

# RESPUESTA DEL CAFÉ AL FÓSFORO Y ABONOS ORGÁNICOS EN LA ETAPA DE ALMÁCIGO<sup>1</sup>

Wilson Elías Ávila-Reyes\*; Siavosh Sadeghian-Khalajabadi\*\*; Pedro María Sánchez-Arciniegas\*\*\*; Hugo Eduardo Castro-Franco\*\*\*\*

---

## RESUMEN

ÁVILA R., W.E.; SADEGHIAN K., S.; SÁNCHEZ A., P. M.; CASTRO F., H. E. Respuesta del café al fósforo y abonos orgánicos en la etapa de almácigo. *Cenicafé*, 61(4):358-369. 2010

Diversas investigaciones han demostrado que el café responde positivamente a la aplicación de abonos orgánicos (AO) y fósforo (P) durante la etapa de almácigo; sin embargo, poco se sabe acerca de la acción conjunta de éstos. Con el propósito de dar claridad al tema, se evaluó el efecto combinado de tres fuentes de AO (gallinaza, pollinaza y lombrinaza) y dos fuentes de P (Fosfato diamónico-DAP y Superfosfato triple-SFT) sobre el crecimiento de las plantas de café en el departamento de Santander. Para ello, se utilizaron cuatro proporciones de mezcla suelo:AO (1:0, 3:1, 1:1 y 1:3 v/v) y cuatro dosis de P-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 1, 2 y 4 g/planta). La aplicación de P no afectó el peso seco de las plantas cuando éstas se desarrollaron en suelo solo, respuesta que se relacionó con el contenido de este elemento en el suelo (14 mg.kg<sup>-1</sup>). Los mayores incrementos en el peso seco de las plantas se registraron al mezclar el suelo con gallinaza o pollinaza en proporción 3:1 (25%), sin que hubiera un efecto de la aplicación de P. La lombrinaza afectó negativamente el desarrollo de las plantas, como consecuencia de una posible toxicidad generada por la descomposición incompleta; efecto que disminuyó con la aplicación de DAP. La adición de AO incrementó la humedad y el pH del sustrato, y la aplicación de DAP contribuyó a la acidificación del suelo, mientras que la dosis más alta de SFT tendió a elevar el nivel de pH.

**Palabras clave:** Lombrinaza, gallinaza, pollinaza, fuentes de fósforo, toxicidad, humedad.

---

## ABSTRACT

Research has shown that coffee responds positively to the application of organic fertilizers (OF) and phosphorus (P) during the nursery stage, however, little is known about their joint action. In order to give clarity to the issue, the combined effect of three OF sources (chicken manure, poultry manure and earthworm manure) and two P sources (diammonium phosphate-DAP and triple superphosphate-TSP) was assessed on the growth of coffee plants in the department of Santander. To do this, four soil mixing ratios: OF (1:0, 3:1, 1:1 and 1:3 v / v) and four doses of P-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 1, 2 and 4 g / plant) were used. The application of P did not affect plant dry weight when they are developed in soil alone, response related to the content of this element in soil ( 14 mg.kg<sup>-1</sup>). The largest increases in plant dry weight were recorded by mixing the soil with chicken manure or poultry manure in proportion 3:1 (25%), with no effect of P application. The earthworm manure adversely affected the growth of plants as a consequence of a possible toxicity caused by incomplete decomposition; this effect decreased with the application of DAP. The addition of OF increased humidity and pH of the substrate and the application of DAP contributed to acidification of the soil, whereas the highest dose of TSP tended to raise the pH level.

Keywords: Earthworm manure, chicken manure, poultry manure, sources of phosphorus, toxicity, humidity.

---

<sup>1</sup> Fragmento de la Tesis “Efecto de diferentes fuentes de materia orgánica y fósforo en almácigos de café variedad Colombia (*Coffea arabica*) en el municipio de Floridablanca- Santander”.

\* Ingeniero Agrónomo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

\*\* Investigador Científico II. Disciplina Suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

\*\*\* Asistente de Investigación. Estación Experimental Santander. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia

\*\*\*\* Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Docente de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

El cultivo del café y la producción avícola son dos renglones importantes en la economía del departamento de Santander. El área cultivada en café equivale a 43.278 ha, distribuidas en 34.812 predios, ubicados en 70 de los 87 municipios (10). A su vez, la industria avícola, reconocida como la más fuerte del país, está conformada por ocho millones de gallinas ponedoras, once millones de pollos de engorde y un millón y medio de reproductoras (17). Estas actividades generan grandes volúmenes de materiales orgánicos, que al ser procesados por medio de sistemas como el compostaje o la lombricultura se convierten en una alternativa para la fertilización de diversos cultivos, entre ellos el café, al tiempo que se contribuye a disminuir el problema sanitario generado, en ocasiones, por el inadecuado manejo de estos residuos.

El compostaje es el proceso de descomposición aeróbica de residuos orgánicos, bajo condiciones controladas, a través del cual se logra la transformación de un material orgánico fresco o parcialmente descompuesto, en un producto estable llamado compost, el cual se puede utilizar como abono (13).

En el proceso de compostaje se produce una esterilización parcial del sustrato orgánico, como consecuencia del aumento de la temperatura generada por la actividad de bacterias y actinomicetos, los cuales también son responsables de la producción de antibióticos, que finalmente eliminan los microorganismos patógenos y las fitotoxinas de los residuos (14).

