

## CONTENIDO DE FOSFORO ORGANICO Y MINERAL DE ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. (")

P o r

LUIS CARLOS SANCHEZ T.

### INTRODUCCION

En la materia orgánica del suelo se presentan distintos elementos nutritivos necesarios para la planta. El fósforo es un elemento que se presenta en notables porcentajes en la forma orgánica. Se comprende pues, la importancia que en la nutrición de la planta puede tener esta fracción de fósforo, toda vez que ella constituye una fuente indirecta de las formas fosfóricas solubles.

La cantidad de fósforo orgánico presente en un suelo depende de su contenido de materia orgánica Eid y otros autores (6), al hablar del fósforo orgánico del suelo dicen: "A pesar de saberse que el fósforo orgánico es cuantitativamente una fracción importante de fósforo, poco se ha investigado sobre su significado y posible contribución en la nutrición de la planta".

En general, existe una notable deficiencia en el contenido de fósforo soluble en los suelos colombianos, lo cual puede ser causa del bajo rendimiento y de la reducida fertilidad de ellos. Así lo anotan Jenny y otros (8), Willits y Posada (22).

El fósforo orgánico de los suelos proviene de los compuestos fosfóricos que poseen parte de los tejidos de las plantas. Esta forma también incluye el fósforo inorgánico que ha sido convertido a la forma orgánica por los microorganismos del suelo.

La relativa inmovilización del fósforo inorgánico y la mineralización de las formas orgánicas, sin duda, pueden ejercer una influencia considerable en la cantidad de fósforo asimilable para la planta, en los varios estados de descomposición de la materia orgánica del suelo.

La fertilidad de un suelo está asociada con su poder de fijación

---

(") Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Agrónomo bajo la presidencia del Dr. Wenceslao Vargas O., a quien el autor expresa su gratitud. Recibido para publicación en Diciembre 20/55.

del fósforo y está influida por varios factores como son: presencia de hierro y aluminio solubles, pH. demasiado alto o bajo, tipo de arcilla presente, etc.

Se ha establecido, según Willits y Posada (22) y Ramírez (19), que una gran mayoría de los suelos del Valle son muy bajos en contenido de fósforo total y soluble. Pero un análisis de los tejidos de las plantas que en estos suelos crecen demuestra que ellos son ricos en dicho elemento. Esto hace presumir que la planta ha debido obtener fósforo distinto del inorgánico asimilable, y que bien puede ser el fósforo presente en la fracción orgánica.

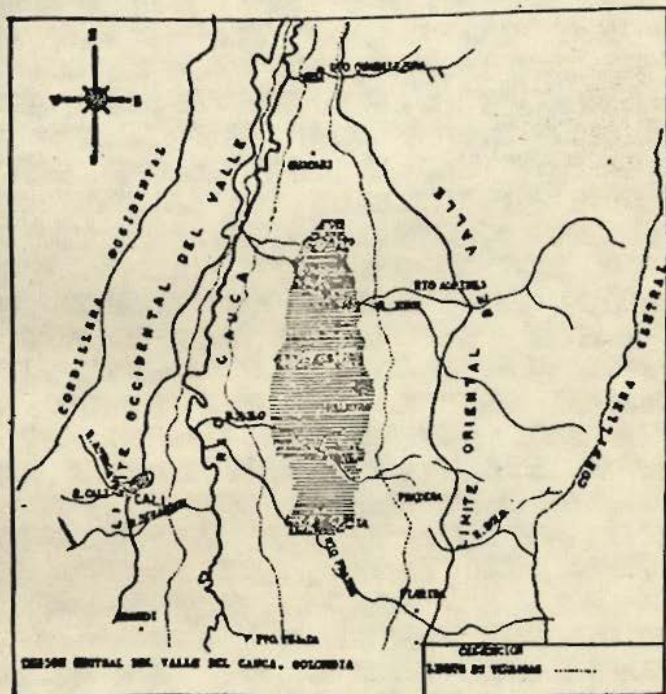


Figura 1.— Croquis de la región central del Valle, que muestra la localización aproximada de los suelos, material de la presente investigación (Zona a rayas).

El objeto principal de esta investigación es determinar la posible contribución del fósforo orgánico en la nutrición de la planta. Es posible que los resultados aquí obtenidos abran camino para posteriores investigaciones que tiendan a determinar la forma o la intensidad o proporción en que el fósforo orgánico puede intervenir en dicho proceso nutritivo.

Los suelos usados en la presente investigación, se encuentran ubicados aproximadamente en una zona que se extiende desde la ciudad de Cerrito hasta el Río Fraile, al sur de Candelaria, tal como

se muestra en la Figura 1. Según la clasificación fisiográfica de los suelos del Valle, esta zona queda comprendida, en la terraza intermedia, (Willits y Posada, 22).

