03 - 100$$

$$222,69 - X = 60,67 - 100 = 39,33\%$$

El mismo procedimiento con los demás valores igual que para los tratamientos siguientes que se discuten en porcentajes.

En cuanto al P-aprovechable mineralizado en las cuatro semanas de incubación, se observa un aumento promedio de 93,45% comparado con el original de los suelos y de 97,45% relacionado con el tratamiento testigo. Este incremento indica, que en los primeros treinta días se presenta una aceptable mineralización a causa de las adiciones de calcio.

Sin embargo, a las ocho semanas de incubación se encontró un notable decrecimiento. El porcentaje de disminución en el tratamiento testigo entre cuatro y ocho semanas fué 37,16%; en el tratamiento de 1% de carbonato de calcio representó el 98,15%. Probablemente, la adición de una alta dosis de calcio, incidió en que se formara fosfato de calcio difícilmente soluble (fosfato tricálcico).

Es posible que esta adición elevare el pH, excluyendo así, la acción que pudiera tener el aluminio y el hierro intercambiables, en el aspecto de fijación.

De todos modos, a partir de los dos meses de incubación, el P-aprovechable es bajo, lo que indica que para estos suelos, altas dosis de carbonato de calcio, pueden ser perjudiciales, en lo que respecta a la asimilación de este elemento por la planta. Es probable que, a las cuatro semanas de incubación, el calcio adicionado no se hubiera solubilizado totalmente, evitándose así, la reacción con el P-asimilable y su conversión a la forma apatítica, que se presentó a las ocho semanas.

No se debe descartar también, la acción que tiene el calcio sobre la fosfatasa, como lo explica Halstead (32), este ele-

mento en altas concentraciones inhibe su acción. Siendo esta enzima fundamental en el proceso de mineralización del fósforo, este proceso quedaría detenido.

La diferencia promedio, del P-aprovechable y del testigo fué altamente significativa (Tabla VI), pero no se detectó ninguna significancia entre éstos dos promedios a las ocho semanas de incubación (Tabla VII).

4.4 Transformación de fósforo orgánico con adición de carbonato de calcio al 0,5%.

La secuencia observada para este tratamiento en los suelos en estudio fué: Uchipayaco > Villagarzón > Cafelina > Puerto Caicedo. Al adicionar 0,5% de carbonato de calcio, el P-orgánico tiene un aumento de 7,53%, en comparación con el testigo, pero una disminución de 15,00% comparado con el tratamiento que recibió 1% de carbonato de calcio. Sin embargo, esta adición estimuló la flora microbiana dando como resultado una mayor cantidad de P-orgánico a las cuatro semanas de incubación.

A las ocho semanas, se presentó la misma disminución observada con el tratamiento de carbonato de calcio al 1%, esta menor concentración representó el 34,31%.

En lo que respecta al P-aprovechable (primera etapa de incubación), se encontró un aumento con el tratamiento de 0,5% de carbonato de calcio, comparado con la adición de 1% de este mismo compuesto. De todas formas para estos dos tratamientos la minara

lización efectuada se considera como aceptable, ya que supera las 30 ppm. de P-aprovechable que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) considera como alta (19).

Los resultados obtenidos a las ocho semanas, presentaron una disminución equivalente al 94,50. Este porcentaje, demuestra el alto poder de fijación de los suelos en estudio. El promedio de P-aprovechable (2,84 ppm), se considera como muy bajo. Lo anterior indica, que la fijación posiblemente bajo las formas de fosfato tricálcico es de cuidado y aunque fue menor que en el caso en que se adicionó carbonato de calcio al 1%, dá motivo para pensar, que adiciones altas no son convenientes en cultivos de tres o más meses de duración.

Los resultados indican que la planta puede obtener cantidades adecuadas de fósforo en su primer mes, permitiendo un mejor desarrollo radicular. Sin embargo, en la etapa de maduración del cultivo en donde los requerimientos de fósforo son más acentuados, el suelo va a ofrecer cantidades relativamente bajas. Sería conveniente, efectuar estudios con porcentajes más bajos de carbonato de calcio para conocer su respuesta.

Es posible, que estos suelos tengan un poder de amortiguación, más bajo que el que ofrecen los suelos volcánicos y por consiguiente, el pH haya subido de tal forma que permitiera la formación de fosfatos apatíticos.

El análisis de variancia demostró, que entre las concentraciones promedias de P-aprovechable, existía diferencia alta-

mente significativa comparada con el testigo y diferencia significativa con el tratamiento de carbonato de calcio al 1%. Para la octava semana de incubación, las diferencias detectadas fueron del mismo tipo (Tablas VI y VII).

4.5 Transformaciones de fósforo orgánico con adición de fósforo inorgánico.

La secuencia observada para este tratamiento fue: Uchirapayaco > Villagarzón > Puerto Calcedo > Cafelina. En la Tabla V se presentan los resultados obtenidos cuando se adicionó P-inorgánico, bajo la forma de superfosfato triple. A las cuatro semanas de incubación, la concentración promedio de P-orgánico (325,29 ppm) representó un aumento de 9,15% comparado con el promedio del tratamiento testigo (295,51 ppm). Este promedio es menor que el obtenido con el tratamiento de calcio al 1%, pero superior al tratamiento con 0,5% de carbonato de calcio. Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Rixon (45), Thompson (48) y Oussia et al (41), estos investigadores encontraron que adiciones de fósforo inorgánico aumentaba el contenido de la forma orgánica de este elemento.

Siendo el fósforo un elemento básico para la vida microbiana, ya que la energía de los microorganismos viene relacionada directamente con el metabolismo de los fosfatos inorgánicos, es lógico que, adiciones de este tipo de fosfatos aumenta la formación de TPA, (Trifosfato de adenosina), DFA (Difosfato de adenosina), TFU (Trifosfato de Uridina), TPC (Trifosfato de Citidina), TFG (Trifosfato de Guanosina) estos compuestos son básicos para la fosforilación oxidativa por parte de los microorganismos (12).

La concentración de P-orgánico, encontrada a las ocho semanas de incubación, ofreció una disminución de 24,43% en comparación con la de cuatro semanas. Nuevamente se observa la misma tendencia, que se presentó en los otros dos tratamientos y en el testigo. Es de esperar, que esta diferencia se deba a la mineralización, en donde la forma soluble de fósforo puede tomar el camino de la inmovilización o de la fijación, como anteriormente se anotó.

El fósforo aprovechable a las cuatro semanas de incubación, presentó concentraciones muy similares a las encontradas con el tratamiento de 0,5% de carbonato de calcio (Tabla IV), pero superiores al tratamiento con carbonato de calcio al 1% y bastante distantes del tratamiento testigo.

En el primer período de incubación para los tres tratamientos 1% y 0,5% de carbonato de calcio y para 0,05 ppm. de superfosfato triple del 21% de P, la mineralización se considera adecuada. Sin embargo, a pesar de la adición de formas solubles de fósforo, a las ocho semanas el decrecimiento representó 92,07% comparado con el de las cuatro semanas.

