

Efecto de la vinaza sobre el P disponible en la roca fosfórica¹

Effect of the vinaza on the available P in the phosphoric rock

Shirley Fernández¹ y María Belén Turrión²

¹ Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Decanato de Agronomía- Cabudare, Venezuela. Email: sfernandez@ucla.edu.ve

² Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. Departamento de Ciencias Agroforestales. Palencia, España. bturrión@agro.uva.es

RESUMEN

La vinaza es un subproducto líquido del procesamiento de la caña de azúcar, con reacción ácida y un gran contenido de materia orgánica y nutrientes. Con la finalidad de evaluar el efecto de la vinaza (V) sobre el fósforo disponible en la roca fosfórica (RF), se mezcló la RF de Riecito (29,90 % P₂O₅) con V (pH 4,40 y 0,04% P₂O₅) en las proporciones RF/V; 2/1, 1/1, 1/1,5, 1/2 y 1/0, incubándose durante 0, 3, 7, 15 y 30 días, en condiciones de laboratorio. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con arreglo factorial de los tratamientos. En cada tratamiento se determinó: pH, % P₂O₅ total extraído con HCl, % P₂O₅ soluble en agua (hidrosoluble) y en citrato de amonio neutro (CAN), adicionalmente se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) para bacterias y hongos. Los resultados obtenidos muestran un efecto positivo de la mezcla RF y V sobre el P₂O₅ hidrosoluble y soluble en CAN del material fosfatado. La proporción 1/1,5 fue la mezcla con mayor concentración de P₂O₅ disponible (7,04 %; P₂O₅ hidrosoluble + P₂O₅ CAN). El incremento de las UFC para bacterias y hongos, observado después de los 7 días de incubación, posiblemente ocasionó la inmovilización biológica de parte del P₂O₅ disuelto.

Palabras clave: Citrato de amonio, fósforo hidrosoluble, fósforo inmovilizado.

ABSTRACT

The vinasse is a liquid byproduct of the sugarcane processing, with acid reaction and a high content of organic matter and nutrients. With the purpose of evaluating the effect of the vinasse (V) on the available P in the phosphoric rock (RF), the RF of Riecito (29.90 % P₂O₅) was mixed with the V (pH 4.40 and 0.04 % P₂O₅) in the following proportions RF/V 2/1, 1/1, 1/1.5, 1/2 and 1/0. The mixtures were incubated during 0, 3, 7, 15 and 30 days under laboratory conditions. The experimental design was totally randomized with a factorial arrangement of the treatments. In each treatment there were determined pH, total P₂O₅ (%), soluble in water and in ammonium citrate (CAN) and the count of the units that form colonies (UFC) of bacteria and fungi. The obtained results show a positive effect of the mixture RF and V on the P₂O₅ soluble in water and soluble in CAN of the RF. The proportion 1/1.5 was the mixture with the highest concentration of available P₂O₅ (7.04%; P₂O₅ soluble in water + P₂O₅ CAN). The increment of the UFC of bacteria and fungi, observed after 7 days of incubation, possibly caused a biological immobilization of the dissolved P₂O₅.

Key words: Ammonium citrate, soluble in water phosphate, immobilized phosphate

INTRODUCCIÓN

En el suelo, el fósforo es uno de los elementos nutritivos que presenta mayor diversidad de formas químicas, cada una con características específicas. Doling *et al.* (1999) y Zhang *et al.* (2001) señalaron que el fósforo en su forma inorgánica puede encontrarse en la solución del suelo, sin embargo, una porción significativa del total de los iones fosfato es químicamente fijada en la superficie de las arcillas minerales y óxidos de hierro y aluminio. La fijación ocurre por el desplazamiento de una molécula de agua o de iones OH⁻ dejando cargas positivas que pueden retener al ion fosfato. En suelos calcáreos reacciones similares ocurren con concreciones de carbonato de calcio.

Los problemas de fijación que sufre el fósforo en el suelo hace necesario aplicar grandes cantidades de fertilizantes fosfatados de alta solubilidad para cubrir los requerimientos de las plantas y lograr buenos rendimientos. La aplicación de la roca fosfórica como fuente para el suministro de P al suelo surgió como alternativa a los altos precios de los fertilizantes solubles, sin embargo su empleo no se ha difundido por la limitada disponibilidad que presenta. Según, Hammond *et al.* (1986) la disolución de la roca

¹ Recibido: 17-03-09; Aceptado: 29-07-09

fosfórica en la solución del suelo requiere de pH ácido y de bajo contenido de calcio intercambiable y de fósforo en la solución del suelo, lo que limita la aplicación de la roca fosfórica como fertilizante fosfatado solamente a suelos ácidos y con bajo contenido de calcio y fósforo.

