

## Effect of the paper sludge use on N, P, and K on two soils of agriculture importance at the Valencia lake basin

Yadira Martínez<sup>1</sup> y Carmen Rivero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.

<sup>2</sup>Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.  
ymartine@uc.edu.ve, criver@cantv.net

### Abstract

The residual sludge incorporation in to the soil improves the soil chemical conditions, due to the incorporation of organic matter. The sludge constitutes a potential source of macronutrientes and micronutrientes. In this work it was evaluated, at greenhouse level, the effect of the incorporation of different dose of paper sludge (LP) and the culture presence on the nitrogen, phosphorus and potassium content of two soil of contrasting pH. The soils were incubated in the greenhouse at 70% of the soil field capacity during 28 days and then four plants of corn were sowed by each unit in the cultivated treatments. The plants grew during 5 weeks. Three evaluations were carried out, along the experience, and the nitrogen, phosphorus and potassium contents were determined. The results showed that the paper sludge addition increases the total nitrogen content; nevertheless it causes the decrease of the phosphorus and potassium available levels.

**Key words:** Sludge, nitrogen, phosphorus, potassium.

## Efecto del uso de lodo papelerero sobre el contenido de N, P, K en dos suelos de importancia en la Cuenca del Lago de Valencia

### Resumen

La incorporación de lodos residuales al suelo generalmente se considera inductora de mejoras en las condiciones químicas del mismo, debido a la incorporación de materia orgánica. El lodo constituye una fuente potencial de macronutrientes y micronutrientes. En este trabajo a nivel de invernadero se evaluó el efecto de la incorporación de distintas dosis (15, 75 y 105 Mg/ha) de un lodo papelerero (LP) y la presencia de un cultivo (maíz) sobre el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de dos suelos de pH contrastantes. El suelo se incubó, a 70% de la capacidad de campo, por 28 días y al final de este período se sembró maíz en los tratamientos cultivados. Las plantas crecieron durante 5 semanas. Se realizaron tres evaluaciones, a lo largo de la experiencia. Los resultados mostraron que la adición del lodo incrementa el contenido de nitrógeno total, no obstante ocasiona la disminución de los niveles de fósforo y potasio disponible.

**Palabras clave:** Lodo, nitrógeno, fósforo, potasio

### Introducción

Entre las principales condiciones que determinan la viabilidad de aplicación de lodos a

suelos agrícolas se encuentran los criterios agronómicos, especialmente los vinculados al uso de nutrientes. El contenido medio de nitrógeno en los lodos (entre 3% a 4%, en función de la proce-

dencia del lodo), los convierte en uno de los residuos orgánicos con mayor riqueza en dicho elemento, que pueden utilizarse en la agricultura, de manera que como consecuencia de su mineralización pueden suministrar gran parte del nitrógeno requerido para el crecimiento de los cultivos [1].

El uso agrícola de los lodos contribuye también a aumentar el fósforo asimilable en el suelo, por lo que pueden complementar gran parte de las necesidades del mismo de las plantas, el contenido de este elemento en lodo, está aproximadamente entre un 0,15 y un 0,30 %, valor que lo coloca en una posición intermedia, en cuanto a contenido en fósforo, con respecto al resto de residuos orgánicos empleados en la agricultura. Los lodos son un buen sustituto de la fertilización inorgánica de fósforo y permiten obtener rendimientos superiores gracias a una mayor absorción de fósforo por la planta. Por otra parte, se ha planteado que la adición de lodo puede paliar en cierta medida los problemas de insolubilización del fósforo en algunos suelos [2], debido sobre todo a la progresiva mineralización del fósforo orgánico, que actúa como un fertilizante de liberación lenta, es decir que tendrían un buen efecto residual.

Adicionalmente, los lodos contienen cantidades importantes de otros nutrientes minerales considerados esenciales para las plantas, como son: potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc, por lo que la incorporación de lodos al suelo, incrementa la disponibilidad de estos elementos para los cultivos.