Como existió una disminución de 24,43% de P-orgánico entre los dos períodos de incubación, éste porcentaje debió representar el P-mineralizado o el inmovilizado. Dado el hecho de que la fracción aprovechable es baja, es de suponer, como se expresó anteriormente, que la fijación es la determinante de este resultado.

Aunque el promedio obtenido de P-aprovechable, en esta etapa de incubación es el más alto, se considera que para propósitos

agronómicos dicha concentración es baja, parece ser, que tanto el aluminio como el hierro favorecidos por el pH, se presentan en tal concentración, que reaccionan con el P-mineralizado y con el P-adicionado formando compuestos de relativa insolubilidad.

Los resultados obtenidos a las ocho semanas de incubación, tanto para el P-orgánico como para el P-aprovechable, son consistentes en todos los tratamientos, con una tendencia de tipo negativo, ya sea a causa de la inmovilización o de la fijación. En la Tabla VIII se presenta el fraccionamiento del fósforo, en donde se observa, que hay un predominio de los fosfatos de aluminio sobre los fosfatos de Hierro y Calcio.

Se encontró en el primer período de incubación, diferencias altamente significativas entre la concentración promedio de este tratamiento con el testigo, no existiendo ninguna significancia entre los promedios de los otros dos tratamientos.

Para las ocho semanas de incubación, se detectó diferencia altamente significativa con el testigo y con el tratamiento de carbonato de calcio al 0,5%.

Al comparar la concentración de fósforo aprovechable original de los suelos (Tabla I), con la de los distintos tratamientos a las ocho semanas de incubación, se observa una disminución con el tratamiento de carbonato de calcio al 1%, y con el testigo, cierta similitud con el tratamiento con el carbonato de calcio al 0,5%, siendo menor en 30,40% con el tratamiento que recibió fósforo.

Estos resultados indican que el problema del fósforo en éstos suelos es crítico, ya que sólo se puede incrementar la mineralización en un tiempo relativamente corto, que en el aspecto agronómico, sólo ofrecerá beneficio en los primeros estados del cultivo.

TABLA I

ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE SUELOS AGRÍCOLAS (MUESTRA 1) EN LOS ESTADOS DE COAHUILA DE ZARAGOZA

ÍTEM	CONTENIDO	UNIDAD
MOISTURE	12.5	%
PH	5.8	
ACIDITY	1.2	meq/100g
CEMENTATION	1.5	meq/100g
TOTAL PHOSPHORUS	10.0	ppm
AVAILABLE PHOSPHORUS	0.5	ppm

TABLA I
FOSFORO ORGANICO Y FOSFORO APROVECHABLE EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

LUGAR	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE
		p. p. m.	
VILLAGARZON	168,11	138,00	3,85
VASFELINA	192,46	322,14	2,96
UCHIPAYACO	196,51	124,17	3,36
FUERTO CAIGEDO	333,68	90,21	1,50
PROMEDIO	222,69	168,63	2,91

TABLA II
 FOSFORO ORGANICO Y FOSFORO APROVECHABLE EN LOS SUELOS SIN TRATAMIENTO, INCUBADOS A DIFERENTES PERIODOS

SUAR	CUATRO SEMANAS				OCHO SEMANAS			
	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	P-ORGANICO	P-APROVECHABLE
LACARZON	287,14	80,79	2,24	246,21	94,22	0,80		
ELIWA	326,07	190,14	0,77	304,86	203,37	0,55		
HIPAYACO	275,01	88,72	0,27	307,05	79,46	0,77		
PUERTO CAICEDO	293,85	102,43	1,24	294,12	102,33	0,75		
PROMEDIO	295,51	115,51	1,13	288,06	119,84	0,71		

P.P.R.

TABLA III

FOSFORO ORGANICO Y FOSFORO APROVECHABLE EN LOS SUELOS CON TRATAMIENTO DE CARBONATO DE CALCIO AL 1%

LUGAR	CUATRO SEMANAS				OCHO SEMANAS			
	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	P-ORGANICO	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	
VILLACARZON	342,85	67,66	47,64	307,76	75,38	1,51		
CAFELIBA	375,11	165,28	48,79	176,94	350,40	0,47		
UCHIPAYACO	419,19	58,20	36,00	251,78	96,91	0,93		
PUESTO CALICEDO	330,99	76,98	44,77	370,01	81,34	0,37		
PROMEDIO	367,03	92,03	44,45	276,62	151,00	0,82		

P.P.M.

TABLA IV
FOSFORO ORGANICO Y FOSFORO APROVECHABLE EN LOS SUELOS CON TRATAMIENTO DE CARBONATO DE CALCIO AL 0,5%
INCUBADOS A DIFERENTES PERIODOS

LUGAR	CUATRO SEMANAS				OCHO SEMANAS			
	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	
	p.p.m.							
VILLAGARZON	320,34	72,42	50,58	170,23	136,28	0,77		
CAPELLIN	306,19	202,40	57,53	188,87	328,26	0,24		
UCHIPAYACO	390,00	62,56	53,92	196,90	123,92	2,68		
PUERTO CALICEDO	261,83	114,96	41,85	170,87	176,15	7,69		
promedio	319,59	113,10	50,97	181,71	191,15	2,84		

TABLA V

FOSFORO ORGANICO Y FOSFORO APROVECHABLE EN LOS SUELOS CON TRATAMIENTO DE SUPERFOSFATO TRIPLE DEL 21% DE P INCUBADOS A DIFERENTES PERIODOS

LUGAR	OCHO SEMANAS				P.P.M.	
	P-ORGANICO	C/P-ORGANICO	P-APROVECHABLE	P-ORGANICO		
VILLAGARZON	305,91	75,83	60,31	276,66	83,83	3,92
CAFELINA	284,98	217,55	36,64	213,40	290,53	1,45
UCHIPAYACO	419,19	58,20	74,12	233,62	104,44	3,73
PUERTO GAICEDO	291,10	103,40	29,26	259,68	115,91	7,16
PROMEDIO	325,29	113,74	50,83	245,84	148,67	4,06

TABLA VI

PRUEBA DE DUNCAN PARA EL PROMEDIO DE FOSFORO APROVECHABLE EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS
(4a. SEMANA)

TRATAMIENTO	TESTIGO	CaCO ₃ 1%	CaCO ₃ 0,5%
CaCO ₃ 0,5%	51,80**	8,63*	7,84
SUPERFOSFATO TRIPLE 21% DE P	49,68**	6,51	-
CaCO ₃ 1%	43,17**	-	-
TESTIGO	-	-	-

H (1%) = 11,19

W (5%) = 8,31

TABLA VII

PRUEBA DE DUNCAN PARA EL PROMEDIO DE FOSFORO APROVECHABLE EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS

(8a. SEMANA)

TRATAMIENTO	TESTIGO	$\text{CaCO}_3 1\%$	$\text{CaCO}_3 0,5\%$	SUPERFOSFATO TRIPLE 21% de P
SUPERFOSFATO TRIPLE 21% DE P	3,36**	3,18**	1,25	-
$\text{CaCO}_3 0,5\%$	2,15**	1,97*	-	-
$\text{CaCO}_3 1\%$	0,18	-	-	-
TESTIGO	-	-	-	-

$\bar{V} (1\%) = 1,99$

$\bar{V} (5\%) = 1,48$

TABLE VIII




FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS EN ESTUDIO

Nombre de la Muestra	Facilmento Reemplazable	P-Ca. No ap-tifico	P-Ca. Apot-tico	Unido al Aluminio	Unido al Hierro	P Org-nico	Capacidad de Fijación
VILLACARZON	8,91	48,31	293,87	379,65	305,78	168,11	96,36
CAFELINA	8,64	70,25	374,44	324,48	328,72	192,42	97,07
UCHIPAYACO	11,57	136,97	152,19	313,67	377,80	196,51	97,53
PUERTO CAICEDO	6,60	76,96	165,22	360,05	243,53	338,68	99,03
PROMEDIO	9,18	83,12	246,43	344,46	313,95	222,69	97,49

P.P.M.