Con la finalidad de incrementar la solubilidad de la roca fosfórica y ampliar las condiciones edáficas de uso de la misma se han realizado numerosas investigaciones, en las cuales se somete la roca fosfórica a diferentes tratamientos que permitan romper la estructura cristalina de la misma e incrementar el fósforo asimilable para las plantas.

Para uso directo la roca fosfórica es comercializada en forma micronizada, obteniéndose a través de un proceso de molienda hasta un tamaño de 100 y 200 mallas. Con la disminución de la granulometría se logra una mayor superficie de contacto con el suelo aumentando su solubilidad y por tanto la disponibilidad de fósforo en el sistema radical de la planta. López *et al.* (1990) mencionaron que la eficiencia agronómica de la aplicación directa de la roca fosfórica aumenta con la dosis y la disminución del tamaño de las partículas.

Un tratamiento común y muy efectivo para incrementar sustancialmente la solubilidad de la roca fosfórica es la acidulación total o parcial, generalmente con ácido sulfúrico, tratamiento que encarece notablemente el producto. Kadi *et al.* (1991) observaron que la roca fosfórica de Riecito acidulada al 40 % produjo rendimientos comparables a los obtenidos con el superfosfato triple. Resultados similares fueron mostrados por Pérez *et al.* (1995).

Otro tratamiento utilizado para incrementar la solubilidad de la roca fosfórica es la aplicación de altas temperaturas o calcinación del material, con este tratamiento se rompen los enlaces de la apatita, produciendo fosfatos tricálcicos con mayor contenido de fósforo disponible para las plantas. El proceso de calcinación de la roca fosfórica se realiza a una temperatura de 1400° C por un período de tiempo mínimo de 30 minutos, el producto calcinado debe ser rápidamente enfriado y pulverizado (Bermejo, 1980). Las temperaturas altas rompen la estructura cristalina de la roca fosfórica ocasionando pérdida del flúor y otras impurezas en forma gaseosa, cuando las temperaturas y los períodos de exposición a dichas temperaturas se incrementan, en esa misma medida se incrementan las pérdidas de impurezas y en consecuencia el porcentaje de fósforo total (Fertilizantes MITSUI S.A., 1984 y Malavolta, 1985). La efectividad agronómica de los termo-fosfatos en diferentes cultivos fue comparable a la obtenida con el superfosfato triple (Yost *et al.*, 1982 y Büll *et al.*, 1997).

El compostaje de la roca fosfórica con residuos orgánicos y microorganismos, es otra técnica utilizada con la finalidad de mejorar la eficiencia en el uso de estos materiales. La mineralización de la materia orgánica y los procesos metabólicos de los microorganismos que actúan en ella producen la liberación de ácidos de origen inorgánico y orgánico, los cuales provocan la solubilización de las rocas fosfatadas, ya que los ácidos mencionados suministran H⁺ necesarios para el ataque de los fosfatos altamente insolubles o por la acción quelatante de estos ácidos, lo que permite remover del sistema al Ca⁺² producto de la reacción de disolución de la RF. La posibilidad de que ambos procesos ocurran o que predomine uno sobre otro dependerá del material orgánico y de las características de la RF utilizada (Kucey, 1988; Reyes, 1991 y Rivero *et al.*, 2001). Reyes (1991), Reyes y Gamboa (1991) y Rivero *et al.* (2001) demostraron que la mezcla de la roca fosfórica con diferentes materiales orgánicos (fosfocompost) o la incorporación conjunta de ambos materiales al suelo presenta un efecto positivo sobre el incremento del P disponible.

En este trabajo se planteó como objetivo evaluar, en condiciones de laboratorio, el efecto de la vinaza, residuo líquido y orgánico proveniente de la industria de la caña de azúcar y el alcohol, para incrementar el fósforo disponible de la roca fosfórica, aprovechando el carácter ácido de la vinaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este experimento la roca fosfórica fue incubada en cuatro diferentes proporciones con la vinaza, durante cinco periodos de tiempo. La incubación fue realizada en el laboratorio de Química III del Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) Núcleo Tarabana Cabudare, Estado Lara. Durante el desarrollo del experimento este laboratorio presentó una temperatura mínima de 24 °C y una máxima de 29 °C.