La dosis de lodos a ser incorporada al suelo debe establecerse de acuerdo a las necesidades nutricionales del cultivo, así como a las características del suelo y el lodo [3]. De manera particular debe considerarse el contenido de metales por los riesgos que ocasiona la presencia de los mismos [4, 5] y el pH, debido a que su disminución puede originar pérdidas importantes de nutrientes por lixiviación. Adicionalmente debe tenerse en cuenta las condiciones climáticas, época del año y el régimen del cultivo, ya sea regadío o secano. Atendiendo a distintos criterios se estima que la dosis de lodo a aplicar en el suelo debe fijarse en función de las necesidades de nitrógeno [1] y/o de fósforo [2, 6] de los cultivos, no obstante la presencia de metales pesados, puede en algunos casos limitar la dosis. Cada aplicación debe estar

precedida de un análisis de laboratorio y ensayos bajo condiciones restringidas, lo que requiere la realización de experimentos a pequeña escala y la instrumentación de métodos analíticos adecuados cuyos procedimientos estén previamente estandarizados y normalizados.

Para los lodos papeleros de manera general el contenido de materia orgánica, la baja concentración de metales y contaminantes orgánicos sugiere su uso potencial como acondicionadores del suelo, lo que constituye una opción para el reciclado de estos residuos [7, 8]. La aplicación de los lodos papeleros incrementa el carbono orgánico, aireación, espacio poroso y capacidad de retención de agua de los suelos y reduce el requerimiento de fertilizantes y la aplicación de herbicidas [9]. El uso efectivo como enmienda de suelos depende del suministro adecuado de N, P y K [10].

## Metodología

### Selección de los suelos

La elección de los suelos se realizó con base en la información disponible en el Sistema de información geográfica del Lago de Valencia (SISDELAV), Facultad de Agronomía, UCV. Se escogieron dos suelos agrícolas localizados en el estado Carabobo, suelo Mariara con pH de 5,1 y suelo Guacara con pH de 8,3; ambos representativos de la cuenca del Lago de Valencia, cercanos al sitio de generación de los lodos y con factibilidad para la disposición de dichos residuos.

### Muestreo de los suelos

El muestreo se efectuó en forma de zigzag a la profundidad de 0-20cm. Se tomaron submuestras de cada suelo, en un terreno uniforme en cuanto a pendiente, vegetación, clima, grado de erosión y manejo. Por mezcla de las submuestras se obtuvo una muestra compuesta, la cual se secó en el invernadero a temperatura ambiente, se mezcló, se tamizó a 4mm y se guardó en bolsas plásticas para su uso posterior. Para los análisis químicos del suelo se pasó previamente por un tamiz de 2mm.

### Selección y obtención del lodo

Se utilizó un lodo primario de papelería el cual se seleccionó de acuerdo a: origen, volumen

de producción, ubicación de la empresa generadora de dichos lodos, facilidades en la obtención del mismo, y con el objetivo de mantener la continuidad en investigaciones que se han realizado en el Laboratorio de Fertilidad y Biología de Suelos de la Universidad Central de Venezuela [11-14]. El lodo se obtuvo en la planta de tratamiento de efluentes, directamente de la tolva de descarga de este residuo a los camiones que lo transportan al sitio de disposición. Dadas las normativas de la empresa generadora de este residuo, la muestra de lodo utilizada en la realización de este estudio fue puntual. El lodo se trasladó en bolsas plásticas al invernadero, se secó al aire, se molió, se tamizó a 0,5mm y se guardó en bolsas plásticas para su uso posterior.

### Ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el invernadero de Fertilidad y Biología de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. El experimento contó con 64 unidades experimentales, conformadas por dos suelos, ocho tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento. Los tratamientos para cada suelo (S1 = Mariara y S2 = Guacara) corresponden a: Suelo control (C), Suelo control cultivado (CC), Suelo + 15 Mg/ha, (D1), Suelo + 15 Mg/ha cultivado (D1C), Suelo + 75 Mg/ha, (D2), Suelo + 75 Mg/ha, cultivado (D2C), Suelo + 105 Mg/ha (D3), Suelo + 105 Mg/ha, cultivado, (D3C). Para cada unidad experimental se pesaron 7 kg del suelo de Guacara y 11 kg del suelo de Mariara, los mismos se mezclaron con la dosis de lodo correspondiente con base a peso seco y se colocaron en macetas plásticas de 35 cm de diámetro y 17 cm de profundidad, sin drenaje a los fines de evitar las pérdidas por lixiviación. Las macetas se colocaron en el invernadero en forma aleatorizada. Se humedecieron con agua desionizada hasta alcanzar una humedad correspondiente a un 70% de la capacidad de campo de cada suelo, ésta fue controlada mediante el uso de tensiómetros calibrados previamente. El suelo tratado con el lodo fue primero incubado por 28 días, tiempo recomendado para prevenir los efectos negativos de la degradación inicial del residuo, dado que los efectos se concentran en los primeros 25 días [14, 15]. Finalizado éste primer período de incubación, se fertilizaron todas las macetas. En función de las necesi-