FIGURA 1. FOSFORO ORGANICO EN LOS SUELOS EN ESTUDIO

100

-  Sin incubar
-  4 semanas de incubación
-  8 semanas de incubación

- 1 Villagarzón
- 2 Cafelina
- 3 Uchipayaco
- 4 Puerto Caicedo

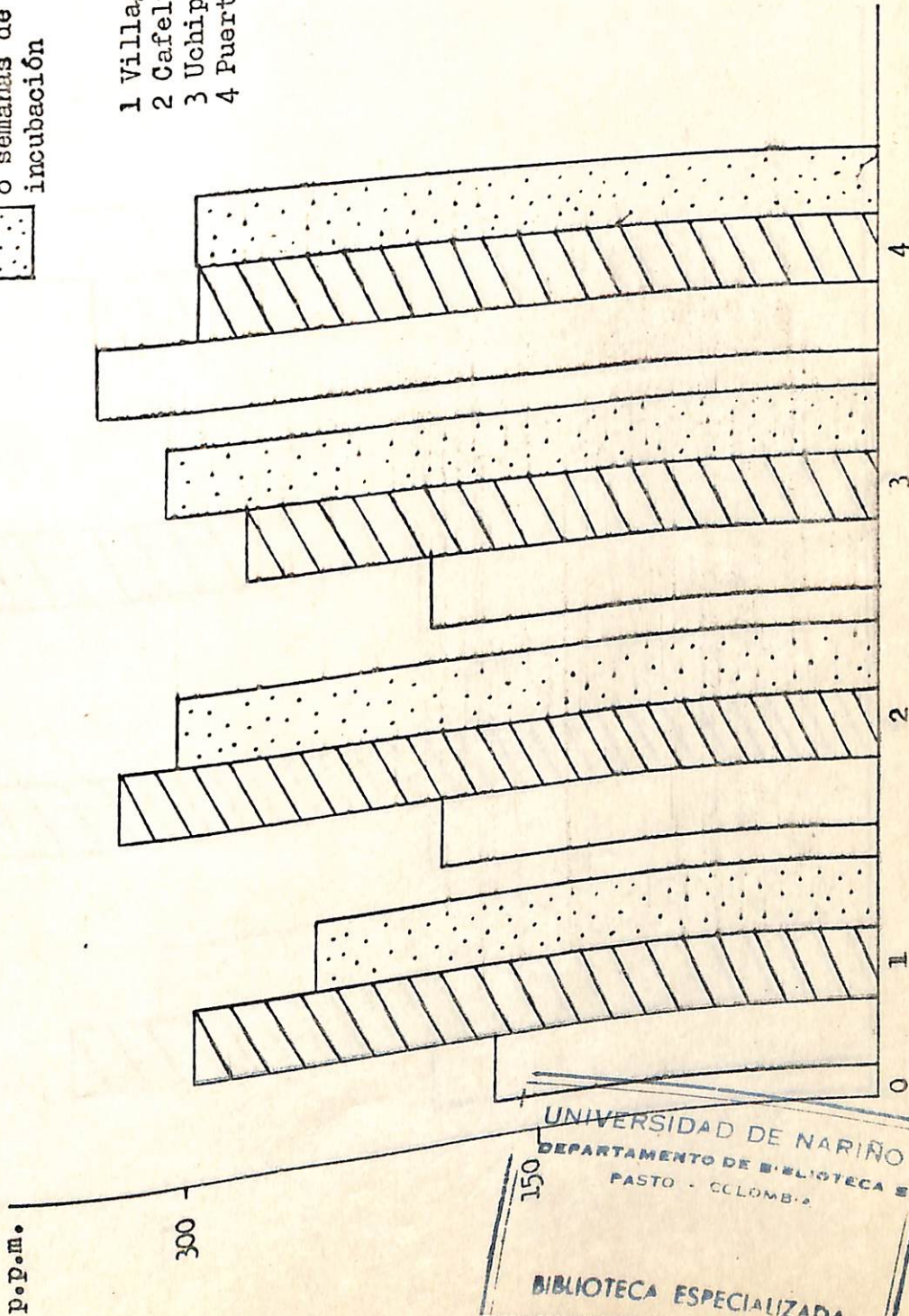


FIGURA 1. FOSFORO ORGANICO EN EL TRATAMIENTO TESTIGO EN LOS PERIODOS DE INCUBACION

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

