

# Efecto de fuentes fosfatadas en andisoles de pasto, nariño, con cobertura de *Vicia sativa* sobre el fósforo aprovechable, fósforo unido al hierro y al aluminio<sup>1</sup>.

Jorge Vélez L.<sup>2</sup>  
Germán Arteaga M.<sup>3</sup>  
Jesús Castillo F3.<sup>3</sup>  
Juan C. enjivar F.<sup>4</sup>

## RESUMEN

Las variables de respuesta evaluadas fueron: contenido de fósforo aprovechable siguiendo el método de Bray y Kurtz No. 2 y contenido de fósforo unido al aluminio y al hierro. Se trabajó en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3x2x3x2 con 36 tratamientos y 5 replicaciones, para un total de 180 unidades experimentales.

La concentración de fósforo aprovechable presente en los suelos de las tres localidades a través del tiempo evidencia incrementos significativos en presencia de la *Vicia sativa* con respecto a los mismos Andisoles en ausencia de la planta.

Los contenidos de fósforo unido al aluminio y al hierro en ausencia de la *Vicia sativa* presentan incrementos significativos de estas fracciones a través del tiempo, caso contrario se observa en las concentraciones de P-Fe y P-Al en presencia de la leguminosa.

**Palabras claves:** Fósforo aprovechable, *Vicia sativa*, fuentes fosfatadas, Andisoles.

<sup>1</sup> Artículo derivado de la Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. "Evaluación del efecto solubilizante de la vicia andina *Vicia sativa* en sus diferentes estados de crecimiento, sobre dos fuentes de fósforo, en tres andisoles con problemas de fijación, presentes en el municipio de Pasto departamento de Nariño.

<sup>2</sup> Docente Catedrático. Ing. Agróf., M. Sc. E-mail: jvelezlozano@gmail.com.

<sup>3</sup> Profesores Asociados. Universidad de Nariño. jcastillo@telesat.com.co. inagronómica@udenar.edu.co.

<sup>4</sup> Ph.D. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. jcmenjivar@palmira.unal.edu.co.

## ABSTRACT

Effect of sources phosphates in Andisols of Pasto, Nariño, with coverage of *Vicia sativa* on the profitable phosphorus, phosphorus together to the iron and to the aluminum. The evaluated answer variables were: contained of profitable phosphorus following the method of Bray and Kurtz No 2 and phosphorus content together to the aluminum and to the iron. One worked totally at random in a design with a factorial arrangement 3x2x3x2 with 36 treatments and 5 replications, for a total of 180 experimental units.

The concentration of phosphorus profitable present in the soils of the three towns through the time, evidences significant increments in presence of *Vicia sativa* with regard to the same Andisoles in absence of the plant.

The phosphorus contents together to the aluminum and to the iron in absence of *Vicia sativa* they present significant increments of these fractions through the time, contrary case is observed in the concentrations of P-Fe and P-Al in presence of the leguminous one.

**Key words:** profitable phosphorus, *Vicia sativa*, sources phosphorus.

## INTRODUCCION

Como consecuencia del crecimiento normal de las plantas, un amplio rango de sustancias orgánicas e inorgánicas son secretadas por las raíces al suelo, hecho que conlleva a presentar cambios en sus propiedades bioquímicas y físicas (Rougier, 1981 citado por Walker, Bais, Grotewold y Vivanco, (2003), tales como protección de la zona apical para su movimiento a través del suelo, absorción de iones y estabilización de microagregados etc (Griffin et al., 1976.; Rougier, 1981; Bengough y McKenzie, 1997; Hawes et al., 2000 citados por Walker, Bais, Grotewold y Vivanco, (2003).

Matar et al. (1967) citados por Marschner (1995) afirman que bajo ciertas condiciones el contacto cercano entre las partículas del suelo y la superficie radical vía mucílago pueden ser de considerable importancia para la toma de nutrimentos como el fósforo.