Se utilizó la roca fosfórica (RF) de Riecito del Estado Falcón finamente molida. Para caracterizar la roca se realizaron los siguientes análisis: % P₂O₅ total extraído con HCl, % P₂O₅ CAN extraído con citrato de amonio neutro y % P₂O₅ hidrosoluble extraído con agua. En todos los extractos el P fue medido por el método colorimétrico del complejo amarillo vanadomolibdofosfórico siguiendo los procedimientos

descritos por Carrillo *et al.* (1999) y Carrillo *et al.* (2005). Los datos de % CaO, % MgO y % K₂O fueron tomados de Casanova (1993, Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas de la roca fosfórica de Riecito

	P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ CAN	P ₂ O ₅ hidrosoluble	CaO	MgO	K ₂ O
	----- [%] -----					
Roca fosfórica	29,90	4,20	0	38,30	0,11	0,07

CAN: Citrato de amonio neutro

También se utilizó la vinaza (V) cruda proveniente de la destilería El Ayaman de Barquisimeto Estado Lara. Los Análisis para caracterizar la vinaza fueron realizados en base húmeda, donde se determinó: P por extracción con HCl y lectura por colorimetría del complejo amarillo vanadomolibdofosfórico según la metodología descrita por Carrillo *et al.* (1999); N por Kjeldal; K, Ca y Mg directamente en la muestra diluida en agua hasta obtener valores dentro de la curva de calibración utilizada para cada elemento y lectura por absorción atómica; materia orgánica por digestión húmeda y el pH medido directamente en la muestra original, siguiendo las determinaciones descritas por Gilabert *et al.* (1990) y Perkin- Elmer (1989, Cuadro 2).

Cuadro 2. Características químicas de la vinaza de la destilería El Ayaman, Estado Lara.

	pH	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	N	MO	Humedad
	----- [%] -----							
Vinaza	4,40	0,04	0,08	0,20	1,23	0,20	5,10	90

Valores expresados respecto a materia seca. MO: Materia orgánica total.

El diseño experimental fue un modelo completamente aleatorizado en arreglo de tratamientos factorial con 2 factores: Tiempo de incubación con 5 niveles (0, 3, 7, 15 y 30 días) y proporción RF/V con 4 niveles (2/1, 1/1, 1/1,5 y 1/2), además de un testigo con solamente RF de proporción 1/0. Las mezclas fueron realizadas pesando la roca fosfórica y la vinaza en una balanza analítica de 3 dígitos, según las proporciones indicadas, colocadas en vasos de precipitado de 100 cm³ y tapadas con vidrio de reloj, a cada vaso de precipitado se le agregaron dos gotas de formaldehído para evitar formaciones fungosas y fueron agitadas con varilla de vidrio dos veces al día durante 1 minuto cada vez.

La humedad de las muestras varió de acuerdo al contenido de vinaza de cada tratamiento (Cuadro 3). Para mantener la humedad constante en cada una de las proporciones se realizaron pesadas interdiarias y se agregó agua destilada para reponer la humedad perdida.

Una vez transcurrido el tiempo de incubación correspondiente a cada tratamiento, las muestras fueron secadas en una estufa de ventilación forzada a 40 °C durante 24 horas, agitando periódicamente para mantener la homogeneidad de las mezclas. Posteriormente la temperatura fue elevada a 70 °C hasta peso constante. Una vez secas, las muestras fueron molidas, tamizadas y guardadas en un desecador hasta su análisis. Este procedimiento fue determinado en experimentos preliminares.

El Cuadro 3 muestra el porcentaje de P₂O₅ total promedio para las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza, el cual fue realizado utilizando la metodología del AOAC (1997) modificada por Carrillo *et al.* (1999). Los tratamientos con mayor cantidad de vinaza en las mezclas presentaron el menor porcentaje de P₂O₅ total por efecto de dilución, debido a que la vinaza es un material con baja concentración de P₂O₅ (0,04 %).

Cuadro 3. Valores medios de fósforo total y humedad de las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza.