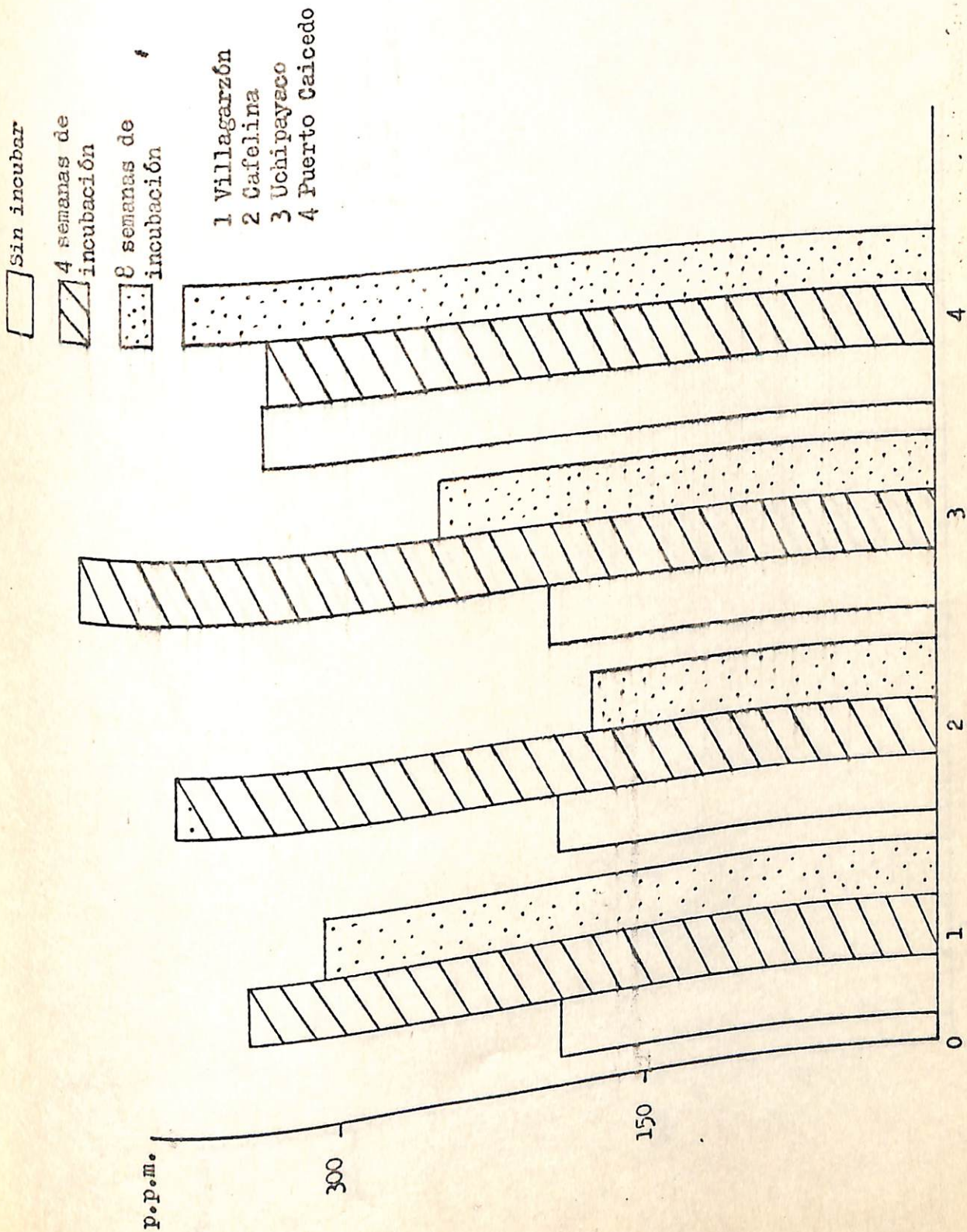


FIGURA 2. FOSFORO ORGANICO INCUBADO CON TRATAMIENTO DE CaCO₃ AL 1%

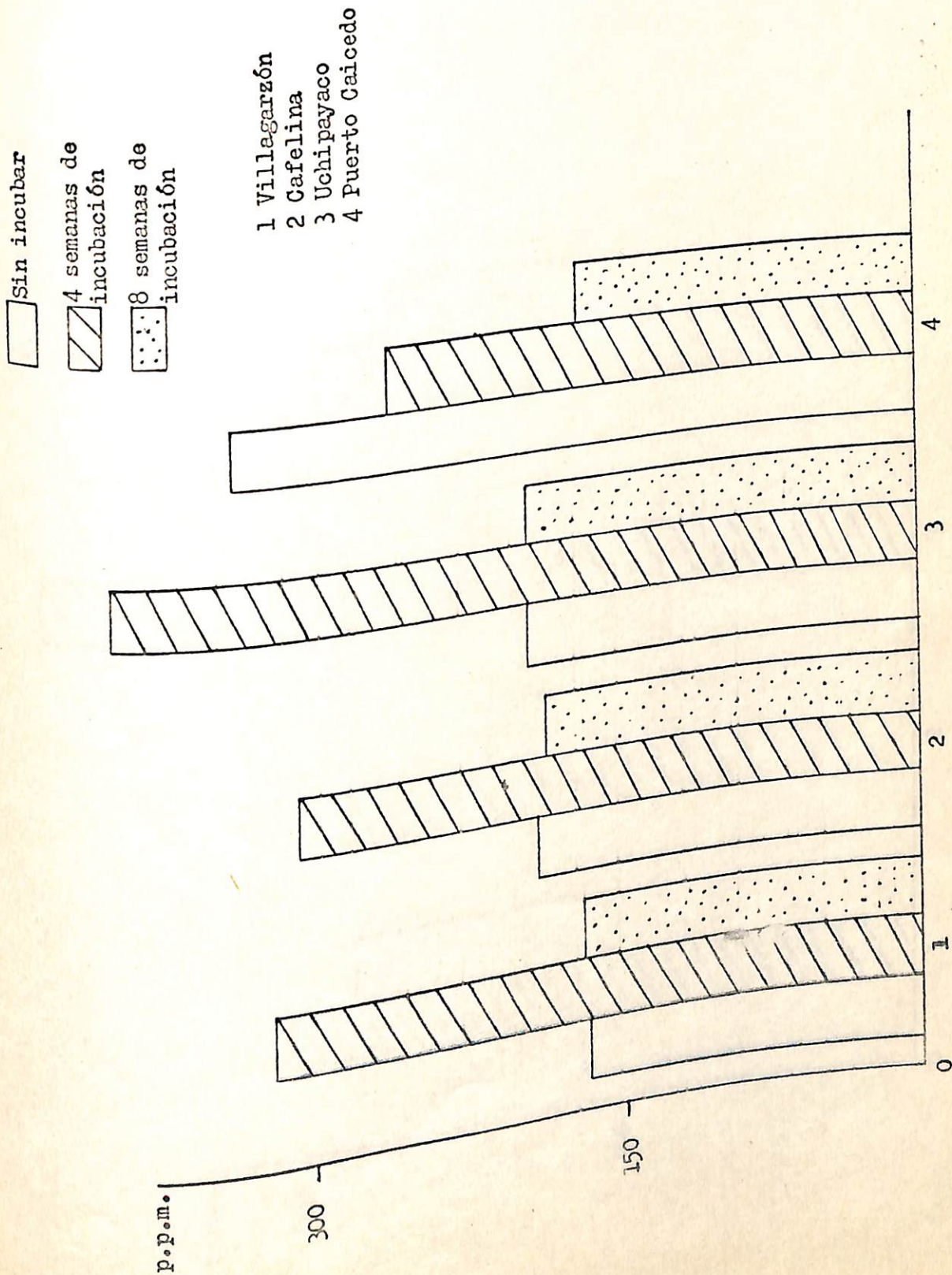


FIGURA 3. FOSFORO ORGANICO INCUBADO CON EL TRATAMIENTO DE CaCO₃ al 0.5%

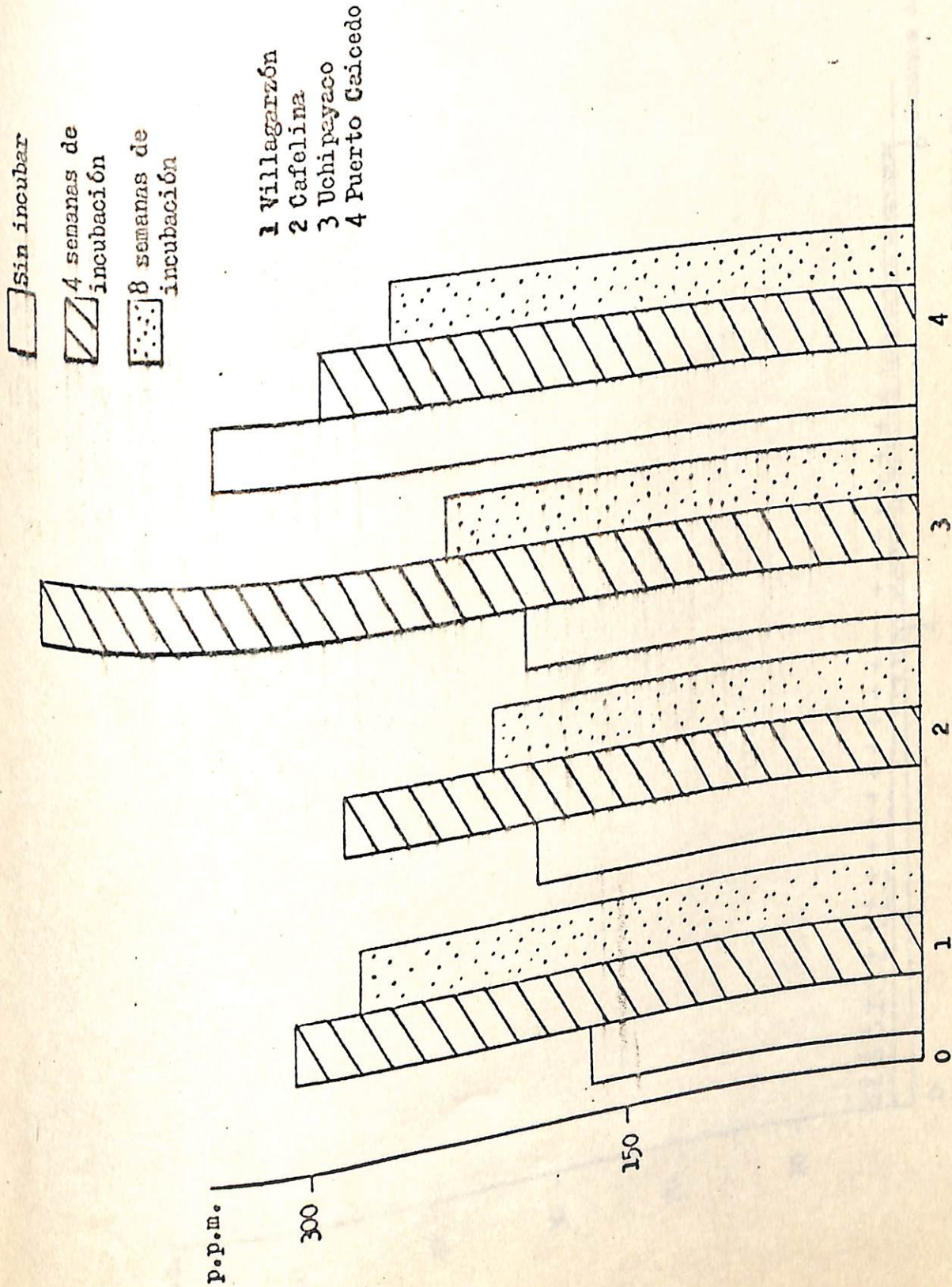


FIGURA 4. FOSFORO ORGANICO INCUBADO CON TRATAMIENTO DE SUPERFOSFATO TRIPLE AL 21% DE P.