### REVISION DE LITERATURA

El contenido fósforo en el suelo depende de varios factores de los cuales los más importantes son: tipo de material del cual el suelo proviene, condiciones climáticas bajo las cuales se ha desarrollado, grado de meteorización y contenido de materia orgánica. Existe gran variabilidad en el contenido total en los suelos. Así, por ejemplo, Marbut encontró que la cantidad de fósforo en el horizonte A, en suelos franco-arenosos de origen podzólico, varía de trazas a 0.28 por ciento, y en franco-arcillosos de trazas a 0.14 por ciento. Suelos de textura pesada contienen más fósforo que los arenosos desarrollados bajo las mismas condiciones climáticas. En el este de los Estados Unidos, el promedio de fósforo en el horizonte A fué de 0.039 por ciento en quince suelos franco-arenosos; de 0.073 en cinco franco-limosos y de 0.10 en ocho suelos franco-arcillosos. (Millar, 14).

Millar (14) muestra los datos de la Estación Experimental de Iowa sobre el contenido de fósforo, a unos 16.5 cms. (6 2/3 pulgadas) de profundidad, en once suelos franco-arenosos, en diecinueve francos, en veinticuatro francolimosos y en diecinueve franco-arcillo-limosos. Los contenidos respectivos fueron, en kilos por Hectárea, 864, 1.205, 1.288, 3.089. También cita a Toth y Bear quienes encontraron que el promedio de fósforo fué de 0.043 por ciento en el horizonte A, 0.034 por ciento en el horizonte B, y 0.032 por ciento en el horizonte C. Agrega que los suelos de las regiones semiáridas son generalmente más ricos en fósforo que los suelos similares de regiones húmedas.

Parker (15) cita experimentos de las Estaciones Experimentales de Iowa y Nebraska. Al estudiarse veinte perfiles de suelos, el contenido de fósforo orgánico fué mayor en la superficie y disminuyó con la profundidad. La mínima concentración de fósforo soluble en ácido diluido y fósforo total se presentan a profundidades que oscilan entre 15.0 y 27.5 cms. (6 y 13 pulgadas). El contenido de fósforo total en la superficie del suelo y del subsuelo es el mismo; pero el contenido de fósforo soluble en ácido diluido es mayor en el horizonte C que en la superficie.

El contenido de fósforo total en el suelo también depende del tiempo de cultivo. Parker (15) dice que el tiempo de cultivo reduce la cantidad de fósforo en un diez por ciento en áreas de poca lluvia. Por otra parte, la cantidad de fósforo asimilable se aumenta por la descomposición de la materia orgánica. El contenido de fósforo total del suelo, expresado en términos de kilos por Hectárea (libras por acre) no presenta una gran diferencia entre la cantidad presente en suelos orgánicos y minerales (Millar, 14).

Las pérdidas de fósforo por concepto de cosechas son más bien

pequeñas cuando se mide en términos de fósforo total. Las cosechas no solamente remueven el fósforo, sino que alteran la proporción de las varias formas de fosfatos inorgánicos y orgánicos que se encuentran en el suelo. (Peevy, Smith y Brown, 16).

Kubota, Rhoades y Harris (10) han mostrado que con el uso continuo por treinta años se redujo el fósforo soluble en suelos Chestnut irrigados. La variación dentro de los primeros 30 cms. (1 pié) de la superficie del suelo fué de 66 a 78 por ciento, la que dependió de la rotación de los cultivos. La pérdida aumentó con la mayor profundidad.

Millar (14) dice que la cantidad de fósforo en la solución del suelo siempre es poca, pues diferentes investigaciones indican que el contenido varía alrededor de 0.10 p. p. m., en tanto que suelos ácidos agotados contienen menos de 0.1 p. p. m.

Pierre (17) anota que muchos suelos ricos en fósforo orgánico son deficientes en fósforo asimilable. Sin embargo, experimentos con compuestos puros de fósforo han demostrado que la fitina y lecitina, compuestos orgánicos de fósforo presentes en el suelo, son diferentemente tomados. El fósforo es, pues, utilizado por la planta en forma orgánica e inorgánica.

Jenny y otros (8) en un estudio de ocho suelos situados en el Valle del Cauca encontraron que el contenido de fósforo soluble en agua varía desde una gran abundancia (suelo de Manuelita de 3.08 p. p. m.) hasta casi insuficiente (suelo de Calima con trazas). El promedio de el fósforo total para los mismos suelos es de 0.19 por ciento. También anotan una relación opuesta entre el poder de fijación del fósforo del suelo y la reacción de la planta a la aplicación de éste elemento.