dades del cultivo, de acuerdo al contenido de NPK en el suelo y al aporte de estos elementos con la incorporación de las diferentes dosis de lodo, se determinó que no era necesario la fertilización; no obstante, debido al desconocimiento de la disponibilidad real de estos elementos se decidió utilizar 75% de la fertilización básica para N-P-K (120-60-90) recomendada normalmente para el cultivo de maíz. La dosis utilizada correspondió a 90-45-67,5 kg/ha. Los fertilizantes utilizados fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Dado el alto contenido de potasio en el suelo de Guacara, no se le añadió KCl. Los fertilizantes se añadieron manualmente y se incorporaron inmediatamente. Luego se sembraron cuatro plantas de maíz por cada uno de los tratamientos cultivados. Las plantas crecieron durante 5 semanas, periodo aceptado de manera general como el apropiado para la evaluación en invernadero del cultivo de maíz [16, 17], al cabo de las cuales se efectuó la cosecha. Durante la experiencia se ejecutaron tres muestreos: al final de la incubación previa (28 días), a los dieciséis días después de la germinación (47 días) y al final del experimento después de la cosecha. En las muestras de suelos obtenidas se determinó el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio.

### Determinación del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio

La concentración total de nitrógeno se determinó por el método de Kjeldahl [18]. Para obtener la concentración de fósforo se utilizó el método de Olsen para el suelo de Guacara y el método de Bray para el suelo de Mariara [19]. Se usó un método distinto para cada suelo a los fines de aprovechar su mejor adaptación a las condiciones de alcalinidad y acidez de cada uno. El contenido de potasio disponible, se determinó por emisión en el espectrofotómetro de absorción atómica, en el extracto de Olsen para el suelo de Guacara y en el extracto de Bray en el suelo de Mariara [19].

### Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 11. El análisis se realizó por suelo debido a que las características intrínsecas de los mismos pueden generar respuestas diferentes a la aplicación del lodo. Esta decisión se corroboró con el análisis de va-

rianza el cual indicó que todas las variables analizadas son dependientes del tipo de suelo. Se realizaron las pruebas de normalidad de Wilk-Shapiro para las variables evaluadas. El efecto de cada factor de tratamiento fue evaluado mediante el uso de análisis de varianza. Se aplicó la prueba múltiple de Tukey-Kramer con un nivel de alfa de 0,05 para comparar las diferencias entre las medias.

## Resultados y Discusión

### Caracterización de los suelos y el lodo

Los suelos contrastan en el valor del pH, el suelo Mariara corresponde a un suelo moderadamente ácido y el Guacara a un suelo moderadamente alcalino. Estos suelos presentan otras diferencias marcadas entre ellos (MO, CE, CIC, contenido de Ca, Na y Mg), las cuales hacen presumir un comportamiento diferente (Tabla 1).

El lodo se considera que posee un contenido medio de fósforo, nitrógeno y calcio, bajo de potasio, sodio y magnesio y un contenido entre medio y bajo de carbono de acuerdo rangos establecidos para los principales constituyentes de estos residuos [20]. Con respecto al pH, el lodo es alcalino.

### Nitrógeno total

La concentración de nitrógeno total (NT) en ambos suelos, fue afectada por la dosis de lodo añadida (Tabla 2). No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con cultivo y sin cultivo, ni con respecto al tiempo de muestreo. Para el suelo Mariara se forman dos grupos, debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el control y el suelo con dosis de lodo de 15 Mg.ha<sup>-1</sup>, ni entre los tratamientos con dosis de lodo equivalente a 75 (D2 y D2C) y 105 (D3 y D3C) Mg.ha<sup>-1</sup>. Para el suelo Guacara, el NT se incrementó con la dosis de lodo añadida, con diferencias estadísticamente significativas entre el suelo control y el suelo con las distintas dosis. No obstante no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con y sin cultivo con igual dosis de lodo. Los resultados obtenidos, para ambos suelos, concuerdan con el incremento esperado por el aporte de nitrógeno con las distintas dosis de lodo y fertilizante.