Proporción RF/V	P ₂ O ₅ total	Humedad
	----- [%] -----	
2/1	28,70 b	30
1/1	27,70 c	45
1/1,5	26,40 d	54
1 /2	25,80 d	60
1/0	29,90 a	0

Valores en la misma columna seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

En las muestras obtenidas de la incubación de la RF/V se determinó la concentración de P₂O₅ soluble en agua y P₂O₅ soluble en CAN, utilizando la metodología del AOAC (1997) modificada por Carrillo *et al.* (2005). También se determinó el pH en cada una de las muestras húmedas antes de ser sometidas al secado en la estufa.

Para verificar el efecto de la actividad microbiana sobre la concentración de fósforo disponible de los diferentes tratamientos RF/V se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias y hongos desarrolladas. Para ello se utilizó el agar nutritivo (AN) como medio de cultivo de bacterias y el agar papa dextrosa (PDA) como medio de cultivo de hongos. El conteo de las UFC para bacterias desarrolladas en cada uno de los tratamientos se realizó por triplicado a las 24 h después de realizar el inóculo en el AN, para los hongos el conteo de las UFC se realizó a los 7 días de realizado el inóculo en el PDA (Madigan *et al.*, 2004).

Para comprobar el efecto del tiempo de incubación en las diferentes proporciones RF/V se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA). En los casos de diferencias significativas entre las proporciones RF/V se aplicó la prueba de media de Tukey $P \leq 0,05$ para cada tiempo de incubación por separado. Para los análisis estadísticos se utilizaron los paquetes *Statistix* versión 8,0 y el *SAS* bajo Windows versión 8,0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración de P₂O₅ hidrosoluble junto con el P₂O₅ soluble en CAN representa en los fertilizantes la fracción de P₂O₅ disponible o asimilable para las plantas. La concentración de P₂O₅ hidrosoluble en todos los tratamientos RF/V y en todos los tiempos de incubación fue sumamente bajo. Los más altos se observaron en los tratamientos con las mayores proporciones de vinaza y los menores en el tratamiento testigo, donde no se aplicó vinaza (Figura 1). La concentración de P₂O₅ hidrosoluble representó menos del 2,5 % del P₂O₅ disponible total en todas las mezclas consideradas.

Cabe destacar que aún cuando todos los tratamientos presentaron valores extremadamente bajos de P₂O₅ hidrosoluble se observaron diferencias estadísticas. En la Figura 1 se observó que los tratamientos con mayor proporción de vinaza (1/2 y 1/1,5) aumentaron significativamente de 3 a 7 días de incubación. En el tratamiento 1/1 la concentración de P₂O₅ hidrosoluble se incrementó al pasar de 0 a 3 días de incubación y luego de 7 a 15 días disminuyendo significativamente en los días posteriores. En el tratamiento 2/1 se presentó un incremento significativo de 3 a 15 días de incubación con una posterior disminución.

En cuanto al P₂O₅ soluble en CAN se observó que todos los tratamientos evaluados fueron superiores al testigo (1/0) en los cuatro primeros periodos de incubación; también se observó que en todas las proporciones R/V ocurrió un incremento significativo al pasar de 3 a 7 días. Los tratamientos 1/2, 1/1,5 y 1/1 disminuyeron significativamente después de los 7 días, mientras que el tratamiento con menos vinaza 2/1 disminuyó luego de los 15 días (Figura 2).

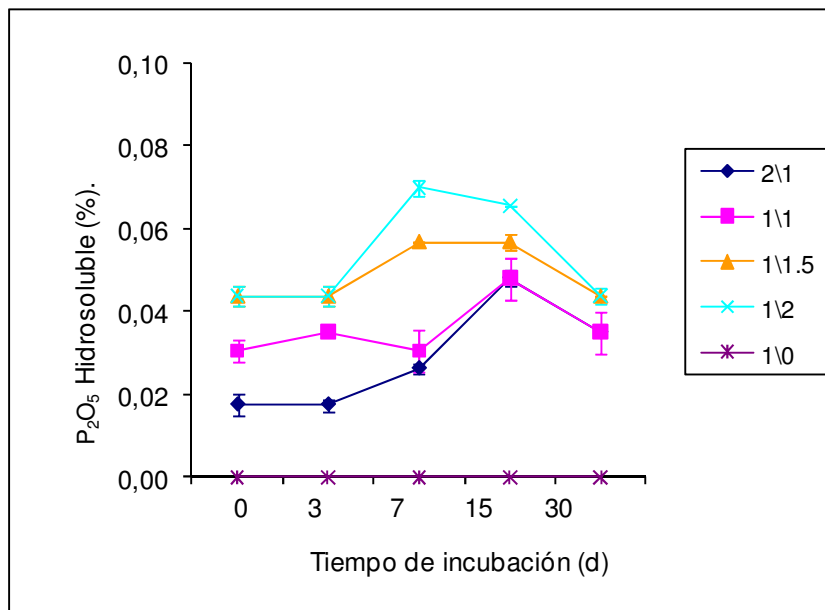


Figura 1. Concentración de P₂O₅ hidrosoluble de las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza incubadas durante 0, 3, 7, 15 y 30 días.