De acuerdo con lo anterior, el estiércol de lombriz no puede clasificarse como compost, debido a que en su proceso de producción

no se alcanzan temperaturas mayores de 40°C, que distinguen la etapa termófila, indispensable para la esterilización parcial en el proceso de compostaje. Por esta razón, se ha propuesto nombrar a las heces de lombriz como lombrinaza, designación que se establece para la mayoría de los excrementos de origen animal en condiciones naturales, como por ejemplo, bovinaza, gallinaza y porquinaza, entre otros. Sin embargo, se puede realizar un compostaje de excretas de lombriz en el cual se alcance la etapa termófila, y el producto se denominaría compost de lombrinaza o lombricompost.

En Cenicafé se han realizado diferentes investigaciones acerca de la nutrición de las plantas de café; en la etapa de almácigo se ha estudiado la respuesta a la fertilización foliar, al suministro de nutrientes vía edáfica y a la aplicación de abono orgánico. Las investigaciones en torno a los abonos orgánicos han demostrado que cuando se mezcla el suelo con pulpa descompuesta de café en una proporción 1:1 (v/v) (19) ó 3:1 (v/v) con lombrinaza de pulpa de café (22), estiércol de ganado (25), gallinaza (23) y cenichaza<sup>1</sup> (24), se obtienen los mejores resultados en los incrementos del peso seco de las plantas.

En cuanto al uso de fertilizantes de síntesis química, Salazar (21) registró un efecto negativo del nitrógeno en el crecimiento y el peso seco de las plantas de café variedad Caturra, desarrolladas en suelo sin adición de abono orgánico; el potasio (K) no afectó las variables de respuesta, mientras que con el suministro de fósforo (P) se lograron incrementos conforme a las dosis aplicadas. Con base en esta investigación se recomienda la aplicación de 2 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por bolsa, a los 2 y 4 meses después de transplante.

---

<sup>1</sup> Mezcla de ceniza y cachaza que resulta de la producción de azúcar.

Debido a que no existe suficiente información acerca del efecto combinado de la fertilización fosfórica en almácigos obtenidos con abonos orgánicos, y dada la disponibilidad de gallinaza, pollinaza y pulpa de café en el departamento de Santander, esta investigación buscó evaluar el efecto de estas tres fuentes de abono orgánico en combinación con fósforo, sobre el desarrollo de café durante la etapa de almácigo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló entre julio de 2005 y mayo de 2006 en la Estación Experimental Santander del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, que se encuentra ubicada en el municipio de Floridablanca (Santander), a 7° 06' latitud Norte, 73° 04' longitud Oeste, una altitud de 1.495 m, precipitación anual de 1.528 mm, brillo solar de 1.368 h.año<sup>-1</sup> y 80,3% de humedad relativa.

Se utilizó suelo del Ecotopo Cafetero<sup>2</sup> 305A, clasificado como Inceptisol, extraído de los primeros 25 cm de un cafetal ubicado en el municipio de El Socorro (Santander), con las siguientes propiedades: pH 4,4, carbono orgánico 5,48%, N 0,38%, K 0,71 cmolc.kg<sup>-1</sup>, Ca 2,6 cmolc.kg<sup>-1</sup>, Mg 0,6 cmolc.kg<sup>-1</sup>, Na

0,13 cmolc.kg<sup>-1</sup>, Al 1,8 cmolc.kg<sup>-1</sup>, CIC 16 cmolc.kg<sup>-1</sup>, P 14 mg.kg<sup>-1</sup>, Fe 714 mg.kg<sup>-1</sup>, Mn 5 mg.kg<sup>-1</sup>, Zn 3 mg.kg<sup>-1</sup>, Cu 1 mg.kg<sup>-1</sup>, B 0,31 mg.kg<sup>-1</sup>, S 18,9 mg.kg<sup>-1</sup>, Ar 39%, L 21%, A 40% y textura FAr.

Como fuentes de abono orgánico (AO) se utilizaron gallinaza, pollinaza y lombrinaza de pulpa de café; las dos primeras se obtuvieron en la región, en explotaciones de piso, dedicadas a la producción de huevos y carne de pollo, respectivamente, y la última se obtuvo de los lombricultivos instalados en la Estación.

Los materiales de origen avícola (gallinaza y pollinaza) se transformaron mediante compostaje en pilas bajo techo, las cuales se humedecieron y voltearon semanalmente, con una humedad entre el 40% y 60% y temperatura por debajo de 70°C. El proceso terminó a los 90 días, cuando la temperatura de los materiales era similar a la del ambiente. La lombrinaza de pulpa se volteó semanalmente durante un mes, con el fin de reducir su humedad y permitir el proceso de descomposición, sin que se produjera un aumento considerable de la temperatura. En la Tabla 1 se observan las propiedades químicas de las fuentes de abono orgánico empleadas.

**Tabla 1.** Propiedades químicas del compost de gallinaza (Cg), compost de pollinaza (Cp) y lombrinaza (Lz) de pulpa de café, empleadas como abonos orgánicos.

Fuente de AO	pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Cenizas	Humedad	Fe	Mn	Zn	Cu	B	C	C/N
		-----(%)-----								----- (mg.kg <sup>-1</sup> ) -----				(%)		
Cg	8,5	1,24	1,48	1,96	8,03	0,62	0,66	68,82	32,07	16.065	708	590	50	56	18,1	14,6
Cp	7,8	1,55	1,45	2,68	6,57	0,65	1,33	45,32	40,97	295	677	406	356	77	32,0	20,7
Lz	8,1	3,14	0,63	7,10	2,23	0,41	0,76	44,55	59,08	6.850	346	100	71	73	32,2	10,3

<sup>2</sup> Región agroecológica delimitada geográficamente según las condiciones predominantes de clima, suelo y relieve, donde se obtiene una respuesta similar del cultivo de café (12).