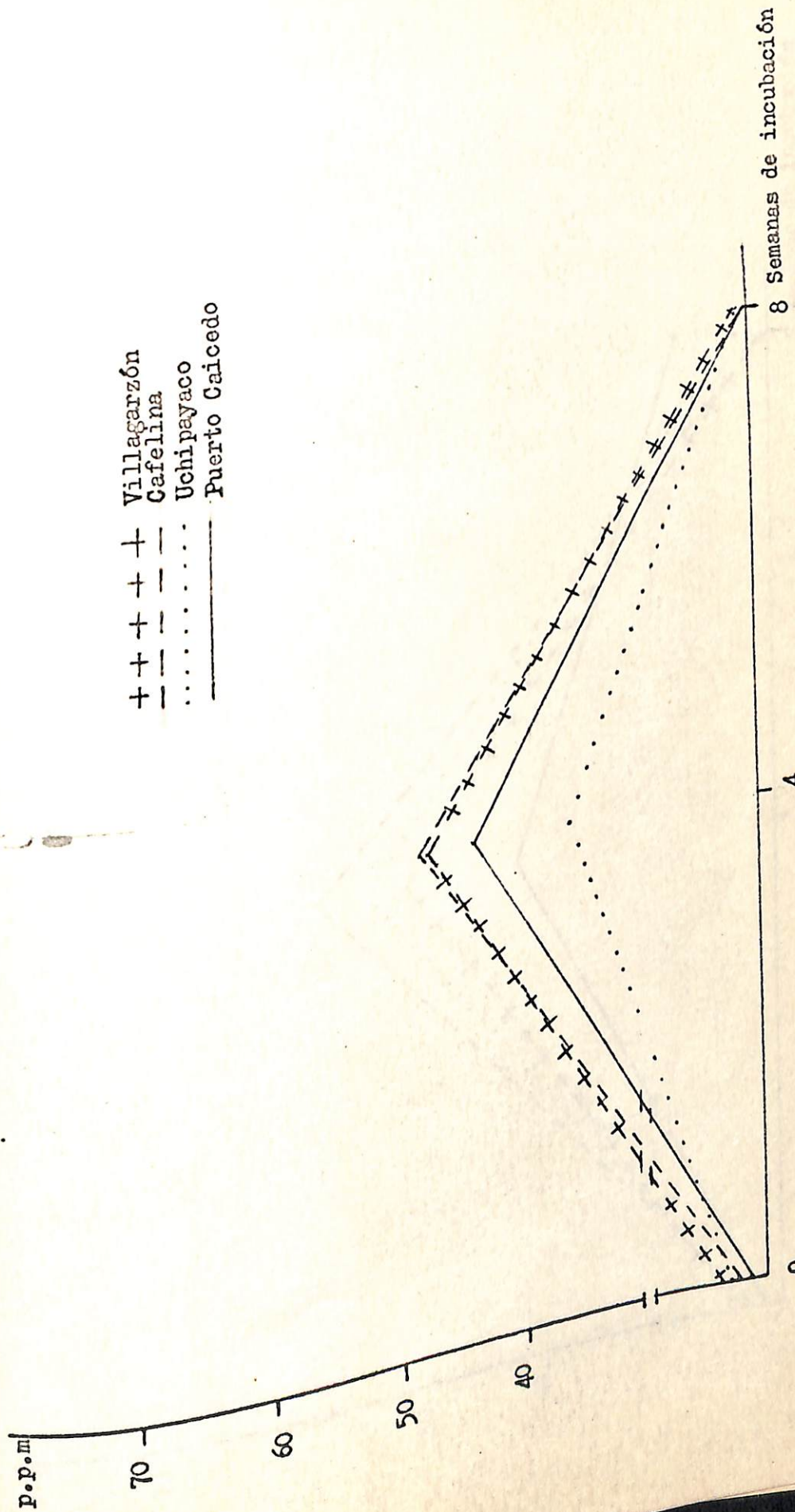


FIGURA 6. FOSFORO APROVECHABLE INCUBADO CON TRATAMIENTO DE CaCO_3 AL 1%

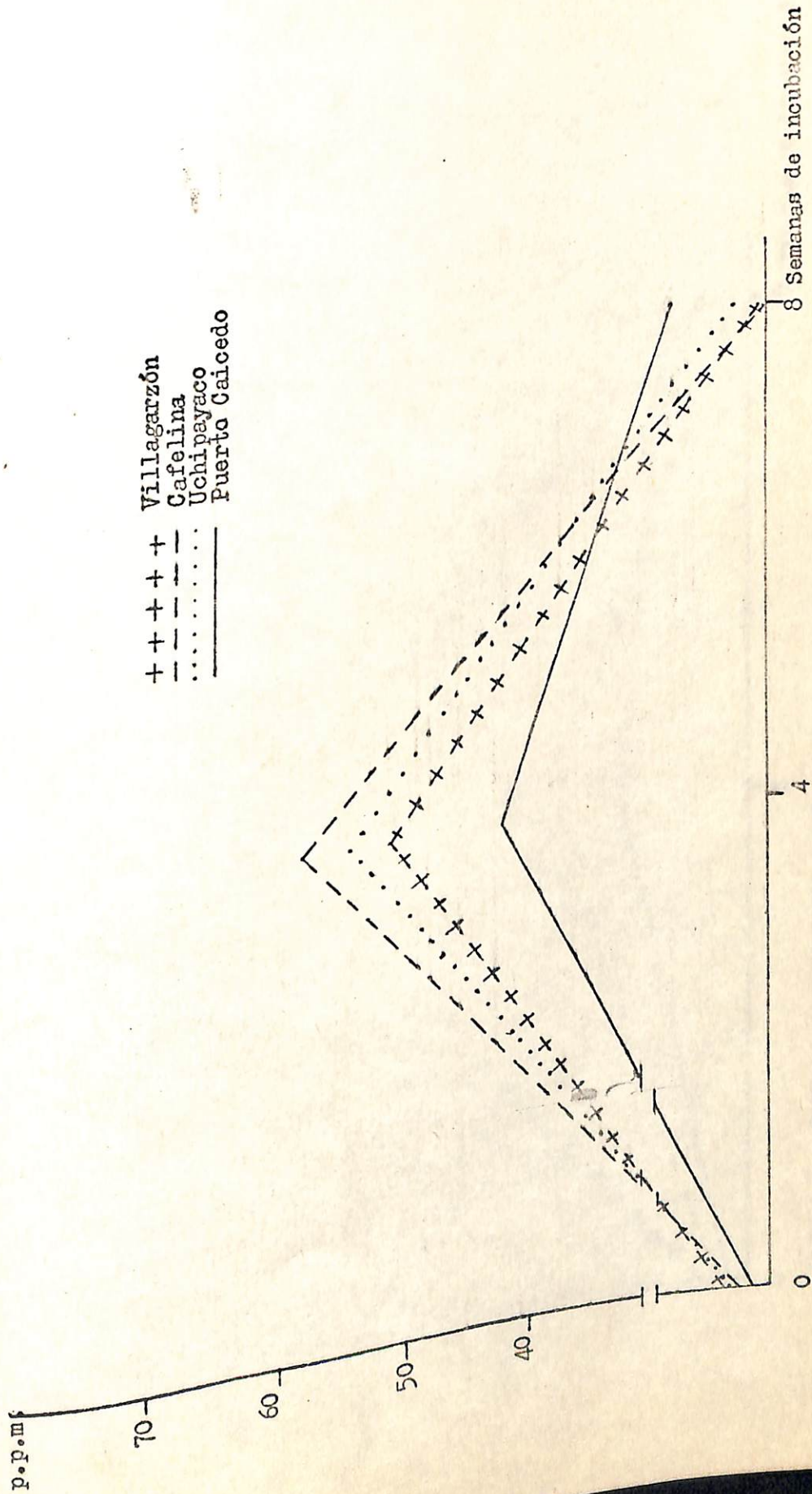


FIGURA 7. FOSFORO APROVECHABLE INCUBADO CON TRATAMIENTO DE CaCO_3 AL 0.5%

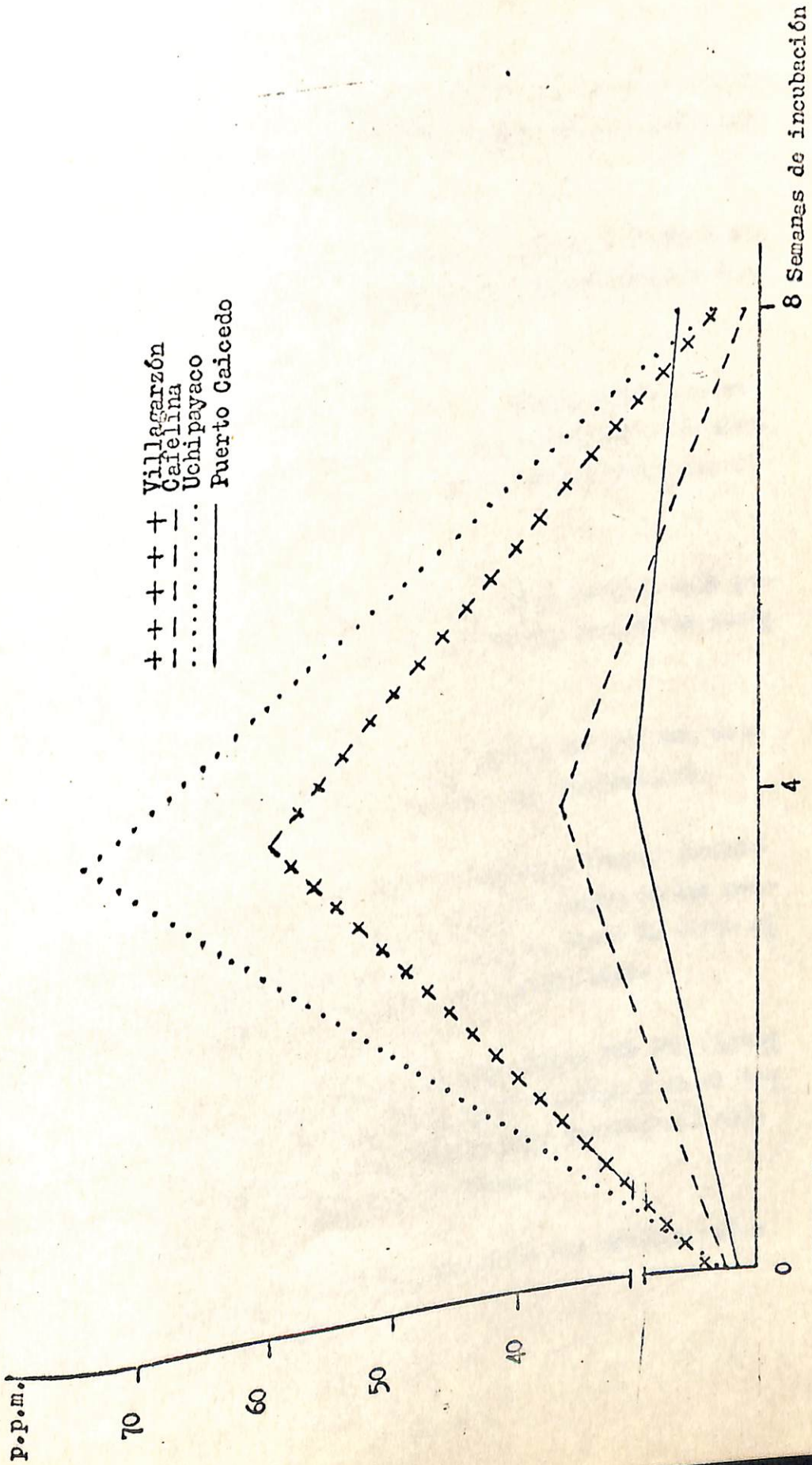


FIGURA 8. FOSFORO APROVECHABLE INCUBADO CON TRATAMIENTO DE SUPERFOSFATO TRIPLE AL 21% DE P.

V. CONCLUSIONES

1. La mineralización del P-orgánico, sólo se puede incrementar en los primeros estados del cultivo, favoreciendo especialmente el desarrollo radicular.

2. El proceso de fijación, parece ser el principal factor que incide en la baja concentración de P-mineralizado a las ocho semanas de incubación.

3. La mineralización llega a su máximo, a las cuatro semanas de incubación, catalogándose la concentración como alta. No obstante, en el término de un mes, éste fósforo puede ser fijado o inmovilizado.

4. El Carbonato de Calcio a las dosis de 1% y 0,5% parece que aumentó en alto grado el pH del suelo, formándose fosfatos apatíticos.

5. La capacidad Buffer de los suelos estudiados, debe investigarse, para conocer métodos y dosis de encalamiento.

6. La adición de una fuente fosforada, (super fosfato triple del 21% de P) sólo favorece la mineralización en las cuatro semanas de incubación; a las ocho semanas, tanto la forma mineralizada como la adicionada se fija o se inmoviliza.

7. De acuerdo a la secuencia presentada por las distintas fracciones de fósforo, en el tratamiento testigo y en el tratamiento que recibió fósforo, la fijación pudo presentarse bajo las formas de fosfato de Aluminio y de Hierro.

8. Se recomienda averiguar el pH de los suelos, antes y después de cada incubación.

9. Realizar investigaciones para conocer el efecto de la adición de microorganismos en la mineralización.

Se realizaron ensayos de laboratorio con el objetivo de determinar el efecto de la adición de microorganismos a las localidades de Villavieja, Cofre de Perote y Sierra Gorda, en relación a la mineralización del P. carolinensis, mediante inoculaciones de cuatro y seis especies con concentraciones de 10⁶ y 10⁷ y supervivencia de los mismos en el tiempo.