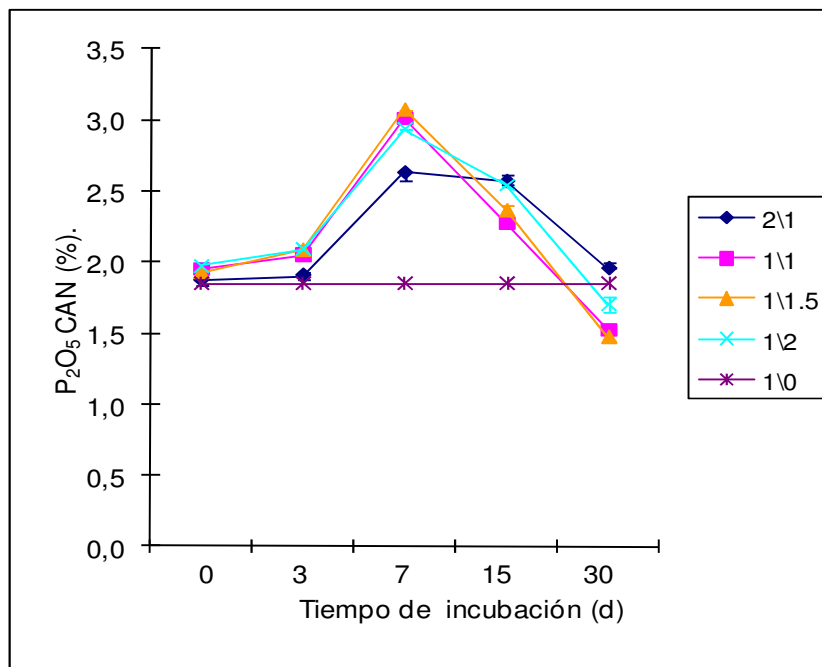


Figura 2. Concentración de P₂O₅ soluble en citrato de amonio neutro (CAN) de las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza incubadas durante 0, 3, 7, 15 y 30 días.

El P₂O₅ disponible fue obtenido por la sumatoria del P₂O₅ hidrosoluble y el P₂O₅ soluble en CAN (Cuadro 4). En los tiempos de incubación de 0, 3 y 7 días la mayor concentración de P₂O₅ disponible se encontró en los tratamientos con las mayores proporciones de vinaza (1/2 y 1/1,5), mientras que en los días posteriores la situación cambio y la mayor concentración fue observada en los tratamientos con menos vinaza (2/1; Cuadro 4).

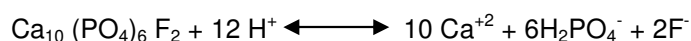
En cuanto al porcentaje de P₂O₅ disponible con respecto al P₂O₅ total se observó que a los 0, 3, 7 y 15 días de incubación en todos los tratamientos donde se aplicó vinaza se incrementó con respecto al testigo (1/0), incrementos que fueron desde 0,76 hasta 12,52 %, resultando los mayores incrementos a los 7 días de incubación y en los tratamientos con mayor proporción de vinaza (1/1,5 y 1/2, Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores medios de concentración de P₂O₅ disponible y porcentaje de P₂O₅ disponible con respecto al total de las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza incubadas durante 0, 3, 7, 15 y 30 días.