Primavesi (1984) afirma que muchas plantas movilizan fósforo a través de los aminoácidos secretados por las raíces y que actúan como quelantes, ya sea por micorrizas o por bacterias de la rizósfera. Aquí se encuentran principalmente las leguminosas como el poroto menudo *Vigna*

*sinensis*, el Kudzú tropical *Pueraria phaseoloide*, guandúl *Cajanus indicus* y otras. Ellas son capaces de movilizar fósforo para el cultivo siguiente. Otras plantas consiguen aprovechar P ligado al Fe y Al, como el trigo sarraceno *Fagopyrum esculentum*, poroto *Phaseolus spp*, nabisco *Raphanus raphanistrum* y otros.

La acción bioquímica y espacial exhibida por estas plantas en respuesta a la aplicación localizada de fertilizantes fosfatados es notable. La exudación de ácidos orgánicos por parte de las raíces, se observa en muchas otras dicotiledóneas, bajo condiciones deficientes de fósforo. Se analizó, por ejemplo, un incremento en la exudación de citrato bajo condiciones de deficiencia de fósforo en alfalfa *Medicago sativa* (Lipton, Blancher, Blevins, 1987 citados por Raghothama, 1999).

Las leguminosas adaptadas a suelos ácidos, han mostrado un adecuado comportamiento en suelos limitantes en fósforo disponible. Este comportamiento se atribuye a la capacidad de la planta para exudar citrato a través de sus raíces proteoideas (Marschner et al, 1987 citados por Peñaloza et al. 1999), cuya presencia y abundancia se correlaciona con la concentración de fósforo en el medio de crecimiento (Gardner et al, 1982 citados por Peñaloza et al. 1999). En el suelo, este ácido orgánico favorece la desorción de fosfato retenido en las fracciones arcillosas, dejándolo disponible para su absorción por la planta.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó se realizó en la Universidad de Nariño, ubicados al noreste de la ciudad de San Juan de Pasto a una altitud de 2540 msnm, 01°12' 13" latitud norte y 77°15' 23" longitud oeste, temperaturas de 13°C y una humedad relativa de 60% (Benavides y Bravo, 1997). El experimento se efectuó en dos fases: La primera consistió en la evaluación de los exudados radicales y para ello se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones.

Los seis tratamientos fueron: Testigo (T0), *Vicia sativa* sin fuentes fosfatadas (T1), *Vicia sativa* con 25 kg/ha de P de fosforita (T2), *Vicia* con 50 kg de P /ha de calfos (T3), *Vicia sativa* con 50 kg/ha de P Fosforita (T4), *Vicia sativa* con 25 kg/ha de P calfos (T5). La solución nutritiva de Marschner, Romheld y Ossenberg-Neuhaus (1982) se acondicionó con agar para proveer un medio gelatinoso pero consistente para el crecimiento de la raíz. Transcurridos 13 y 40 días después de la siembra de *Vicia* se determinó el valor de pH de la solución agarizada influida por las raíces de la leguminosa. Los datos obtenidos se compararon mediante pruebas de Duncan y se procesaron mediante análisis de varianza con un diseño completamente al azar.

En la segunda fase se evaluó el contenido del fósforo aprovechable, contenido de fósforo unido al aluminio y al hierro, para ello se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con un arreglo factorial 3x2x3x2 con treinta y seis (36) tratamientos y cinco (5) replicaciones. Los tratamientos del suelo provenientes de las 3 localidades fueron las siguientes:

T1	Genoy	T13 Daza	T25 Mapachico	0 Kg. Fosforita + Vicia
T2	Genoy	T14 Daza	T26 Mapachico	0 Kg. Fosforita Sin Vicia
T3	Genoy	T15 Daza	T27 Mapachico	25 Kg. Fosforita + Vicia
T4	Genoy	T 16 Daza	T28 Mapachico	25 Kg. Fosforita Sin Vicia
T5	Genoy	T 17 Daza	T29 Mapachico	50 Kg. Fosforita + Vicia
T6	Genoy	T 18 Daza	T 30 Mapachico	50 Kg. Fosforita Sin Vicia
T7	Genoy	T 19 Daza	T31 Mapachico	0 Kg. Calfos + Vicia
T8	Genoy	T 20 Daza	T32 Mapachico	0 Kg. Calfos Sin Vicia
T9	Genoy	T 21 Daza	T33 Mapachico	25 Kg. Calfos + Vicia
T10	Genoy	T 22 Daza	T34 Mapachico	25 Kg. Calfos Sin Vicia
T11	Genoy	T 23 Daza	T35 Mapachico	50 Kg. Calfos + Vicia
T12	Genoy	T 24 Daza	T36 Mapachico	50 Kg. Calfos Sin Vicia