**Tratamientos.** Cada fuente de abono orgánico (AO) se mezcló con el suelo en las siguientes proporciones de Suelo:AO (v/v): 75:25, 50:50 y 25:75. En cada proporción se aplicaron tres dosis de P (1, 2 y 4 g/planta de  $P_2O_5$ ) en forma de Fosfato diamónico-DAP (18% N y 46%  $P_2O_5$ ) y Superfosfato triple-SFT (46%  $P_2O_5$  y 19% de CaO). Adicionalmente, se tuvo un testigo absoluto sin AO ni P, otro sin AO para cada dosis y fuente de P, y un tercero sin la aplicación de P para cada relación de AO:Suelo.

Una semana antes de transplantar las plántulas de café variedad Colombia, se mezcló el suelo con las fuentes de AO y se llenaron las bolsas plásticas del almácigo de 17 x 23 cm. Las dos dosis más bajas de P (1 y 2 g/planta de  $P_2O_5$ ) se suministraron en una sola aplicación dos meses después del trasplante, y la dosis de 4 g/planta de  $P_2O_5$  se fraccionó en dos aplicaciones, a los dos y a los cuatro meses. Cada tratamiento contó con 15 repeticiones, distribuidas bajo un diseño completamente aleatorio.

A los seis meses se determinó el peso seco de la parte aérea y de las raíces. Antes de extraer la planta de los sustratos, se tomaron muestras para evaluar el pH, el  $Al^{3+}$  y la humedad gravimétrica del suelo en las diferentes combinaciones de suelo y abono orgánico.

Para el análisis de los resultados, los tratamientos testigos para abono orgánico (suelo solo), en combinación con las fuentes y dosis de P, fueron comunes para las tres fuentes de AO; así mismo, para las tres fuentes de AO, en cada una de las proporciones de mezcla con el suelo (0:100, 25:75, 50:50, 75:25), el testigo sin P fue común para las dos fuentes de este elemento (DAP y SFT).

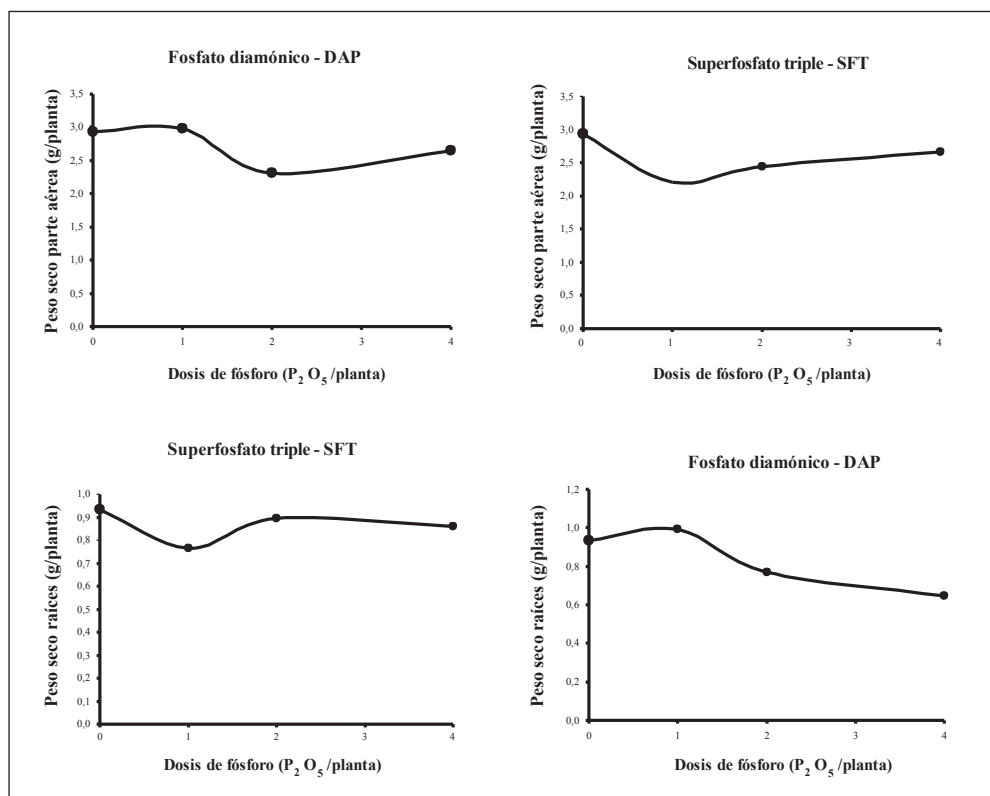
Se realizó un análisis de varianza para cada fuente de abono orgánico, con el fin de determinar el efecto de su uso con y sin

aplicación de P. En aquellas proporciones de AO en las cuales hubo efecto de P en alguna fuente, se aplicó la prueba Dunnett al 5% para comparar los tratamientos frente al testigo sin P; cuando hubo interacción AO x Fuente de P x Dosis de P, se aplicó la prueba Duncan al 5% con el fin de comparar todos los tratamientos y determinar la mejor combinación. Cuando no se detectó efecto de P se utilizó la prueba de contrastes al 5% para determinar la tendencia de las variables en función de las proporciones de AO.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efecto del abono orgánico y del fósforo sobre la biomasa de las plantas.** Al emplear gallinaza o pollinaza no hubo efecto de la aplicación del P; en cambio, cuando se utilizó lombrinaza el análisis de varianza indicó interacción de AO x Dosis de P x Fuentes de P. Por lo anterior, inicialmente se presentarán los resultados concernientes al efecto del P sin la adición de abono orgánico, posteriormente se discutirá el efecto combinado de P y los abonos de origen avícola, y por último, se analizarán los resultados de la lombrinaza, sola y en asocio con las fuentes de P.