Tiempo (días)	RF/V	P ₂ O ₅ disponible (g/100 g fert)	P ₂ O ₅ disponible/ P ₂ O ₅ total (%)
0	2/1	4,28 d	14,92 d
	1/1	4,47 b	16,16 c
	1/1,5	4,41 c	16,67 b
	1 /2	4,52 a	17,53 a
	1/0	4,23 e	14,14 e
3	2/1	4,36 c	15,19 d
	1/1	4,69 b	16,94 c
	1/1,5	4,77 a	18,05 b
	1 /2	4,79 a	18,60 a
	1/0	4,23 d	14,14 e
7	2/1	6,02 d	20,99 d
	1/1	6,89 b	24,89 c
	1/1,5	7,04 a	26,64 a
	1 /2	6,72 c	26,09 b
	1/0	4,23 e	14,14 e
15	2/1	5,88 a	20,49 b
	1/1	5,21 d	18,82 c
	1/1,5	5,41 c	20,47 b
	1 /2	5,82 b	22,59 a
	1/0	4,23 e	14,14 d
30	2/1	4,47 a	15,59 a
	1/1	3,49 d	12,61 d
	1/1,5	3,36 e	12,71 d
	1 /2	3,90 c	15,14 b
	1/0	4,23 b	14,14 c

Valores en la misma columna seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$).

La mezcla de la RF de Riecito con la vinaza aumentó el P₂O₅ disponible, efecto que se incrementó con la cantidad de vinaza utilizada. El carácter ácido de la vinaza proporcionó parte de los iones H⁺ necesarios para la reacción de disolución de la RF (Hammond *et al.*, 1986):



En este sentido, Allen *et al.* (1995) y Hanafi y Leslee (1996) señalaron que los fosfatos cálcicos son atacados por los iones H^+ ocasionando la liberación del $H_2PO_4^-$ y del Ca^{+2} contenidos en este material. En esta ecuación la disolución de la roca fosfórica puede ser favorecida por la remoción de los productos de la disolución, en particular los iones Ca^{+2} y $H_2PO_4^-$, o bien por la suplenencia de protones (H^+).

Al realizar la mezcla de la RF con la vinaza una parte del PO_4^{-3} contenido en ella fue transformado a $H_2PO_4^-$ (soluble en agua) y otra parte mayor a HPO_4^{-2} (soluble en CAN), formas químicas que pueden ser asimiladas por las plantas, proceso que ocurrió gracias al suministro de H^+ realizado por la vinaza y posiblemente también al efecto quelatante de los ácidos orgánicos contenidos en ella.

En el Cuadro 5 se observó que a los 7 días de incubación las unidades formadoras de colonias (UFC) para bacterias y hongos presentaron los más bajos valores por el efecto del formaldehído adicionado a las mezclas; sin embargo, en días posteriores las UFC sufrieron incrementos considerables, los cuales fueron mayores en las muestras con mayor proporción de vinaza, con el transcurso de los días de incubación se perdieron las condiciones de esterilidad iniciales, lo que ocasionó el incremento de las poblaciones de microorganismos que inmovilizaron biológicamente parte del fósforo solubilizado (P_2O_5 hidrosoluble y P_2O_5 soluble en CAN) en la formación de biomasa microbiana, lo que demuestra que los resultados son fuertemente dependientes de las condiciones experimentales.

La relación C/P de los residuos orgánicos puede condicionar la evolución de la descomposición de los restos vegetales, dando lugar a la mineralización o a la inmovilización del P (Cross y Schlesinger, 1995). Estos autores señalaron que en materiales pobres en P hay una mineralización relativamente baja frente a una inmovilización relativamente alta por parte de los microorganismos. Por otra parte, Anderson (1980) establece como nivel crítico para la relación C/P en residuos orgánicos el valor de 200, por debajo del cual predomina el proceso de mineralización y por encima el proceso que predomina es la inmovilización. En este Estudio, la relación C/P de la vinaza adicionada fue de 170 muy cercana a ese valor crítico, lo que sugiere que los microorganismos tenderán a inmovilizar parte del P proveniente de la solubilización del fertilizante, más que a tomarlo de la mineralización del material orgánico; por lo tanto, parte del P liberado (gracias al efecto de la vinaza) pasa a la biomasa microbiana.

Cuadro 5. Unidades formadoras de colonias de bacterias y hongos de las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza incubadas durante 0, 3, 7, 15 y 30 días.

RF/V	0 días		7 días		15 días		30 días	
	Bacterias	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias	Hongos
2/1	23	33	3	3	882	1.759	6.154	-
1/1	15	73	3	3	3.780	1.638	12.915	-
1/1.5	16	256	3	3	3.738	5.712	14.256	-
1/2	924	310	10	46	10.192	7.182	14.647	-

Unidades * 1000, - UFC incontables

En la Figura 3 se observó que el pH en las mezclas RF/V inicial de los tratamientos con vinaza fue mucho menor que el presentado en el tratamiento donde no se aplicó vinaza (1/0). También se observaron incrementos de pH en las mezclas con vinaza (2/1, 1/1, 1/1,5 y 1/2) desde los 0 hasta los 3 días de incubación; posteriormente, el pH disminuyó nuevamente, el tratamiento testigo no mostró cambios.