El Contenido del fósforo aprovechable se determinó por el método de Bray y Kurtz N° 2 (Carrillo y Vinasco 1992), en cada estado fenológico del ciclo de vida de *Vicia sativa*.

El Contenido de fósforo unido al aluminio se determinó siguiendo el método de Chang y Jackson (1957) modificado por Peterson y Corey (1966) citados por Aguirre y Martínez (1988) adicionando FNH4 0.5 N pH 8.2, agitándose por una hora, para centrifugar a 2000 r.p.m. durante 10 minutos obteniendo así el P-Al por colorimetría, en el espectrofotómetro.

Finalmente, el Contenido de fósforo unido al hierro se determinó siguiendo el método de Chang y Jackson (1957) modificado por Peterson y Corey (1966) citados por Aguirre y Martínez (1988) agregando NaOH 0.5 N, agitado durante 17 horas, luego se centrifugó a 2000 r.p.m. durante 10 minutos y se decantó la fracción líquida. En el sobrenadante se determinó colorimétricamente el P-Fe.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido de fósforo aprovechable. El análisis de varianza detecta diferencias estadísticas significativas para fósforo aprovechable a los 13 y 40 días, para la interacción dosis por vicia (Tabla 1 y 2).

*Tabla 1. Análisis de varianza del contenido de fósforo aprovechable (ppm) en presencia y ausencia de la Vicia sativa a los 13 de siembra, teniendo en cuenta las fuentes fosfatadas, los niveles y las localidades.*

F.V	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Modelo	39	865.7531128	22.198798	2.39**	0.0001
Repetición	4	77.91389778	19.478474	2.1ns	0.0845
Niveles	2	30.09561333	15.047807	1.62ns	0.2018
Fuentes	1	7.66734722	7.6673472	0.82ns	0.3653
Vicia	1	235.8700139	235.87001	25.38**	0.0001
Localidades	2	118.30179	59.150895	6.36**	0.0023
Niveles X Fuentes	2	51.31415111	25.657075	2.76 ns	0.0564
Niveles X Vicia	2	108.3874711	54.193736	5.83**	0.0037
Niveles X Localidades	4	36.82080667	9.2052017	0.99ns	0.415
Fuentes X Vicia	1	35.52889389	35.528894	3.82ns	0.0526
Fuentes X Localidades	2	17.50455444	8.7522772	0.94ns	0.3924
Vicia X Localidades	2	16.35414111	8.1770706	0.88ns	0.4172
Niveles X Fuentes X Vicia	2	10.06448444	5.0322422	0.54ns	0.5831
Niveles X Fuentes X Localidades	4	27.98284222	6.9957106	0.75ns	0.5578
Fuentes X Vicia X Localidades	2	18.61478111	9.3073906	1.00ns	0.37

\*\* : Significativo al nivel del 1%

ns : No significativo

Tabla 2. Análisis de varianza del contenido de fósforo aprovechable (ppm) en presencia y ausencia de la *Vicia sativa* a los 40 días después de la siembra, teniendo en cuenta las fuentes fosfatadas, los niveles y las localidades.