Ramírez (19) anota para suelos del Valle del Cauca un contenido de fósforo total entre 0.02 y 0.07 por ciento. Estudios de la misma índole llevó a cabo Bravo (5), quien, para tres suelos encontró un contenido de fósforo total entre 0.010 y 0.050 por ciento y de 11.25 a 337.50 kilos por Hectárea para el fósforo soluble en agua. Para estas determinaciones empleó el método biológico del *Azotobacter*.

Ramírez (20) encuentra distintas variaciones en el contenido de fósforo total en suelos del Valle del Cauca. Usó tres tipos de extractores: ácidos acético, clorhídrico y una mezcla de clorhídrico y fluoruro de amonio. Los promedios de nueve suelos fueron respectivamente 0.001, 0.006 y 0.002 por ciento, o sea 20.8, 114.02 y 42.6 kilos por Hectárea.

En un estudio de los suelos de los Ingenios Manuelita (Valle) y Pajonales (Tolima), Irusta y Molina (7) anotan bajo contenido de fósforo soluble en agua, aunque suficiencia en fósforo total.

Aristizábal (2) en un estudio de seis suelos de la Estación Agrícola Experimental de Palmira encuentra bajo contenido de fósforo soluble en agua. Lafaurie (11) también ha hallado la misma deficiencia de fósforo soluble en agua en varios suelos del municipio de Candelaria. El dato más alto fué de 0.4 p. p. m. Corrobora sus resultados con ensayos en invernadero.

De acuerdo con Black y Goring (4), Lockett y otros encontraron que cuando la microflora del suelo descomponía dentro del plazo máximo de un mes el material orgánico suministrado, la mineralización del fósforo orgánico ocurría solo cuando dicho material contenía de 0.15 a 0.78 por ciento de fósforo orgánico, y que la inmovilización se producía cuando contenía de 0 a 0.21 por ciento. Asumiendo que el contenido de carbono en el material orgánico sea de 45 por ciento, los datos indican que la mineralización inicial ocurre si la relación carbono: fósforo orgánico es inferior a 200, y que la inmovilización ocurre si la relación es superior a 300.

La mineralización ocurre tan pronto como el fósforo orgánico del material orgánico excede del 3 por ciento. También depende de si el material es rico o nó en lignina. Los materiales de alto contenido en lignina tienen por valor en la mineralización. (Kaila,9).

Las nucleoproteínas son otras sustancias orgánicas que aportan fósforo a los suelos; se encuentran en tejidos así de las plantas como de los animales. Bowen en suelos de Iowa encontró que el contenido de nucleoproteínas llegaba de un tercio a la mitad del fósforo orgánico total. (Millar, 14).

El fósforo de los compuestos orgánicos existe en las células de la materia viva, en plantas muertas, en animales microscópicos y en gran cantidad de residuos de la descomposición parcial de estos mismos organismos. La fitina y sus derivados son los compuestos orgánicos más ampliamente distribuidos en las semillas. Alrededor del 75 por ciento del fósforo de las semillas se halla en esta forma. Bower encontró en suelos de Fayette, un porcentaje que llegó a un 11.4. (Millar, 14).

Existe la creencia de que, durante el proceso de formación del suelo se transforma en fósforo inorgánico de fosfatos de calcio y magnesio solubles a fosfatos de hierro y aluminio insolubles, y que luego, por la acción de las plantas, se transforma en fosfatos orgánicos. Bajo condiciones de alta precipitación y temperatura el fósforo probablemente se volvería menos soluble. (Parker, 15).

El mismo autor hizo estudios similares en dos suelos Chestnut y cinco Chernozem al sur de Nebraska. Tanto en los dos suelos Shestnut como en los de los cinco Chernozem la máxima concentración de fósforo orgánico no se encontró en la superficie del perfil sino ligeramente por debajo de ella. En todos los suelos, a excepción de los Chernozem más desarrollados, se encontraron grandes cantidades de fósforo orgánico (más de 10 p. p. m.) a 45 cms. (13 pulga-

das) de profundidad.

Eid y sus colaboradores (6) comentan los trabajadores de Sisson, Pearson, Thompson y Black quienes, estudiando varios suelos vírgenes y cultivados, encontraron que el contenido de fósforo orgánico era más bajo en los cultivados que en los vírgenes. Trabajando con suelos de las mismas condiciones, De Turk y Korobleva llegaron al mismo resultado. Consideraron ellos la variación como efecto de la acción del tiempo sobre los compuestos orgánicos del fósforo.