### Fósforo disponible

El contenido de fósforo disponible (P<sub>D</sub>) en los suelos dependió de la interacción Dosis x Cul-

Tabla 1  
Caracterización de los suelos y lodo

Características	Suelo Mariara	Suelo Guacara	Lodo
pH 1:2,5 en H <sub>2</sub> O	5,17	8,31	8,47*
CO (g.kg <sup>-1</sup> )	8,64 <sup>B</sup>	15,42 <sup>M</sup>	250,23
P (mg.kg <sup>-1</sup> )	33 <sup>M</sup>	22 <sup>M</sup>	3400
N (g.kg <sup>-1</sup> )	0,30	0,80	5,1
Relación C:N	22,75	20,04	49,06
K (mg.kg <sup>-1</sup> )	28 <sup>B</sup>	104 <sup>A</sup>	200
C.E.(dS.m <sup>-1</sup> )1:2,5 en H <sub>2</sub> O	0,070 <sup>B</sup>	2,380 <sup>A</sup>	0,860*
CIC (cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup> )	1,6	13,5	
Ca (mg.kg <sup>-1</sup> )	124 <sup>B</sup>	7656 <sup>MA</sup>	30700
Na (mg.kg <sup>-1</sup> )	16 <sup>B</sup>	512 <sup>MA</sup>	700
Mg (mg.kg <sup>-1</sup> )	30 <sup>B</sup>	616 <sup>MA</sup>	120

\*1:10 en agua.

Las letras al lado de los valores corresponden a los niveles de interpretación (MA= Muy alto, A= Alto, M= Medio y B= Bajo) en el Laboratorio General de suelos del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Tabla 2  
Niveles de nitrógeno total  
de los tratamientos ( $\text{g.kg}^{-1}$ )

Tratamiento	Suelo Mariara	Suelo Guacara
C	0,48 <sup>b*</sup>	1,68 <sup>c</sup>
CC	0,52 <sup>b</sup>	1,54 <sup>c</sup>
D1	0,50 <sup>b</sup>	1,71 <sup>b</sup>
D1C	0,53 <sup>b</sup>	1,68 <sup>b</sup>
D2	0,60 <sup>a</sup>	1,77 <sup>ab</sup>
D2C	0,54 <sup>a</sup>	1,73 <sup>ab</sup>
D3	0,65 <sup>a</sup>	1,82 <sup>a</sup>
D3C	0,54 <sup>a</sup>	1,74 <sup>ab</sup>

\* En cada suelo, medias con igual letra no son estadísticamente diferentes.

tivo  $\times$  Tiempo. Para el suelo Mariara (Figura 1), en general, el  $P_D$  disminuyó con la dosis de lodo aplicada. En el primer muestreo (28 días) no se obtu-

vieron diferencias entre los tratamientos con y sin cultivo, debido a que en esta fecha aún no se había realizado la siembra.

A los 47 días (segundo muestreo) se observó un incremento debido tal vez por la adición de fertilizante, presentando diferencias significativas en relación con el primer muestreo. En los tratamientos no cultivados no existen diferencias significativas entre los muestreos realizados a los 47 y 66 días. Para el suelo control y con dosis de lodo equivalente a  $15 \text{ Mg.ha}^{-1}$  entre el muestreo a los 47 y 66 días, se evidencia un descenso significativo, atribuible a la absorción de este elemento por el cultivo. Para este suelo con dosis de lodo equivalente a 75 y  $105 \text{ Mg.ha}^{-1}$  no hubo diferencias significativas en el contenido de este elemento entre estos muestreos (Figura 1).

Los resultados obtenidos para el suelo Guacara (Figura 2) muestran que el  $P_D$  depende significativamente de la dosis de lodo incorporada al suelo. La adición de una dosis equivalente a

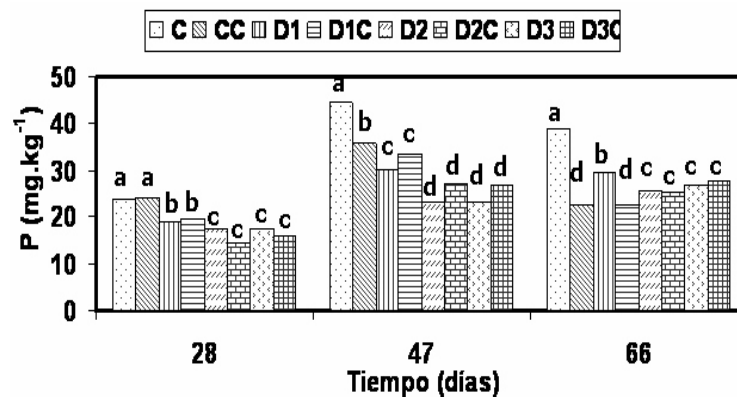


Figura 1. Niveles de fósforo disponible de los tratamientos del suelo Mariara.