**Efecto del fósforo sin adición de AO.** En la Figura 1 se presenta el efecto de DAP y SFT sobre el peso seco de la parte aérea y las raíces de las plantas. No se registró efecto de la adición de P sobre las variables de interés cuando se empleó como fuente SFT. En cuanto al DAP, el análisis de varianza indicó efecto de su aplicación en el peso seco de las raíces, el promedio obtenido con 1 g de  $P_2O_5$  fue mayor que 4 g de  $P_2O_5$  de esta fuente ( $p < 5\%$ ); sin embargo, no se registraron diferencias significativas frente al tratamiento sin la aplicación de este elemento ( $p < 5\%$ ). La disminución del peso seco de las raíces con la aplicación de



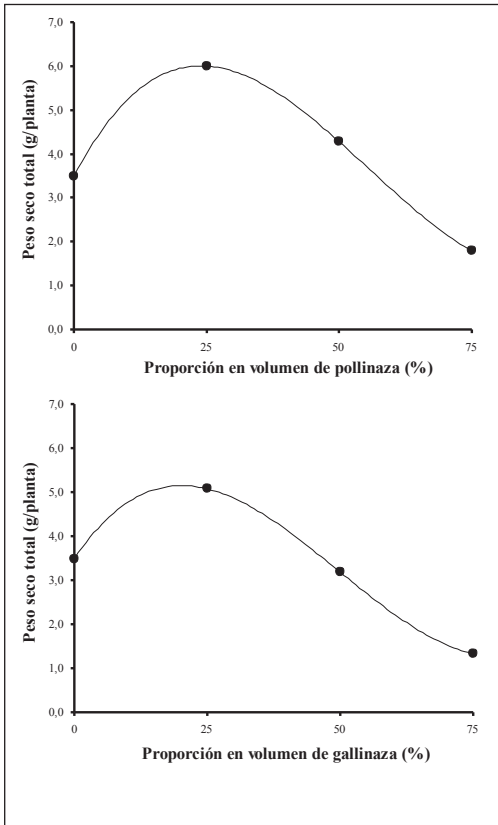
**Figura 1.** Efecto de las fuentes y las dosis de P sobre la biomasa de raíces y de la parte aérea de café en suelo sin adición de abono orgánico.

DAP se relacionó con la acción acidificante generada por este fertilizante, que con su máxima dosis produjo el descenso de casi una unidad en el pH (4,1) y el aumento en 1,9  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  de  $\text{Al}^{3+}$ , con valores de 3,2  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Según Espinosa y Molina (8), el exceso de  $\text{Al}^{3+}$  interfiere en la división celular en las raíces, atrofia el sistema radical e inhibe la absorción de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  por las plantas.

La baja respuesta a la aplicación de P puede relacionarse con el contenido de este nutriente en el suelo ( $14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), debido a que el nivel del P fue suficiente para suplir los requerimientos de las plantas. Sadeghian (20) sostiene que para las condiciones de la

zona cafetera de Colombia la probabilidad de hallar respuesta a la fertilización fosfórica aumenta cuando los niveles de P en el suelo son menores a  $11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**Efecto combinado de fósforo y abono orgánico de origen avícola.** No hubo efecto de la aplicación de P, al emplear DAP o SFT, cuando se utilizó gallinaza o pollinaza; en cambio, la aplicación de estos abonos orgánicos sí afectó el crecimiento de las plantas (Figura 2). El peso seco total (PST) de las plantas aumentó significativamente frente al testigo en la proporción 25:75 de ambas fuentes en mezcla con el suelo, y disminuyó conforme aumentó la proporción de AO. Este comportamiento se ajustó a una



**Figura 2.** Efecto de las proporciones de mezclas de gallinaza y pollinaza con el suelo sobre la biomasa total de las plantas café.

tendencia cúbica ( $p < 5\%$ ). Los resultados para la gallinaza coinciden con los obtenidos por Salazar y Mestre (23).

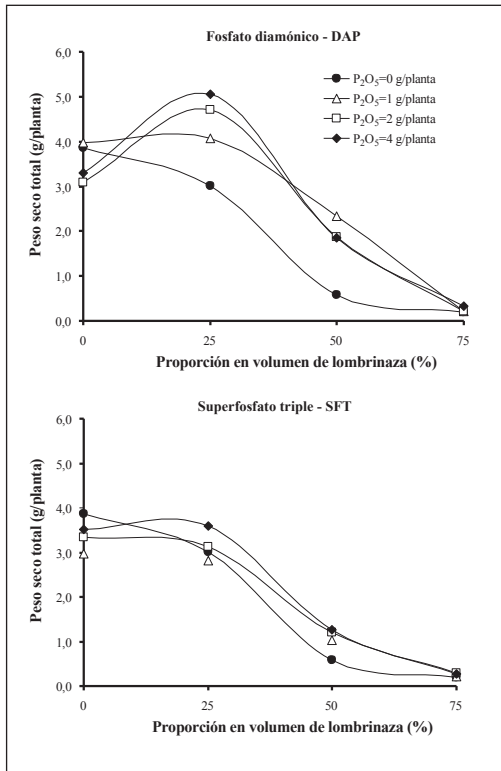
Para la pollinaza, la proporción de 25% en mezcla con el suelo coincidió con el punto de inflexión de la curva o el máximo biológico, mientras que para la gallinaza este punto correspondió a un 20%. Con el empleo de la pollinaza se obtuvieron mayores pesos de las plantas en comparación con la gallinaza.