Black y Goring (4) dicen que el fósforo orgánico va de 2.6 a 75.0 por ciento del fósforo total del suelo. Millar (14) cita un estudio de siete suelos de Iowa, hecho por Pearson y Simonson, quienes muestran que la cantidad de fósforo orgánico a una profundidad de 0 a 15 cms. (0 a 6 pulgadas) varía de 158 a 393 p. p. m. Por otra parte, encontraron que la proporción de fósforo orgánico oscila entre 27 y 72 por ciento del fósforo total del suelo.

Millar (14) cita a Fuller y McGeorge, quienes encontraron que el 31 por ciento del fósforo de diecinueve suelos se hallaba formando compuestos orgánicos. El mismo autor cita a Greb quien analizando veintitres suelos de Colorado, encontró un 23 por ciento del fósforo total en forma orgánica. Black y Goring (4) anotan que el contenido de fósforo orgánico en los suelos varía de 18 a 1.679 p. p. m.

Al hablar del fósforo orgánico Lyon, Buckman y Brady (12) dicen que el problema del fósforo en el suelo no se resuelve con mantener un alto contenido de materia orgánica, pues se requiere que ella sufra transformaciones y ulterior mineralización de la forma orgánica del fósforo.

## MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron quince suelos del Departamento del Valle correspondientes a las series siguientes: Balsora, Buchitolo, Cabaña, Candelaria, Rojo de Cantacclaro, Fraile, Gorgona, Hinojosa, Juanchito, Manuelita, Nima, San Nicolás, La Paz Providencia y Yerbabuena. Se consideraron los nombres de las series y denominaciones texturales del reconocimiento efectuado por Irusta y Molina (7). No aparece la descripción completa de los suelos Rojo de Cantacclaro y Yerbabuena por no haberse podido conseguir. (Véase Apéndice).

Los análisis se hicieron con suelos secos al aire y pasados por un tamiz N° 60. Las determinaciones se efectuaron con un fotocolorímetro, utilizando un filtro rojo N° 6 rango espectral 640 - 700 mm.

**A) Determinación del fósforo total.**— Se extrajo el fósforo total mediante la fusión del suelo con carbonato de sodio según método de Truog (21), seguido en Colombia por el Laboratorio Químico Nacional. Se hicieron tres determinaciones concordantes para cada suelo.

**B) Determinación del fósforo orgánico.**— El método de extracción que se siguió en el Laboratorio para la medida del fósforo orgánico fué el de Truog (21) tratándose el suelo con peróxido de hidrógeno del 30 por ciento para destruir la materia orgánica y transformar el fósforo orgánico en inorgánico.

Se utilizó la misma cantidad de muestra que para el fósforo total (0.5 gramos). Se efectuaron tres determinaciones y lecturas concordantes para la evaluación del fósforo. La diferencia de esas lecturas con el fosfato soluble en agua, debe dar el fosfato liberado por la materia orgánica.

**C) Determinación del fósforo inorgánico soluble en agua.**— Se empleó el método de Bingham (3), para extraer el fósforo (fosfato) con agua. La muestra tomada fué de 10 gramos y se hicieron tres determinaciones de lecturas concordantes.

**D) Fósforo inorgánico insoluble en agua.**— El cálculo de este fósforo se efectuó por diferencia: El fósforo total menos el fósforo inorgánico soluble en agua y menos el fósforo orgánico dejará como resultado el fósforo inorgánico insoluble en agua.

Con base en estos resultados se pueden conocer los siguientes tipos de fósforo:

- a) El fósforo inmediatamente disponible para la planta. Corresponde al fósforo inorgánico soluble en agua.
- b) El fósforo no disponible inmediatamente para la planta por hallarse en formas insolubles o por no haber ocurrido mineralización de las formas orgánicas para que pueda ser tomado por la planta. Corresponde al fósforo orgánico e inorgánico insoluble.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla I se condensan los resultados de las determinaciones efectuadas, en términos de porcentaje y kilos por hectárea para cada suelo. El fósforo es expresado en tres formas: total, orgánico e inorgánico.

Para una mejor comprensión, en la Tabla II se expresan estos mismos resultados, en términos de porcentaje en base del contenido de fósforo total de cada suelo.

En el Apéndice se presentan los datos sobre la textura de cada suelo en particular, acompañadas de sus respectivas determinaciones químicas.