EV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr>F
Modelo	39	1605.67636	41.1711888	3.33**	0.0001
Repetición	4	67.28588	16.82147	1.36ns	0.2504
Niveles	2	80.8075244	40.4037622	3.27*	0.0409
Fuentes	1	28.75202	28.75202	2.33ns	0.1294
Vicia	1	525.244169	525.244169	42.51**	0.0001
Localidades	2	204.964008	102.482004	8.3**	0.0004
Niveles X Fuentes	2	43.86764	21.93382	1.77 ns	0.0747
Niveles X Vicia	2	197.298111	98.6490556	7.98**	0.0005
Niveles X Localidades	4	5.43904222	1.35976056	0.11ns	0.9788
Fuentes X Vicia	1	30.8329089	74.8329089	2.49 ns	0.0651
Fuentes X Localidades	2	14.0637033	7.03185167	0.57ns	0.5673
Vicia X Localidades	2	40.2173678	20.1086839	1.63ns	0.2001
Niveles X Fuentes X Vicia	2	23.8230178	11.9115089	0.96ns	0.3838
Niveles X Fuentes X Localidades	4	89.1110067	22.2777517	1.8ns	0.1316
Fuentes X Vicia X Localidades	2	23.9567478	11.9783739	0.97ns	0.3818
Niveles X Fuentes X Vicia X Localidad	8	136.013218	17.0016522	1.38ns	0.212
Error	140	1729.65256	12.3546611		
Total	179	3335.32892			

\*\* : Significativo al nivel del 1%

\* : Significativo al nivel del 5%

ns: no significativo

La prueba de comparación de medias a los 13 y 40 días indica que las aplicaciones de las diferentes dosis de fósforo afectan la cantidad del elemento asimilable presente en los suelos de forma diferencial en presencia (Tratamientos 1, 3, 5, 7, 9, 11) y ausencia (Tratamientos 2, 4, 6, 8, 10, 12) de *Vicia sativa* (Tabla 3). Este comportamiento se debe a un efecto del sistema radical de la planta, donde las raíces de las leguminosas, tienen la capacidad de producir exudados de variada naturaleza química que contribuyen al proceso de solubilización del fósforo presente en el suelo, aumentando la disponibilidad del P que es aprovechado por las plantas para su crecimiento.

*Tabla 3. Prueba de comparación de medias para contenido de fósforo aprovechable a 13 y 40 días.*

Promedio P (ppm) (13 días)	Dosis X Vicia	Promedio P (ppm) (40 días)	Dosis X Vicia
7.47 a	50 Kg. P X Con vicia	9.50 a	50 Kg. P X Con vicia
6.72 a	25 Kg. P X Con vicia	7.14 b	25 Kg. P X Con vicia
4.67 b	0 Kg. P X Con vicia	5.35 c	0 Kg. P X Con vicia
4.30 b	0 Kg. P X Sin vicia	4.54 c	0 Kg. P X Sin vicia
3.38 b	25 Kg. P X Sin vicia	3.63 d	25 Kg. P X Sin vicia
3.30 b	50 Kg. P X Sin vicia	3.57 d	50 Kg. P X Sin vicia

De igual manera, el análisis de varianza realizado a los 80 días muestra resultados significativos para la interacción fuentes por vicia (Tabla 4).

*Tabla 4. Análisis de varianza del contenido de fósforo aprovechable (ppm) en presencia o ausencia de la Vicia sativa a los 80 días después de la siembra, teniendo en cuenta las fuentes fosfatadas, los niveles y las localidades.*

EV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Modelo	39	3334.8012	85.5077231	2.04**	0.0014
Repetición	4	205.926783	51.4816958	1.23ns	0.3028
Niveles	2	339.525921	169.762961	4.04*	0.0197
Fuentes	1	0.41088889	0.41088889	0.01ns	0.9214
Vicia	1	767.395309	767.395309	18.27**	0.0001
Localidades	2	131.120381	65.5601906	1.56ns	0.2137
Niveles X Fuentes	2	247.800541	123.900271	2.95ns	0.0556
Niveles X Vicia	2	254.558821	127.279411	3.03ns	0.0515
Niveles X Localidades	4	212.770976	53.1927439	1.27ns	0.2862
Fuentes X Vicia	1	170.8125	170.8125	4.06*	0.0256
Fuentes X Localidades	2	101.762621	50.8813106	1.21ns	0.301
Vicia X Localidades	2	168.343281	84.171641	2.00 ns	0.0523
Niveles X Fuentes X Vicia	2	87.69333	43.846665	1.04ns	0.3549
Niveles X Fuentes X Localidades	4	162.141449	40.5353622	0.96ns	0.4289
Fuentes X Vicia X Localidades	2	67.0039033	33.5019517	0.8ns	0.4525
Niveles X Fuentes X Vicia X Localidad	8	335.534496	41.9418119	1.00ns	0.44
Error	140	5881.75818	42.0125584		
Total	179	9216.55938			