El incremento en el peso seco de las plantas de café obtenido con la menor proporción de

las fuentes de origen avícola (25:75), puede deberse a que en esta proporción se registraron valores de pH entre 5,0 y 5,6, cercanos a las condiciones óptimas para el café, según Valencia (26). Otro factor importante, es la permeabilidad que generan estos abonos como consecuencia de su contenido de cascarilla de arroz, que favorece la toma de oxígeno y de nutrientes. De igual forma, los mejores resultados se pueden relacionar con la actividad y población de microorganismos que contribuyen en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Angarita (1), determinó la presencia y diversidad de microorganismos en diferentes sustratos para almácigos de café y su efecto en el crecimiento de las plántulas, con lo cual demostró que al adicionar un compuesto orgánico al suelo, aumentaban el pH, el porcentaje de microorganismos y nutrientes, de igual forma observó una estrecha relación entre la calidad del sustrato, el desarrollo de las plantas y la población microbiana del suelo.

El efecto negativo de las fuentes de origen avícola cuando se emplearon proporciones mayores del 25%, puede relacionarse principalmente con dos factores, el primero y más importante, la reducción de la acidez del sustrato, y el segundo, la retención de humedad de estos materiales orgánicos. Referente a la acidez, el incremento del pH hasta alcanzar niveles básicos causó deficiencias de elementos menores, especialmente de hierro, pues en la mayor proporción de abonos se presentaron síntomas de deficiencia de este nutriente. Castro (7) y Lora (18), relacionan esta deficiencia con la presencia de carbonatos, los cuales mitigan la disponibilidad de hierro para la planta. Por otra parte, Espinosa y Molina (8) y Valencia (26), en investigaciones conducidas en suelos de los trópicos han demostrado que el sobreencalamiento puede deprimir seriamente el rendimiento, al inducir deficiencias de Zn, B, Mn, Fe y Cu.

**Efecto combinado de fósforo y lombrinaza de pulpa de café.** Al aumentar las dosis de lombrinaza en mezcla con el suelo y sin la aplicación de fertilizantes fosfóricos, disminuyó el peso seco de las plantas (Figura 3), comportamiento que se relacionó con la toxicidad generada por la descomposición incompleta del abono orgánico empleado; no obstante, esta toxicidad se mitigó cuando se aplicó DAP. El efecto benéfico de esta fuente permitió obtener, con la mínima proporción de lombrinaza mezclada con suelo y con la máxima dosis del fertilizante químico, promedios de peso seco total mayores a los alcanzados con el tratamiento de suelo sin adición de abono orgánico.



**Figura 3.** Efecto de las fuentes y dosis de P, en combinación con las proporciones de mezcla de lombrinaza con el suelo sobre la biomasa total de las plantas café.

Para el caso del SFT, en la proporción 25:75, no se obtuvieron cambios en el peso de las plantas, lo cual permite concluir que la respuesta a la aplicación de DAP no fue debida al P sino a otra condición generada por esta fuente. Particularmente, en este caso, la acidez residual producida por el DAP pudo haber interrumpido la descomposición de la lombrinaza, al disminuir la acción y desarrollo de bacterias que descomponen el abono orgánico. Blandón (4) identificó que las bacterias Gram Negativas son los principales microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición de la pulpa de café. Fassbender y Bornemisza (9), afirman que en suelos ácidos se limita la acción bacteriana y se favorece la reproducción de los hongos. Angarita (1) demostró que el pH y los contenidos de calcio y fósforo favorecen el desarrollo de bacterias, y comprobó que entre más altos sean estos valores en los sustratos preparados con los compuestos orgánicos, mayor será el número de bacterias y menor el de los hongos.

En la proporción 50:50, a pesar de que con algunas dosis de P, bien sea como SFT o DAP, se registraron incrementos en el peso seco de las plantas, los promedios fueron menores a los tratamientos con las proporciones de lombrinaza:suelo de 0:100 y 25:75. En esta proporción los mayores valores de pH y humedad limitaron el crecimiento de la raíz, y por lo tanto, la disponibilidad y absorción de nutrientes; de esta manera al suministrar el fertilizante, lo convierte en la principal fuente de alimento para la planta, permitiendo el desarrollo de raíces y la supervivencia en este medio adverso.

En la proporción 75:25 (lombrinaza:suelo), las plantas presentaron los promedios más bajos, y murió el 55% de unidades experimentales. Además, en esta proporción la aplicación de P suministrada como SFT o DAP no redujo

los efectos negativos de este AO. Lo anterior se relaciona con las condiciones extremas de humedad y pH, presentes en el sustrato.

Posiblemente la pulpa de café transformada por las lombrices y mediante compostaje durante un mes, no estaba bien descompuesta, debido a que las plantas presentaron síntomas similares a los que Cadena (5) y Arias (2) asociaron a un estado incompleto de descomposición de la pulpa de café. De acuerdo con Cadena (5) “los síntomas consisten en puntos pequeños de color anaranjado. Cuando el número de estos puntos es muy alto se unen y forman lesiones irregulares de color naranja y llegan a formar una especie de manchas que con el tiempo se vuelven necróticas, causando la destrucción del tejido y la caída de las hojas. Cuando los síntomas son más intensos en todo el follaje, las plantas mueren”. En la Figura 4 se aprecian los síntomas de la toxicidad en referencia.