Analizando las Tablas I y II, puede anotarse lo siguiente:

Los suelos Rojo de Cantaclaro, Gorgona, Manuelita, Nima, y La

**CONTENIDO DE FOSFORO (PC4) TOTAL, ORGANICO E INORGANICO, SOLUBLE E INSOLUBLE EN AGUA,  
DE ALGUNOS SUELOS DEL VALLE**

S U E L O	Fósforo Total		Fósforo Orgánico		FOSFORO INORGANICO			
	%	Kilos/Ha. (*)	%	Kilos/Ha.	Soluble en agua		Insoluble en agua	
					%	Kilos/Ka.	%	Kilos/Ha.
BALSORA .....	0.09	1.820	0.02	460	0.03	520	0.04	840
BUCHITOLO .....	0.10	1.840	0.02	420	0.05	1.040	0.02	380
CABAÑA .....	0.13	2.720	0.02	440	0.03	640	0.03	1.640
CANDELARIA .....	0.24	4.820	0.01	280	0.10	1.800	0.14	2.840
ROJO CANTA CLARO .....	0.05	1.060	0.01	180	0.001	20	0.04	860
FRAILE .....	0.13	2.740	0.02	480	0.06	1.160	0.06	1.100
GORGONA .....	0.05	1.000	0.02	400	0.01	220	0.02	380
HINOJOSA .....	0.14	2.760	0.02	240	0.02	420	0.10	2.000
JUANCHITO .....	0.13	2.560	0.03	500	0.05	1.000	0.05	1.060
MANUELITA .....	0.10	1.980	0.02	440	0.01	280	0.06	1.260
NIMA .....	0.14	2.740	0.03	620	0.02	460	0.08	1.660
SAN NICOLAS .....	0.05	900	0.01	160	0.01	220	0.03	520
LA PAZ .....	0.04	760	0.01	220	0.01	160	0.02	380
PROVIDENCIA .....	0.09	1.720	0.02	440	0.05	1.040	0.01	240
YERBABUENA .....	0.04	740	0.02	320	0.02	320	0.005	100

(\*) Se consideró el peso del espesor de la capa arable en dos millones de kilos.



## — T A B L A I I —

**CONTENIDO DE FOSFORO ORGANICO E INORGANICO, SOLUBLE E  
INSOLUBLE EN AGUA, EN TERMINOS DE PORCENTAJE  
DEL FOSFORO TOTAL**

S U E L O	Fósforo or- gánico	Fósforo inorgánico	
		Soluble en agua	Insoluble en agua
	% del total	% del total	% del total
BALSORA .....	25.3	28.5	46.2
BUCHITOLO .....	22.8	56.5	20.7
CABAÑA .....	16.2	23.5	60.3
CANDELARIA .....	5.8	37.3	56.9
ROJO DE CANTACLARO .....	16.9	1.8	81.3
FRAILE .....	17.5	42.3	40.2
GORGONA .....	40.0	22.0	38.0
HINOJOSA .....	8.5	19.2	72.3
JUANCHITO .....	19.6	39.0	41.4
MANUELITA .....	22.3	14.1	63.6
NIMA .....	22.8	16.7	60.5
SAN NICOLAS .....	17.8	24.4	57.8
LA PAZ .....	29.0	21.0	50.0
PROVIDENCIA .....	25.6	60.5	13.9
YERBABUENA .....	43.2	43.2	13.6
PROMEDIO .....	22.6	32.0	45.4

Paz, han dado un contenido de fósforo orgánico más alto que el inorgánico soluble en agua.

Los suelos Balsora, Buchitolo, Cabaña, Candelaria, Fraile, Hinojosa, Juanchito, San Nicolás, Providencia y Yerbabuena, han dado un contenido bastante aceptable de fósforo orgánico, pues presentan un alto porcentaje, que en ocasiones alcanza más de la mitad del inorgánico soluble en agua.

También es interesante anotar la baja proporción de fósforo inorgánico soluble en agua en el suelo Rojo de Cantacaloro; contenido explicable si se considera que por el pH y la presencia de óxidos hidratados de hierro y aluminio en estos suelos rojos se han formado fosfatos de hierro y aluminio insolubles.

Los suelos de Balsora, Cabaña, Candelaria, Rojo de Cantacaloro, Fraile, Hinojosa, Juanchito, Manuelita, Nima, San Nicolás, La Paz

contienen un alto porcentaje de fósforo inorgánico insoluble en agua.

Sacando un promedio general para los distintos porcentajes obtenidos para los suelos situados en la terraza intermedia del Valle, excluyendo el Rojo de Cantaclaro que se encuentra en las estribaciones de la Cordillera Central, se observa que el 22.6 por ciento del fósforo total se encuentra en la fracción orgánica. El 32.0 por ciento del mismo fósforo se encuentra en forma de fósforo inorgánico soluble en agua. El fósforo inorgánico insoluble en agua se presenta en un 45.4 por ciento, porcentaje bastante alto.