El propósito del estudio es conocer el efecto de la adición de microorganismos a las localidades de Villavieja, Cofre de Perote y Sierra Gorda, en relación a la mineralización del P. carolinensis, mediante inoculaciones de cuatro y seis especies con concentraciones de 10⁶ y 10⁷ y supervivencia de los mismos en el tiempo.

Los resultados obtenidos indican que a los cuatro meses de inoculación se observó una mayor mineralización y un incremento de las sales minerales presentes en el suelo al respecto de los sitios de control.

Se sugiere continuar la investigación sobre el efecto de la adición de microorganismos a las localidades de Villavieja, Cofre de Perote y Sierra Gorda, en relación a la mineralización del P. carolinensis, mediante inoculaciones de cuatro y seis especies con concentraciones de 10⁶ y 10⁷ y supervivencia de los mismos en el tiempo.

VI. RESUMEN

En algunos suelos de la Intendencia Nacional del Putumayo, correspondientes a las localidades de Villagarzón, Cafelina, Uchipayaco y Puerto Caicedo, se estudió la mineralización del P-orgánico, mediante incubaciones de cuatro y ocho semanas, con adiciones de carbonato de calcio al 1% y 0,5% y superfosfato triple del 21% de fósforo.

El problema del fósforo en estos suelos es crítico, puesto que sólo se puede incrementar la mineralización en un tiempo relativamente corto.

Los resultados obtenidos, indican que a las cuatro semanas de incubación se presenta una mayor mineralización y un decrecimiento a las ocho semanas; período en el cual el fósforo se fija o se inmoviliza.

Se recomienda investigar la capacidad Buffer de éstos suelos, para conocer dosis de encalamiento y efectuar estudios con porcentajes más bajos de Carbonato de Calcio para conocer su respuesta.

SUMMARY