De acuerdo con algunos autores citados por Arias (2), durante la descomposición de la pulpa de café se generan sustancias como cafeína, taninos, ácidos clorogénico y cafeico, las cuales pueden llegar a actuar como inhibidoras de crecimiento y germinación.

**Efecto de las fuentes de AO sobre la humedad gravimétrica.** Para las tres fuentes empleadas, al aumentar la proporción de AO también hubo incrementos en la retención



**Figura 4.** Síntomas de toxicidad en plantas de café, causada por una descomposición incompleta de la pulpa.

de humedad (Figura 5); estos valores fueron mayores en la lombrinaza, comportamiento asociado con el menor drenaje interno de esta fuente. Según Calderón (6) la cascarilla de arroz es un sustrato orgánico que mejora el drenaje y la aireación. Los resultados obtenidos por Erazo y Valencia (1994), citados por Baena y Muñoz (3) sobre el uso de la cascarilla de arroz en cebolla, indican incrementos en la producción conforme al aumento de la cantidad empleada (hasta 40 t), efecto que se asoció al mejoramiento de la aireación en un suelo de textura arcillosa.

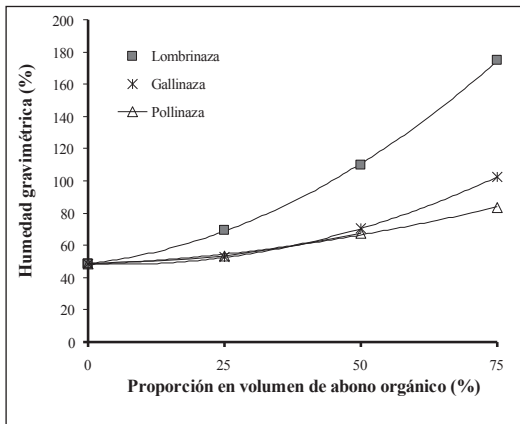
La alta retención de humedad y el menor drenaje en los tratamientos con la mayor proporción de lombrinaza en los periodos lluviosos, ocasionaron condiciones de encharcamiento permanente, que afectaron el crecimiento normal de las plantas.

#### **Efecto de los tratamientos sobre la acidez.**

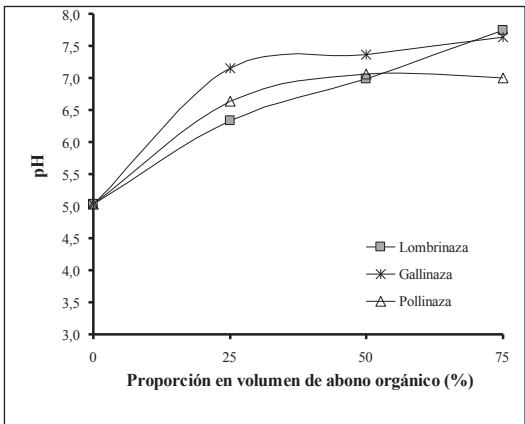
Aunque las tres fuentes de AO presentaban valores de pH en rangos considerados básicos (Tabla 1), al mezclarlas con el suelo tuvieron efectos diferentes sobre la acidez del sustrato obtenido. Con la menor proporción de la mezcla con suelo (25:75), el pH aumentó en más de una unidad (Figura 6); el mayor incremento se observó con la gallinaza (2,1 unidades), seguido por pollinaza (1,6 unidades) y lombrinaza (1,3 unidades). En la proporción 50:50 se obtuvieron aumentos adicionales, sin embargo, y a pesar que la gallinaza presentó un pH de 7,4 su incremento frente a la anterior proporción fue el más bajo (gallinaza 0,2, pollinaza 0,4 y lombrinaza 0,7). En la proporción más alta de abono orgánico (75:25), la gallinaza tuvo un leve incremento (0,2), la pollinaza no exhibió cambios y la lombrinaza registró el mayor aumento (0,7), con un pH similar al obtenido con la gallinaza (7,6).

Al emplear la pollinaza los incrementos en el pH fueron menores en comparación con la gallinaza, resultado que se asoció a la diferencia en la acidez inicial de estos





**Figura 5.** Efecto de gallinaza, pollinaza y lombrinaza sobre la humedad gravimétrica del sustrato AO:Suelo.



**Figura 6.** Efecto de gallinaza, pollinaza y lombrinaza sobre el pH del sustrato AO:Suelo.

materiales orgánicos (Tabla 1). En general, al incrementar la proporción de lombrinaza con respecto al suelo se logró aumentar el pH de la mezcla en forma casi lineal; mientras que las fuentes de origen avícola el mayor incremento se logró con la primera cantidad aplicada.

El efecto de la lombrinaza sobre el pH se atribuyó al volumen empleado en mezcla con el suelo, pues al aumentar la cantidad aplicada disminuyó la acidez. Para la gallinaza y la pollinaza el incremento del pH, además de producirse por el aumento en la proporción de mezcla con suelo, se relacionó con el contenido de la cal de estos materiales, la cual es aplicada en el proceso de desinfección de las camas de las aves.