Como el contenido de materia orgánica es bastante alto en la mayoría de los suelos del Valle (Willits y Posada, 22) y puesto que la relación C:N es bastante estrecha (Ramírez, 19; Posada, 18) en los mismos suelos, la mineralización del fósforo orgánico es poca y puede aún llegar a ser nula. Se sugiere, entonces, mantener una materia orgánica activa por medio de buenas prácticas de manejo para que esta relación sea menos estrecha y se produzca la mineralización.

### CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- 1). En el suelo Rojo de Cantaclaro solamente un 1.8 por ciento del fósforo total es asequible para las plantas.
- 2). En la mayoría de los suelos estudiados se observó un alto porcentaje de fósforo insoluble.
- 3). En los suelos Rojos de Cantaclaro, Gorgona, Manuelita, Nima y La Paz el fósforo orgánico fue mayor que el inorgánico soluble en agua.
- 4). En los suelos de Yerbabuena, Balsora, Cabaña, Juanchito y San Nicolás el fósforo orgánico si no es igual al inorgánico soluble en agua, sí representa más de la mitad de él.
- 5). En los suelos de Buchitolo, Candelaria, Fraile, Hinojosa y Providencia, el fósforo orgánico fue ligeramente menor que el inorgánico soluble en agua.
- 6). Por cuanto el fósforo inorgánico insoluble no es disponible para la nutrición de la planta, y teniendo en cuenta que este fósforo ofrece porcentajes que están por encima del orgánico e inorgánico soluble en agua, se deduce que la forma orgánica del fósforo está contribuyendo en la nutrición de las plantas.
- 7). En promedio, el contenido de fósforo orgánico, inorgánico, soluble e insoluble en agua en los quince suelos en estudio fue respectivamente 22.6, 32.0 y 45.4 por ciento.

## RESUMEN

Se estudiaron quince suelos pertenecientes a distintas series del Departamento del Valle, situados en la región central de la terraza intermedia comprendido entre la ciudad del Cerrito hasta el río Fraile, al sur de Candelaria, tal como se muestra en la Figura 1. Se determinó el contenido de fósforo total, orgánico e inorgánico, soluble e insoluble en agua empleando el método fotocolorimétrico. Los datos se expresan en términos de porcentaje así como en kilos por Hectárea. Se presenta luego la discusión de los resultados.

Se observó un contenido bajo de fósforo inorgánico soluble en agua y orgánico, de los suelos Rojo de Cantaclaro y Candelaria respectivamente. Se observó además un alto porcentaje de fósforo insoluble. El fósforo orgánico en la mayoría de los suelos, en comparación con el inorgánico soluble en agua, si no es mayor, sí representa un alto porcentaje de este. Un 22.6 por ciento del fósforo total está en forma inorgánica soluble en agua y un 45.4 por ciento está en forma insoluble.

## SUMMARY

Fifteen soils belonging to distinct series of the Departement of the Cauca Valley were studied. They were situated in the central region of the intermediate terrace found between the city of Cerrito to the Fraile river and south to Candelaria, as shown in Figure 1. The total phosphorous content was determined. The organic, inorganic, water soluble and non water soluble portions of the phosphorous were determined by the photocolorimetric method. The data were presented in terms of porcentage and also in kilograms per hectare. The discussion of the results was then presented.

It was observed that the red soils of Cantaclaro were deficient in organic phosphorous. It was also observed that there was a high percentage of insoluble phosphorous present. The organic phosphorous in the majority of soils in comparison with the inorganic water solubles phosphorus is either more than latter or a high percentage of the water soluble phosphorous. 22.6 percent of the total phosphorous was in the organic fraction, 32.0 percent was in the inorganic water soluble form, and 45.4 percent was in the insoluble form.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

1. Aristizábal, A.— Estudio de la fertilidad de algunos suelos típicos del Valle del Cauca determinados por técnicas de laboratorio e invernadero. (Manuscrito no publicado) Palmira, Estación Agrícola Experimental. 1955.
2. —————.— Estudio de la fertilidad de los suelos de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. Notas Agronómicas. 7: 1-3. 1954.