At Villagarzón, Cafelina, Uchipayaco and Puerto Caicedo located in the National Intendencia of Putumayo (Colombia), we studied the mineralization of organic phosphorus by means of incubating it during periods of four and eight weeks, and adding Calcium Carbonate at 1 and 0.5%, and triple superphosphate at 21% of phosphorus.

The problem of the soil containing phosphorus is critical in so far as mineralization could only be increased in a relatively short time.

The results obtained indicated that during a period of incubation the soil presents a greater mineralization, and during a period of 8 week in which the phosphorus is inactive, the soil presents some sort of decreasing of mineralization.

In order to know the dose of lime, to be added, we recommend to investigate the buffer capacity of this soil and to do studies with lower porcentajes of Calcium Carbonate in order to know a better result.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIJAYE, D.K. 1.963. Some of soil organic phosphorus mineralization in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil* 19:65-80.
2. ADAMS, F. e CONRAD, J.P. 1.953. Transition of phosphite to phosphate in soils. *Soil Science* 75:361-371.
3. AL-ABBAS, A.H. y BARBER, S.A. 1.964. A soil teste for phosphorus based upon fractionation of soil phosphorus. *Soil Science Society of America Proceedings* 28:218-222.
4. ALEXANDER, M. 1.961. *Introduction to soil microbiology*. New York, Willey. 472p.
5. ANDERSON, G. 1.956. The identification and estimation of soil inositol phosphates. *Journal of Soil Science Food and Agricultura* 7:437-443.
6. _____ 1.963. Effect of iron phosphorus ration and acid concentration on the precipitation of ferric inositol hexaphosphate. *Journal of Soil Science. Food and Agricultura*. 14:352-359.
7. _____ 1.967. Nucleic acids derivatives and organic phosphates. *In: McLaren, A.D. y Peterson, G.H., eds. Soil biochemistry*. New York, Dekker. pp. 67-90.
8. _____ 1.961. Estimation of purines and pirimidines in soil humic acid. *Soil Science* 91: 156-161.
9. ARAOS, J.F. 1.967. Estudio de deficiencias nutritivas de suelos de Nuble. *Agricultura Técnica (Chile)* 27: 15-20.