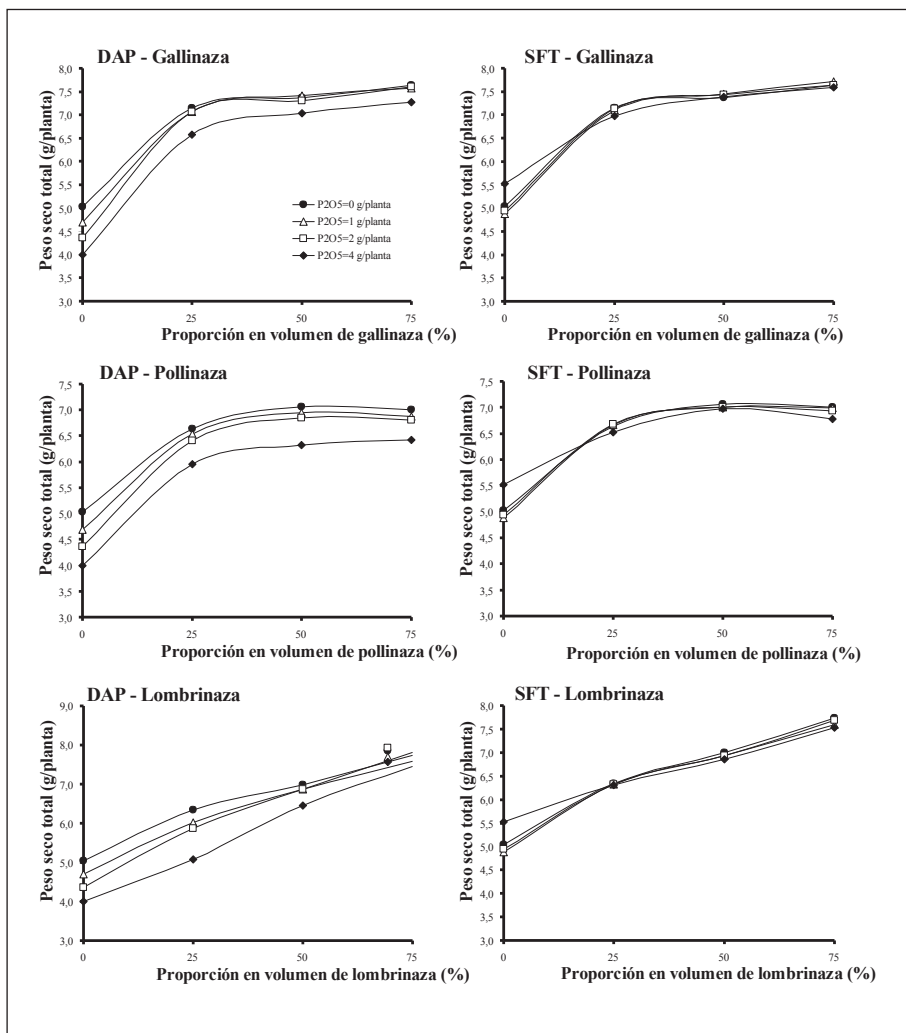
Es importante resaltar que para la reacción de los materiales enclantes es necesario contar con iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la solución del suelo (8). Es por esta razón que en la proporción 25:75 de gallinaza o pollinaza:suelo el aumento por el efecto de la cal fue más notorio, dada una mayor acidez para la reacción del  $CaCO_3$ .

El pH básico en los abonos orgánicos, especialmente en las fuentes de origen avícola, puede convertirse en una limitante para aquellos suelos con valores de pH superiores

al rango adecuado para café (entre 5,0 y 5,5) (26), dado que su adición aumenta aun más el pH y limita el crecimiento de las plantas. En este sentido, para la mayor proporción de abonos orgánicos, el incremento del pH hasta niveles básicos, causó la sintomatología que se conoce como clorosis calcárea, asociada a deficiencias de elementos menores (especialmente de hierro).

Con relación al efecto de la aplicación de P sobre el pH (Figura 7), el SFT no afectó esta variable en las diferentes proporciones de AO; sin embargo, al aplicar este fertilizante en dosis de 4 g de  $P_2O_5$  por planta en el tratamiento sin abono orgánico (solo suelo), se detectó un aumento de 0,5 unidades. Esta reducción de la acidez puede deberse al contenido de Ca de SFT (19% de CaO). Havlin *et al.* (16), afirman que la presencia de Ca, Mg, K y Na en el fertilizante pueden causar o no, un ligero incremento del pH del suelo; así mismo, Castro (1998), asevera que el pH y el nivel de fertilidad del suelo se incrementan con la saturación de bases ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ ).

Cuando se empleó DAP, el pH disminuyó conforme aumentó la dosis. La acidez residual de esta fuente se asocia con su contenido de



**Figura 7.** Variaciones del pH en función de las fuentes y dosis de P en combinación con las proporciones de mezclas de gallinaza, pollinaza y lombrinaza con el suelo.

amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), catión que en el proceso de nitrificación libera  $\text{H}^+$  y disminuye el pH. Al respecto, Guerrero (15) afirma que para neutralizar la acidez generada por la aplicación de 100 g de este fertilizante se necesitan aplicar 64 g de  $\text{CaCO}_3$ . Se resalta el hecho de que en la lombrinaza, por presentar un menor incremento sobre el pH cuando se mezcló con suelo en la proporción 25:75, al aplicar la máxima dosis de DAP la disminución en

el pH fue mayor, con valores similares a las condiciones naturales del suelo (5,0), efecto que ocasionó un incremento del peso seco de las plantas al emplear la lombrinaza.