\*\* : Significativo al nivel del 1%

\* : Significativo al nivel del 5%

ns : No significativo

La prueba de comparación de medias a los 80 días de evaluación, teniendo en cuenta la interacción fuentes por vicia, indica que las aplicaciones de las fuentes fosfatadas afectan la cantidad del elemento asimilable presente en los suelos de forma diferencial en presencia (Tratamientos 1, 3, 5, 7, 9, 11) y ausencia (Tratamientos 2, 4, 6, 8, 10, 12) de *Vicia sativa*, este hecho se debe a que las leguminosas, tienen la capacidad de producir exudados radicales que contribuyen a liberar el fósforo presente en el suelo (Brandjes et al citados por Delgado y Alarcón 1997), Bohn et al. (1985) citado por Osorio y Pérez, (2001) mencionan que, muchos ácidos orgánicos son efectivos en la solubilización de fosfatos, estos ácidos son producidos por las raíces y por la actividad microbial en los procesos de descomposición de la materia orgánica (Tabla 5).

*Tabla 5. Prueba de comparación de medias para contenido de fósforo aprovechable (ppm) a 80 días de evaluación.*

<b>Tukey</b>	<b>Promedio (ppm)</b>	<b>Fuentes X Vicia</b>
a	11.37	Fosforita X con vicia
a	10.29	Calfos X con vicia
b	4.16	Fosforita X sin vicia
b	3.67	Calfos X sin vicia

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

Contenido de fósforo unido al aluminio. El análisis de varianza indica diferencias estadísticas significativas para la interacción fuentes por vicia al transcurrir 80 días (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza del contenido de fósforo ligado al aluminio (ppm) en presencia o ausencia de la *Vicia sativa* a los 80 días después de la siembra, teniendo en cuenta las fuentes fosfatadas, los niveles y las localidades.

EV	G.L	S.C	C.M	F Value	Pr > F
Modelo	39	280825.9223	7200.66467	12.95**	0.0001
Repetición	4	34001.79014	8500.44754	15.29**	0.0001
Niveles	2	4276.419008	2138.2095	3.85*	0.0237
Fuentes	1	13960.15187	13960.1519	25.11**	0.0001
Vicia	1	197911.481	197911.481	355.98**	0.0001
Localidades	2	3208.857684	1604.42884	2.89ns	0.0591
Niveles X Fuentes	2	1235.852854	617.926427	1.11ns	0.332
Niveles X Vicia	2	2524.69749	1262.34874	2.27ns	0.107
Niveles X Localidades	4	8.72960888	2.18240222	0.00ns	1.0000
Fuentes X Vicia	1	21789.90112	21789.9011	39.19**	0.0001
Fuentes X Localidades	2	4.36480443	2.18240222	0.00ns	0.9961
Vicia X Localidades	2	531.69844	265.84922	0.48ns	0.6209
Niveles X Fuentes X Vicia	2	1333.44939	666.724695	1.2ns	0.3045
Niveles X Fuentes X Localidades	4	8.72960889	2.18240222	0.00ns	1.0000
Fuentes X Vicia X Localidades	2	5.95984002	2.97992001	0.01ns	0.9947
Niveles X Fuentes X Vicia X Localidad	8	23.83936	2.97992	0.01ns	1.0000

\*\* : Significativo al nivel del 1%

\* : Significativo al nivel del 5%

ns : No significativo

Al realizar la prueba de comparación de medias a los 13, 40 y 80 días se aprecia que las aplicaciones de las fuentes fosfatadas afectan la cantidad del elemento presente en los suelos de forma diferencial en presencia y ausencia de *Vicia sativa* (Tabla7).