Los cambios de pH ocurridos en los tratamientos con vinaza durante los primeros días de incubación sugieren la ocurrencia de una reacción entre las formas ácidas más solubles de la vinaza y las formas básicas más reactivas presentes en la RF, principalmente la calcita ($CaCO_3$) de la cual la RF de Riecito posee 7,2 % de su composición mineralógica (Casanova, 1993), esta reacción ocurre hasta el establecimiento de un equilibrio. Casanova (1993) señaló que la RF se caracteriza por su propiedad mejoradora de pH en función de sus contenidos de Ca, pudiendo incrementarlo de 0,4 a 0,6 unidades.

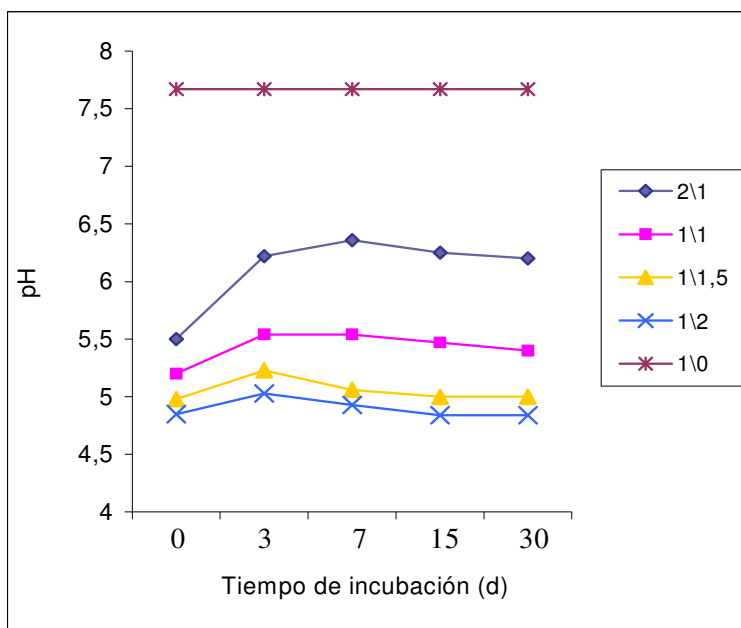


Figura 3. Cambios de pH ocurridos en las diferentes proporciones roca fosfórica/vinaza a los 0, 3, 7, 15 y 30 días de incubación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran un efecto positivo de la mezcla roca fosfórica de Riecito y vinaza sobre el P_2O_5 hidrosoluble y soluble en CAN del material fosfatado. La proporción 1/1,5 fue la mezcla con mayor concentración de P_2O_5 disponible. Después de los 7 días de incubación, el incremento de las poblaciones de bacterias y hongos posiblemente ocasionó la inmovilización biológica de parte del P_2O_5 disuelto. El efecto de la vinaza sobre la roca fosfórica surge como una opción para incrementar la solubilidad de estos materiales fosfatados, además de los posibles beneficios de la vinaza sobre la disponibilidad de otros elementos nutritivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALLEN, E., D. MING, L. HOSSNER y D. HENNINGER.** 1995. Division S-8- nutrient management & soil & plant analysis. Modeling transport kinetics in clinoptilolite - phosphate rock systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 248-255.
- ANDERSON, G.** 1980. Assessing organic phosphorus in soils. In the role of phosphorus agriculture. *Am. Soc. Agron.* Pp 411-432.
- AOAC. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL.** 1997. Official method 963.03. Phosphorus in fertilizers. Chapter 2. 16 ed. Gaithersburg, MD. USA.
- BERMEJO, H.** (1980). Los fertilizantes, su fabricación e importancia agrícola en Venezuela. Editorial Amon, C.A. Caracas, Venezuela. 233 p.
- BÜLL, L., S. LACERDA y J. NAKAGAWA.** 1997. Termofosfatos: Alterações em propriedades química em um latossolo vermelho-escuro e eficiência agrônômica. *Bragantia.* Campinas. 56(1):169-179.
- CARILLO, C., C. ARVELO, M. RUIZ, J. ESCALONA, R. GUTIERREZ, M. NAVAS, L. CASTILLO, S. FERNÁNDEZ, R. NOGUERA, E. ARTEAGA, I. ARRIECHI, T. DIAZ, B. ARRIECHI, y O. GAMBOA,** 2005. Avances en la selección de un método para el análisis de fósforo disponible en fertilizantes. *Memorias del XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo.* Maracay.