Respecto a los efectos agronómicos derivados del pH y resultantes de la reacción de los abonos fosfóricos en el suelo, Arias y Cantillo (1983), citados por Guerrero (15), evaluaron en cebada la eficiencia de

los fosfatos de amonio (DAP y MAP) y el SFT, y comprobaron que la acidez residual generada por el DAP y el MAP, contribuyó a aumentar la absorción de P por la planta, con los mayores efectos cuando el pH disminuyó de 5,6 a 5,3. Espinosa y Molina (8), así como Foth y Ellis (11) afirman que en los pH ácidos predomina la forma monovalente ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), la cual es preferida por las plantas. Por último, Guerrero (15) aclara que el efecto diferencial entre los fosfatos de amonio y el SFT disminuye en la medida que el contenido de P en el suelo aumenta.

Los resultados de esta investigación permiten concluir que: i) la respuesta al P en la etapa de café en almácigo depende de su contenido en el suelo. Para el suelo empleado en este trabajo fueron suficientes  $14 \text{ mg.kg}^{-1}$  de P; ii) el aumento de la acidez, generada por la nitrificación del amonio proveniente de DAP, puede afectar negativamente el crecimiento de las raíces, cuando se emplean altas dosis de este fertilizante; iii) la utilización de una mezcla de suelo y abonos orgánicos bien descompuestos como la gallinaza, pollinaza o lombrinaza, en proporción 3:1, favorece el crecimiento de las plantas; iv) la aplicación de P puede no afectar el crecimiento de café en la fase de almácigo, cuando se utiliza en combinación con los abonos orgánicos, comportamiento que se debe al contenido del nutriente en el suelo o en los abonos orgánicos; v) el suministro de DAP puede reducir los efectos negativos de un abono orgánico parcialmente descompuesto.

## LITERATURA CITADA

1. ANGARITA D., M. DEL P. Aislamiento, identificación y evaluación de endomicorizas nativas y otros microorganismos en diferentes sustratos para almácigos de café. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas, 2000. 209 p. (Tesis Microbióloga Agrícola y Veterinaria).
2. ARIAS H., J.J. Caracterización de la pulpa de café en diferentes tiempos de descomposición y su efecto en almácigos de café. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1995. 99 p. (Tesis ingeniero agrónomo).
3. BAENA, D.; MUÑOZ, J.E. El modelo lineal de rango completo. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1994. 170 p.
4. BLANDÓN C., G. Caracterización microbiológica cualitativa de la flora presente en el lombricomposteo. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 142 p.
5. CADENA, G. Diagnostico sobre la pulpa de café. En: Informe anual Julio. Chinchiná, Cenicafé, 1980. p 63-67.
6. CALDERÓN S., F. La cascarilla de arroz "caolinizada": Una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos. [En línea]. Bogotá, 2002. "http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla\_Caolinizada/La\_Cascarilla\_Caolinizada.htm." (Consultado en noviembre 10 de 2006).
7. CASTRO F., H. E. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas; Manual técnico. Bogotá, Produmedios, 1998. 362 p.
8. ESPINOSA, J.; MOLINA E. Acidez y encalado de los suelos. Quito, Instituto de la potasa y el fósforo: INPOFOS, 1999. 42 p.
9. FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José (Costa Rica), IICA, 1987. 420 p.
10. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA-FEDERECAFÉ. COMITÉ DEPARTAMENTAL DE CAFETEROS DE SANTANDER. Plan de Tecnificación de la caficultura y conservación del medio ambiente y seguridad alimentaria en Santander. Bucaramanga (Colombia), Comité de Cafeteros de Santander, 2004. 13 p.
11. FOTH, H.D.; ELLIS, B.G. Soil fertility. Segunda edición. Boca Raton, Lewis Publishers, 1997. 290 p.
12. GÓMEZ G., L.; CABALLERO R., A.; BALDIÓN R., J.V. Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá, FNC, 1991. 131 p.

13. GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES. GIEM, Producción de compost en la industria avícola. Bogotá, FENAVI, 2000. 32 p. (Cuadernos avícolas No. 11).
14. GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES. GIEM. Manejo y evaluación de la porquinaza mediante procesos de compostación. Antioquia, Universidad de Antioquia, Facultad de ciencias Exactas y Naturales, 2003. 40 p. (Cartilla técnica).
15. GUERRERO R., R. Fundamentos Técnicos para la fertilización de cultivos. En: Silva M., F. Fertilidad de suelos; diagnostico y control. Segunda edición. Bogotá (Colombia), Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. p. 247–281.
16. HAVLIN, J. L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management. Sexta edición. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.
17. ICA. Censo Avícola en el Departamento de Santander: 2004. Bucaramanga : ICA, 2004. 3 p.
18. LORA S., R. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas En: Silva M., F. Fertilidad de suelos; diagnostico y control. Segunda edición. Bogotá (Colombia), Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. p. 29–55.
19. MESTRE M., A. Utilización de la pulpa en almácigos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1973. 12 p. (Avances Técnicos N° 28).
20. SADEGHIAN K., S. Calibración de análisis de suelo para N, P, K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. Cenicafé 60(1):7-24. 2009.
21. SALAZAR A., J.N. Respuesta de plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Cenicafé 28(2): 61–66. 1977.
22. SALAZAR A., J.N. La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 2 p. (Avances Técnicos N° 178).
23. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. Utilización de la gallinaza como abono en almácigos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1990. 2 p. (Avances Técnicos N° 148).
24. SALAZAR A., J.N.; MESTRE M., A. El uso de la cenichaza como abono orgánico para almácigos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1991. 2 p. (Avances Técnicos N° 162).
25. SALAZAR A., J.N.; MONTESINO S., J.T. Uso del estiércol de ganado como sustrato en almácigos de café. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 4 p. (Avances Técnicos N° 207).
26. VALENCIA A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Chinchiná, Cenicafé: Agroinsumos del café, 1999. 94 p.