Tabla 7. Prueba de comparación de medias para contenido de fósforo unido al aluminio (ppm) a los 13, 40 y 80 días de siembra.

Promedio (ppm) 13 Días	Fuentes X Vicia	Promedio (ppm) 40 Días	Fuentes X Vicia	Promedio (ppm) 80 Días	Fuentes X Vicia
381.78 a	Fosforita	388.80 a	Calfos	391.86 a	Fosforita
	Sin vicia		Sin vicia		Sin vicia
376.62 b	Calfos	388.71 a	Fosforita	387.47 a	Calfos
	Sin vicia		Sin vicia		Sin vicia
348.88 c	Calfos	347.29 b	Calfos	343.16 b	Calfos
	Con Vicia		Con Vicia		Con Vicia
311.65 d	Fosforita	312.93 c	Fosforita	303.54 c	Fosforita
	Con Vicia		Con Vicia		Con Vicia

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

En relación con los resultados encontrados, al aplicar fosforita huila y calfos en ausencia de *Vicia sativa*, es decir en los tratamientos 2, 4, 6, 8, 10, 12, se observan incrementos a través del tiempo en esta fracción. Estos resultados concuerdan con los hallados por Martínez, Jiménez y Lora (1986), quienes afirman que, los fosfatos de aluminio se incrementan cuando las dosis de fósforo aplicado aumentan. Este aspecto indica que una vez agregado el fósforo al suelo el mayor porcentaje de este elemento pasa a constituir compuestos con el aluminio. Al adicionar las fuentes fosfatadas en presencia de la leguminosa, es decir en los tratamientos 1, 3, 5, 7, 9, 11, se observa que los promedios disminuyen significativamente. Al respecto Ryan, Delhaize y Jones (2001) mencionan que, los fosfatos que están fijados en los hidróxidos de Al y Fe son desplazados o reemplazados por aniones orgánicos producidos por las raíces de las leguminosas, incrementando así la disponibilidad de P para su nutrición.

Contenido de fósforo unido al hierro. El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas significativas para la interacción fuentes por vicia al transcurrir 13, 40 y 80 días (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de varianza del contenido de fósforo ligado al hierro (ppm) en presencia y ausencia de la *Vicia sativa* a los 80 días después de la siembra, teniendo en cuenta las fuentes fosfatadas, los niveles y las localidades.

<b>FV</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	39	69949.62268	1793.58007	28.64**	0.0001
Repetición	4	2628.558263	657.139566	10.49**	0.0001
Niveles	2	409.0093611	204.504681	3.27*	0.0411
Fuentes	1	1316.73992	1316.73992	21.03**	0.0001
Vicia	1	57499.94322	57499.9432	918.2**	0.0001
Localidades	2	5250.313608	2625.1568	41.92**	0.0001
Niveles X Fuentes	2	101.0109233	50.5054617	0.81ns	0.4485
Niveles X Vicia	2	214.3134433	107.156722	1.71ns	0.1844
Niveles X Localidades	4	0.78002889	0.19500722	0.00ns	1.0000
Fuentes X Vicia	1	2127.709442	2127.70944	33.98**	0.0001
Fuentes X Localidades	2	1.52881	0.764405	0.01ns	0.9879
Vicia X Localidades	2	267.69151	133.845755	2.14ns	0.1218
Niveles X Fuentes X Vicia	2	110.4272811	55.2136406	0.88ns	0.4164
Niveles X Fuentes X Localidades	4	0.79388667	0.19847167	0.00ns	1.0000
Fuentes X Vicia X Localidades	2	6.88346778	3.44173389	0.05ns	0.9465
Niveles X Fuentes X Vicia X Localidad	8	13.91951555	1.73993944	0.03ns	1.0000
Error	140	8767.188977	62.6227784		
Total	179	78716.81166			

\*\* : Significativo al nivel del 1%

\* : Significativo al nivel del 5%

ns : No significativo

La prueba de comparación de medias muestra que las aplicaciones de las fuentes fosfóricas afectan la cantidad de la fracción analizada presente en los suelos, de forma diferencial, en presencia y ausencia de *Vicia sativa* (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de comparación de medias para contenido de fósforo unido al hierro (ppm) a los 13, 40 y 80 días de siembra.