10. BASTIDAS, O. et al. 1.970. Formas de fósforo en los suelos volcánicos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. Turrialba 20:434-435.
11. BLACK, C.A. y GORING, C.A.I. 1.953. Organic phosphorus in soils. Ins Pierre, W.H. y Norman A.G., eds. Soil and fertilizers Phosphorus in crop production. New York, Academic Press. pp. 132-152.
12. BLASCO, M. 1.970. Curso de Microbiología de suelos. Turrialba, IICA, CTEI. 247 p.
13. _____ y M. BOHORQUEZ. 1.968. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica. 12: 173-178.
14. _____ 1.969. Propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Nariño, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO - IICA. Turrialba, Costa Rica. B. 8.
15. _____ et al. 1.968. Transformaciones microbiológicas del fósforo en suelos volcánicos del Puracé. Acta Agronómica (Palmera). 18:1-6.
16. BUCKMAN, H.O. y N.C. BRADY. 1.965. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. S. Barceló. México. UTEHA. 590p.
17. CASSIDA, L.E. 1.959. Phosphatase activity of some common soil fungi. Soil Science 87:305-310.
18. CHANG, S.C. e JACKSON, M.L. 1.957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science 84 (1): 133-144.

19. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (I.C.A). 1.971. Generalidades sobre la fertilidad de los suelos colombianos (Boletín Técnico No. 11) 24p.
20. COSGROVE, D.J. 1.963. The chemical nature of soil organic phosphorus. I. Inositol phosphates. Australian Journal of Soil Research 1:203-214.
21. COOP, R. 1.959. Bacterial fertilizers in the Soviet Union. Soil and Fertilizers. 25:326-333.
22. _____. 1.967. Metabolisms of organic phosphates in soils. In: McLaren, A.D. y Peterson, G.H., eds. soil biochemistry. New York, Dekker, pp 216-228.
23. PASSBENDER, H.W. 1.966. Formas del fósforo en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. Pitotecnia Latinoamericana. 3: 187-202.
24. _____. 1.969. Phosphorus fixation in tropical soils. Agricultural Digest. 18:20-28.
25. _____. 1.969. Retención y transformación de fosfatos en ocho latosoles de la Amazonia, Pitotecnia Latinoamericana. 6:1-10.
26. _____ e IGUE, K. 1.967. Comparación de métodos radiométricos colorimétricos en estudios sobre retención y transformación de fosfatos en el suelo Turrialba 17 (3): 284-387.
27. FRENHY, J.R. 1.967. Sulfur containing organics. In: Mac La-

ren A.D. e Peterson, G. H., eds. Soil biochemistry. New York, Dekker, pp. 194-215.

28. GUERRERO, R. et al. 1.972. Estado y fijación del fósforo en suelos volcánicos del sur de Colombia. In II Panel sobre Suelos Volcánicos de América. FAO-IICA. Pasto Colombia.
29. GREAVES, M.P. et al. 1.963. A rapid method for determining phytase activity of soil microorganism. Nature 200: 1231-1232.
30. GORING, C.A. L. y BARTHOLOMEW, W.W. 1.940. Microbial products and soil organic matter. III. Adsorption of carbonates phosphates by clays. Soil Science Society of America Proceedings 15:189-194.
31. GOMEZ, E. 1.967. Diccionario Geográfico del Sur 20p.
32. HALSTEAD, R.L. 1964. Phosphates activity of soil as influenced by lime and other treatment. Canadian Journal of Soil Science. 44:137-144.
33. HERDMENELL, J.B. 1.957. The fixation of phosphorus by soils. Advances in agronomy. 9:95-112.
34. IDARRAGA, H. 1.965. Informe agropecuario sobre la comisaría del Putumayo correspondiente al año 1964. (separata de la revista del Banco de la República, correspondiente al año de 1965).
35. KRASIL'NIKOV, N.A. 1.961. Soil microorganism and higher Plant. Washington, D.C.U. S.D.A., 474p.
36. LEFELIER, E. 1.969. Respuesta a la fertilización de los

- suelos volcánicos chilenos (Trumares) según resultados de ensayos de campo. IN; Panel sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina, Turrialba, IICA. C-3 pp. 1-14.
37. LEVESCOQUEZ, M. 1.967. The effect of soil temperature in native and added phosphorus in some Northern Ontario soils Canadian Journal of Soil Science 47:123-129.
38. MATTA, A. y J. PALACIOS. 1.970. Estudio del Nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de Grado (no publicada). Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 148p.
39. MORILLO, M.R. y FASSBENDER, H.W. 1.968. Formas y disponibilidad de fosfatos en los suelos de la Cuenca baja del Río Choluteca, Honduras. Turrialba 18:26-33.
40. ORTEGA, J. 1.970. Estudio comparativo de tres fuentes de fósforo a diferentes niveles de aplicación en relación a su adsorción y fijación en un suelo rojo de Nariño. Tesis de grado (no publicada), I.T.A. Universidad de Nariño 121p.
41. OWSSIA, F.A. et al. 1.968. Mineralization of organic phosphorus in soils as affected by addition of inorganic phosphorus. Soil Science American proceedings. 32: 51-52.
42. PINCK, L.A. et al. 1.941. The behavior of soluble organic phosphorus added to soils. Soil Science 51-351-365.
43. PIREZ, A. 1.966. La intendencia del Putumayo, su potencialidad minera, forestal, agrícola y pecuaria. 15- 36p.

44. ROYO Y GOMEZ. 1.942. Datos para la geología económica de Mariño y Alto Putumayo compilación de estudios geológicos en Colombia. (Bogotá), 5: 536160.
45. RIXON, A.J. 1.968. Mineralization of organic phosphorus in soils as affected by addition of inorganic phosphorus. Soil Science American proceedings 32: 51-55.
46. SAUNDERS, N.M. y WILLIAMS, E.G. 1.955. Determination of total organic phosphorus in soils. Journal of Soil Science 6:254-267.
47. SIEN GUPTA, M.B. y CORNFIELD, A.H. 1.962. Phosphorus in calcareous soils. I. The organic phosphate fractions and their relation to the amount of calcium carbonate present. Journal of Science of Food Agriculture. 13:652-655
48. THOMPSON, L.M. et al. 1.948. Accumulation and mineralization of microbial organic phosphorus in soil materials, Soil Science Soc. Amer. Proceedings. 13: 242-245.
49. THOMPSON, L.M. et al. 1.964. Occurrence and mineralization of organic phosphorus in soil with particular reference to association with nitrogen carbon, and pH. Soil Science 77: 185-196.

T		15114 ✓
E-631.85	Mesias Lucero, Jose Ignacio	
M578	Mineralización de fósforo	
Ej.1	organico en algunos suelos	
de la Intendencia nacional		VENCE
del Putumayo.		
NOMBRE	Manuela García ANALIZADA	
No. del Carnet	813118	Oct 6/72
NOMBRE	Helena García B.	
No. del Carnet	8231014	

X

T
E-631.85
M578
Ej.1

15114 ✓

X

①