3. Bingham, F.— Soils test for phosphate. *California Agr.* 3 (8): 11-14. 1949.
4. Black, C. A. and Goring, C. A.— Organic phosphorus in soils. (En *Agronomy. Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition* by Pierre, W. H. and Norman, A.G.) 4: 123-152. 1953.
5. Bravo, R.— Un método rápido de determinación de nutrientes por medio de *Azotobacter*. *Acta Agronómica.* 2: 104-107. 1952.
6. Eid, M. T., Black, C. A., Kempthorne, O. and Zoellner, J. A.— Significance of soil organic phosphorus to plant growth. *Iowa Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 406. 1954.
7. Irusta, L. F. y Mclina, J. M.— Reconocimiento de suelos de los suelos de los Ingenios Pajonales (Tolima) y Manuelita (Valle) y unificación de los trabajos de Sorensen, Ramírez y Naundorf. (Manuscrito no publicado). Facultad de Agronomía, Palmira. 1953.
8. Jenny, H. et al.— Estudio sobre la fertilidad de ocho suelos colombianos. *Federación Nal. de Cafeteros. Chinchiná (Colombia). Bol. Téc.* 1 (9): 1:15. 1953.
9. Kaila, A.— Biological absorption of phosphorus. *Soil Sci.* 68: 279-289. 1949.
10. Kubota, J., Rhoades, H. F. and Harris, L.— Effect of different cropping and manurial practices on some chemical properties of an irrigated Chestnut soil. *Sci. Soc. Amer. Proc.* 12: 304-309. 1948.
11. Lafaurie Acosta, José V.— Estudio de los suelos de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. pp 4-15 (Inédito sin fecha). Palmira, Estación Agrícola Experimental.
12. Lyon, L., Buckman, H. and Brady, N.— The nature and property of soils. p. 157. New York, Macmillan. 1953.
13. Lohse, H. W., and Ruhnke, C. N.— Studies on readily soluble phosphate in soils: II. The vertical distribution of readily soluble phosphate in some representative Ontario soils. *Soil Sci.* 35: 459-468. 1933.
14. Millar, C. E.— Soil fertility pp. 139-146. New York, John Wiley and Sons. 1955.
15. Parker, F. W.— Phosphorus status and requirements of soils in the United States. (En *Agronomy. Soil and fertilizer, phosphorus in crop nutrition* by Pierre, W. H., and Nor-

man, A. G.) 4: 404-405. 1953.

16. Pevy, E. J., Smith F. B. and Brown, P. E.— Effect of rotational and manurial treatment for twenty yeras on the organic matted, nitrogen, and phosphorus contents of Clarrion and Webster soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 32: 739-753. 1940.
17. Pierre, W. H.— The phosphorus cycle and soil fertility. Jour. Amer. Soc. Agron. 40: 1-14. 1948.
18. Posada, A.— Chemical properties of some colombian soils. (Manuscrito no publicado) Michigan State University 1954.
19. Ramírez, G.— Variaciones en el contenido de nutrientes de suelos del Valle, cerca a Palmira, Colombia. Acta Agronómica, Palmira 4: 231-233. 1951.
20. Ramírez, E.— Amount of phosphorus extracted by three different solutions. (Manuscrito no publicado). Michigan State University. 1054.
21. Truog, E.— The determination of the readily available phosphorus of soils. Jour. Amer. Soc. Agron. 22: 874-882. 1930.
22. Willits, N. Posada, A.— Observaciones sobre la fertilidad y otros problemas de los suelos de la región central del Valle de Cauca. Acta Agronómica, Palmira, 4: 239-252. 1954.

#### APENDICE

Serie .....	Balsora
Tipo .....	Arcilloso liviano
Profundidad .....	30 cms.

"Color gris oliva claro, húmedo. De estructura fragmentaria y consistencia plástica cuando húmedo. Mala permeabilidad; pH 7.5, ligeramente alcalino. Drenaje externo malo e interno regular.

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.09	1.820
Fósforo orgánico .....	0.02	460
Fósforo inorgánico soluble en agua....	0.03	520
Fósforo inorgánico insoluble en agua..	0.04	840

Serie .....	Buchitolo
Tipo .....	Arcilloso liviano
Profundidad .....	40 cms.

"Marrón negro cuando húmedo y marrón grisáceo con pequeñas

manchas amarillo-rojizas, seco. Arcilloso liviano, de estructura fragmentaria y consistencia dura cuando seco y plástica cuando húmedo. Mala permeabilidad, pH 6.4, vecino a la neutralidad. Drenaje interno malo, externo regular.

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.10	1.840
Fósforo orgánico .....	0.02	420
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.05	1.040
Fósforo inorgánico insoluble en agua..	0.02	380

Serie .....: Cabaña  
 Tipo .....: Franco arenoso cascajoso  
 Profundidad .....: 20 cms.

"Franco arenoso con cascajo hasta 5 cms. (menos del 25%); gris marrón claro, seco; gris marrón, húmedo; sin estructura; muy permeable; no reacción con HCl".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.13	2.720
Fósforo orgánico .....	0.02	440
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.03	640
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.08	1.640

Serie .....: Candelaria  
 Tipo .....: Franco arcilloso  
 Profundidad .....: 30 cms.