<b>Promedio (ppm) 13 Días</b>	<b>Fuentes X Vicia</b>	<b>Promedio (ppm) 40 Días</b>	<b>Fuentes X Vicia</b>	<b>Promedio (ppm) 80 Días</b>	<b>Fuentes X Vicia</b>
115.70 a	Fosforita	128.20 a	Calfos	130.02 a	Fosforita
	Sin vicia		Sin vicia		Sin vicia
114.14 a	Calfos	127.30 a	Fosforita	128.55 a	Calfos
	Sin vicia		Sin vicia		Sin vicia
105.73 b	Calfos	103.22 b	Calfos	99.68 b	Calfos
	Con Vicia		Con Vicia		Con Vicia
94.45 c	Fosforita	94.00 c	Fosforita	87.40 c	Fosforita
	Con Vicia		Con Vicia		Con Vicia

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas.

Con base en los datos encontrados, al aplicar fosforita huila y calfos en ausencia de *Vicia sativa*, es decir en los tratamientos 2, 4, 6, 8, 10, 12, se aprecian incrementos de P- Fe a través del tiempo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Martínez, Jiménez y Lora (1986), los cuales indican que, los fosfatos de hierro se incrementan directamente proporcionales con las dosis de fósforo aplicado. Parffit (1978) citado por Hinsinger (1998), menciona que, en suelos ácidos, los iones fosfatos son retenidos sobre hidróxidos de hierro y aluminio. Caso contrario se evidenció cuando se realizaron incorporaciones de las fuentes fosfatadas especialmente de la fosforita huila, en presencia de la *Vicia sativa* (Tratamientos 1, 3, 5, 7, 9, 11). Al respecto Gahoonia et al. (1992a) citados por Hinsinger (1998) y Parfitt (1979); Gerke (1992a) citados por Marschner (1995), afirman que la excreción de iones hidroxilos o bicarbonato, favorecen la desorción de fosfatos por intercambio de iones de las superficies de los sesquióxidos aumentando la disponibilidad de P-aprovechable para la leguminosa.

Adicionalmente, Marschner (1995), menciona que, los ácidos cítrico, málico y fenoles, forman quelatos relativamente estables con el Fe (III) y el aluminio, logrando de esta forma incrementar la proporción en la absorción y solubilización del fósforo.

Gardner et al. (1983), citados por Romheld (1986), afirman que, las leguminosas reaccionan a la falta de fosfatos con una mayor formación de raíces proteoides (aglomeración de raíces laterales

cortas), éstas ceden gran cantidad de ácido cítrico, lo que origina la movilización de fosfatos de hierro y aluminio, difícilmente solubles.

## CONCLUSIONES

La concentración de fósforo aprovechable presente en los suelos de las tres localidades a través del tiempo, evidencia incrementos significativos en presencia de la leguminosa, con respecto a los mismos Andisoles en ausencia de la planta.

Los contenidos de fósforo unido al aluminio y al hierro en ausencia de *Vicia sativa* presentan incrementos significativos a través del tiempo, caso contrario se evidencia en las concentraciones de P - Fe y P - Al en presencia de la leguminosa.

## BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE MAYA, Julia Esther y MARTINEZ BETANCOURTH, Marcela. Estudio del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en el departamento del Cauca. Pasto, 1988, 121p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

BENAVIDES CARDONA, Adriana y BRAVO MARTINEZ, Liliana. Diseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para la Universidad de Nariño. Pasto, 1997, 320 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería.

CARRILLO PACHON, Ignacio Federico y VINASCO OSSA, Cesar Augusto. Guía para el servicio regional de análisis de suelos. Chinchiná, Caldas: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1992, p. 18-26.