- CARILLO, C., C. ARVELO, M. RUIZ, A. SANCHEZ, J. ESCALONA, L. CASTILLO, E. ARTEAGA, L. DURAN, M. TUA, R. GUTIERREZ, O. GAMBOA, M. ZARAGOZA, I. ARRIECHI, T. DIAZ, C. CAÑIZALEZ, B. ARRIECHI, L. SAUME, A. PEREZ, y E. DORTA.** 1999. Selección de un método para análisis de fósforo total en fertilizantes inorgánicos. *Venesuelos*. 7(1 y 2): 33-37.
- CASANOVA, E.** 1993. Las rocas fosfóricas y su uso agroindustrial en Venezuela. *Apuntes técnicos de Palmaven*. 124 p.
- CROSS, A. y W. SCHLESINGER.** 1995. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*. 64:197-214.
- DOLFING, J., W. CHARDON y J. JAPENGA.** 1999. Association between colloidal iron, aluminum, phosphorus, and humic acids. *Soil Science*. 164:171-179.
- FERTILIZANTES MITSUI S.A. YOORIN.** 1984. O adubo fosfatado e correctivo de acidez com micronutrientes. *Seção Técnica Agrícola*. Brasil. 17p.
- GILBERT, J., I. LÓPEZ y R. PÉREZ.** 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP. Serie D. Nº 26. Maracay-Venezuela.
- HANAFI, M. y CH. LESLEE.** 1996. Dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of upland rice soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27 (5-8): 1459-1477.
- HAMMOND, L., S. CHIEM y A. MOKWUNYE.** 1986. Agronomic value of an acidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Advances in Agronomy*. 40:89-139.
- KADI, N., M. SÁNCHEZ, J. HURTADO y R. GONZALEZ.** 1991. Evaluación agronómica de la roca fosfórica parcialmente acidulada. *Revista de la Facultad de Agronomía Maracay*. 17(1-4):449-455.
- KUCEY, R.** 1983. Phosphate –solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Can. J. Soil Sci.* 63:671-678.
- LÓPEZ, A., L. CHACON y M. PAZ.** 1990. Efecto residual a nivel de invernadero de tres rocas fosfóricas del estado Táchira usando maíz como cultivo indicador. Congreso venezolano de las ciencias del suelo (XI). Pp 24 -25.
- MADIGAN, M., J. MARTINKO y J. PARKER.** 2004. *Biología de los microorganismos*. Pearson Prentice Hall (Ed.). 10 ed. 1096 p.
- MALAVOLTA, E.** 1985. *Adubos e adubação fosfatada*. E.S.A Luiz de Queiroz, USP. Piracicaba SP, Brasil. 61p.
- PÉREZ, M., B. TROUNG y J. FARDEAVE.** 1995. Solubilidad y eficiencia Agronómica de algunas rocas fosfóricas Venezolanas (Naturales y Modificadas) mediante el uso de técnicas isotópicas. *Agronomía Tropical* 45 (4): 483-505.
- PERKIN-ELMER.** 1989. *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. The Perkin Elmer Corporation. USA.
- REYES, I. y J. GAMBOA.** 1991. Efecto de la materia orgánica en la solubilización de la roca fosfórica. *Revista de la Facultad de Agronomía Maracay*. 17(1-4):381-395.
- REYES, I.** 1991. Dinámica del fósforo y aislamiento de algunos microorganismos en la mezcla pulpa de café-roca fosfórica. *Rev. Fac. Agron.* 17:397-408.
- RIVERO, C., M. PADRINO, G. TRINCA.** 2001. Efecto de la incorporación de estiércol de bovino y roca fosfórica sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo. *Rev. Fac. Agron.* 27:143-153.
- YOST, R., G. NADERMAN, E. KAMPRATH y E. LOBATO.** 1982. Availability of rock phosphate as measure by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. *Agron. Journal*. 74:462-468.
- ZHANG, M., A. ALVA, Y. LI y D. CALVERT.** 2001. Aluminum and iron fractions affecting phosphorus solubility and reactions in selected sandy soils. *Soil Sci.* 166 (6):374-38.