"Marrón negro húmedo, gris marrón seco. De estructura granular. Consistencia plástica cuando húmedo, duro seco. Buena permeabilidad; pH 6.7, vecino a la neutralidad. Drenaje externo bueno e interno regular".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.24	4.820
Fósforo orgánico .....	0.01	280
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.10	1.800
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.14	2.840

Serie .....: Rojo de Cantaclaro  
 Tipo .....: Arcilloso liviano

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.05	1.060
Fósforo orgánico .....	0.01	180
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.001	20
Fósforo inorgánico insoluble en agua..	0.04	860

Serie .....: Fraile  
 Tipo .....: Arcilloso liviano  
 Profundidad .....: 40 cms.

"Color marrón negro, húmedo; marrón amarillento claro, seco. De estructura fragmentaria, consistencia plástica cuando húmedo, moderada, seco, regular permeabilidad; pH 6.2, ligeramente ácido. Drenajes interno y externo buenos".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.13	2.740
Fósforo orgánico .....	0.02	480
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.06	1.160
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.06	1.100

Serie .....: Gorgona  
 Tipo .....: Franco arcilloso  
 Profundidad .....: 40 cms.

"Franco arcilloso; gris marrón claro en seco; gris marrón oscuro en húmedo; estructura de fragmentos; regular permeabilidad, no reacción con HCl".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.05	1.000
Fósforo orgánico .....	0.02	400
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.01	220
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.02	380

Serie .....: Hinojosa  
 Tipo .....: Franco arenoso  
 Profundidad .....: 15 cms.

"Franco arenoso con cascajo aislado de medio centímetro; gris marrón claro, seco; gris marrón, húmedo; sin estructura; no reacción con HCl".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.13	2.760
Fósforo orgánico .....	0.02	240
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.02	420
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.10	2.000

Serie .....: Juanchito  
 Tipo .....: Arcilloso liviano  
 Profundidad .....: 20 cms.

"Color marrón moderado cuando húmedo, y marrón amarillento oscuro, seco. Arcilloso liviano; de estructura granular o fragmentaria. Consistencia moderada y plástica cuando húmedo. Regular permeabilidad; pH 6.4, ligeramente ácido. Drenaje interno y externo malos".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.13	2.560

Fósforo orgánico .....	0.03	500
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.05	1.000
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.05	1.060

Serie .....: Manuelita  
 Tipo .....: Franco arenoso  
 Profundidad .....: 50 cms.

“En la serie predomina el tipo franco-arcilloso, pero hay veces en que el primer horizonte es franco arenoso o franco de arena muy fina (franco arenoso de Manuelita)”.

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.10	1.980
Fósforo orgánico .....	0.02	440
Fósforo inorgánico soluble en agua ..	0.01	280
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.06	1.260

Serie .....: Nima  
 Tipo .....: Franco arenoso  
 Profundidad .....: 40 cms.

“Franco arenoso; gris marrón claro con manchas de herrumbre Drenaje regular a nulo”.

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.14	2.740
Fósforo orgánico .....	0.03	620
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.02	460
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.08	1.660

Serie .....: San Nicolás  
 Tipo .....: Arcilloso  
 Profundidad .....: 50 cms.

“En el arcilloso de San Nicolás el primer horizonte tiene un contenido de 30 a 50% de arcillas”.

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.05	900
Fósforo orgánico .....	0.01	160
Fósforo inorgánico soluble en agua ...	0.01	220
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.03	520

Serie .....: La Paz  
 Tipo .....: Arcilloso pesado  
 Profundidad .....: 35 cms.

“Arcilloso (más de 25% de arcillas); gris marrón oscuro en seco; gris marrón negro en húmedo; fragmentos de 3 a 5 cms., duros en seco y plásticos en húmedo; poco permeable; no reacción con



HCl".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.04	760
Fósforo orgánico .....	0.01	220
Fósforo inorgánico soluble en agua ..	0.01	160
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.02	380
	%	Kilos/Ha.

**Serie** .....: Providencia  
**Tipo** .....: Arcilloso pesado  
**Profundidad** .....: 40 cms.

"Arcilloso (más de 50% de arcillas); gris marrón oscuro en seco; gris marrón en húmedo; fragmentos de 2 a 3 centímetros, duros en seco y plásticos en húmedo; poco permeables; no reacción con HCl".

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.10	1.720
Fósforo orgánico .....	0.02	440
Fósforo inorgánico soluble en agua ..	0.05	1.040
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.01	240

**Serie** .....: Yerbabuena  
**Tipo** .....: Arcilloso pesado

	%	Kilos/Ha.
Fósforo total .....	0.04	740
Fósforo orgánico .....	0.02	320
Fósforo inorgánico soluble en agua...	0.02	320
Fósforo inorgánico insoluble en agua ..	0.005	100