DELGADO, Hernando y ALARCON, Héctor. Efecto de la incorporación de caupí *Vigna unguiculata* como abono verde sobre la eficiencia del arroz en el uso de fósforo en un Oxisol de la altillanura plana de Colombia. En: Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. 27, No. 1. (dic. 1997); p. 186 – 190.

HINSINGER, Philippe. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. En: Advances in Agronomy. Vol. 64 (1998). p. 225-265.

MARSCHNER, Horst., RÖMHELD, Volker y OSSENER-NEUHAUS. Rapid method for measuring changes in pH and reducing processes along roots of intact plants. En: Z. Pflanzenphysiol Bd. No. 105. (1982); p. 407-416.

MARSCHNER, Horst. The soil-root interface (rhizosphere) in the relation to mineral nutrition. En: Mineral nutrition of higher plants. London: Academy Press. 1995. p. 535 - 595.

MARTINEZ MARTINEZ, José, JIMENEZ BELTRAN, Rafael y LORA SILVA, Rodrigo. Dinámica del fósforo en el suelo de un páramo de Cundinamarca. En: Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Vol. 16, No. 1. (dic. 1986); p. 192 – 205.

OSORIO, J. y PEREZ, J.C. Microbial Solubilization of Phosphates in soils. En: CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO. (10:2001: Medellín). Memorias del X Congreso de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Medellín: SCCS, 2001 P. 104 – 116.

PEÑALOZA, Enrique et al. "Citrate release and activity of phosphoenolpyruvate carboxylase in roots of white lupin in response to varying phosphorus", Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigaciones Carillanca de Temuco Chile, 1999, [en línea]. Dirección URL: < <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sciarttext&pid=s036528072000000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es> > [consulta: 10 May 2004].

PRIMAVESI, Ana. Manejo ecológico del suelo. Argentina: El Ateneo, 1982. 499 p.

RAGHOTHAMA, K. G. Phosphate acquisition, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1999, [en línea]. Dirección URL: < [http://gateway.proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.882004&res\\_dat=xri:pqd&rft\\_val\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft\\_dat=xri:pqd:did=000000043068995&svc\\_dat=xri:pqil:fmt=html&req\\_dat=xri:pqil:pq\\_clntid=57068](http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.882004&res_dat=xri:pqd&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft_dat=xri:pqd:did=000000043068995&svc_dat=xri:pqil:fmt=html&req_dat=xri:pqil:pq_clntid=57068) > [Consulta: 10 May 2004].

ROMHELD, Volker. Variaciones en el pH de la rizósfera de varias especies de plantas cultivadas en función de las aplicaciones de elementos. En: Revista de la potasa. Sección 6, Abonado, cultivo y selección de vegetales. No 12. (1986); P. 1-8.

RYAN, Peter., DELHAIZE, E y JONES , DL. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 2001. [en línea]. Dirección URL: < [http://gateway.Proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.882004&res\\_dat=xri:pqd&rft\\_val\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft\\_dat=xri:pqd:did=000000075376408&svc\\_dat=xri:pqil:fmt=html&req\\_dat=xri:pqil:pq\\_clntid=57068](http://gateway.Proquest.com/openurl?url_ver=Z39.882004&res_dat=xri:pqd&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft_dat=xri:pqd:did=000000075376408&svc_dat=xri:pqil:fmt=html&req_dat=xri:pqil:pq_clntid=57068) > [Consulta 15 de mar de 2005].

WALKER, Bais, Grotewold Y Vivanco. "Root exudation and rhizosphere biology", Plant Physiology, Rockville, 2003 [en línea]. Dirección URL: < [http://gateway.proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.882004&resdat=xri:pqd&rftvalfmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft\\_dat=xri:pqd:did=000000352801861&svcdat=xri:pqil:fmt=html&reqdat=xri:pqil:pqclntid=57068](http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.882004&resdat=xri:pqd&rftvalfmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&genre=article&rft_dat=xri:pqd:did=000000352801861&svcdat=xri:pqil:fmt=html&reqdat=xri:pqil:pqclntid=57068) > [Consulta: 10 de may de 2004].