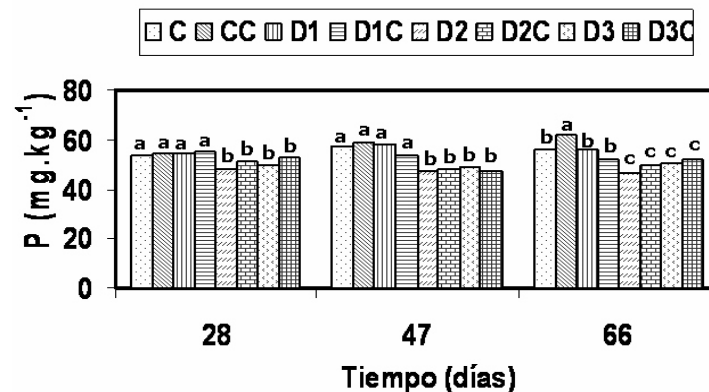


Figura 2. Niveles de fósforo disponible de los tratamientos del suelo Guacara.



15 Mg.ha<sup>-1</sup> (D1 y D1C) no produjo cambios significativos. No obstante, la adición de mayores dosis 75 (D2 y D2C) y 105 Mg.ha<sup>-1</sup> (D3 y D3C) ocasionó la disminución de P<sub>D</sub> en comparación con el control. Estos resultados estarían relacionados con la presencia en el suelo y en el lodo de una concentración elevada de calcio, que se ha demostrado limita el efecto de la incorporación del fósforo aportado con el lodo al fijarlo, en forma de complejos [21, 22].

En este suelo no hubo cambios significativos con respecto al tiempo y al uso del mismo. A medida que el cultivo absorbe este elemento, se produjo un equilibrio que mantiene el contenido de P<sub>D</sub> sin variación, lo cual podría ser consecuencia de la solubilización de formas inmovilizadas y la mineralización de las orgánicas, que mantendrían un incremento del P<sub>D</sub> a pesar de la absorción de este elemento por el cultivo.

Para ambos suelos el incremento de la dosis de lodo disminuye la cantidad de P<sub>D</sub>, lo que podría asociarse, como se indicó a la precipitación de este elemento con el Ca presente en el lodo, por la formación de compuestos de fosfato de calcio insolubles, especialmente en el suelo Guacara [23].

### Potasio disponible

De acuerdo a los resultados obtenidos para cada suelo, se observó que el contenido de potasio disponible (K<sub>D</sub>) depende de la interacción Dosis × Cultivo × Tiempo.

Para el suelo Mariara (Figura 3), a los 28 días, no reflejó diferencias significativas entre los tratamientos; esto puede relacionarse, quizás, a

que el potasio presente en el lodo no se encuentra disponible durante este periodo. A los 47 días los tratamientos C y D1 mostraron incremento significativo de K<sub>D</sub>, los tratamientos CC y D1C, presentaron igual comportamiento al disminuir significativamente K<sub>D</sub> a los 66 días, probablemente por el efecto de absorción de este elemento por el cultivo. Para el suelo con dosis equivalente a 75 y 105 Mg.ha<sup>-1</sup> el incremento a los 47 días fue significativamente menor al experimentado en el control. Adicionalmente a los 66 días para estos tratamientos, no hubo diferencias significativas con el uso de suelo (con cultivo y sin cultivo). Como hipótesis explicativa de este comportamiento se plantea la inhibición de la absorción de este elemento por las plantas, lo cual parece confirmarse con el menor contenido de este elemento detectado en el tejido del cultivo desarrollado (valores no mostrados) en los mismos.

Al igual que para el suelo Mariara la aplicación de las distintas dosis de lodos al suelo Guacara no produjo cambios significativos en K<sub>D</sub> a los 28 días; lo cual confirma que el potasio asociado al lodo no se encuentra de manera disponible. Independientemente de la dosis de lodo incorporada al suelo y del uso del mismo el contenido de K<sub>D</sub> disminuye a lo largo de los muestreos (Figura 4).

En el muestreo a los 66 días, el menor K<sub>D</sub> lo presentó el tratamiento D1C, este suelo mostró la mayor diferencia al compararlo con el tratamiento D1. Esto concuerda con los resultados obtenidos en el cultivo en este tratamiento, al poseer el mayor contenido de potasio en el tejido. Los tratamientos D2, D2C, D3 y D3C presentan un K<sub>D</sub> mayor al del control. No existen diferencias signi-

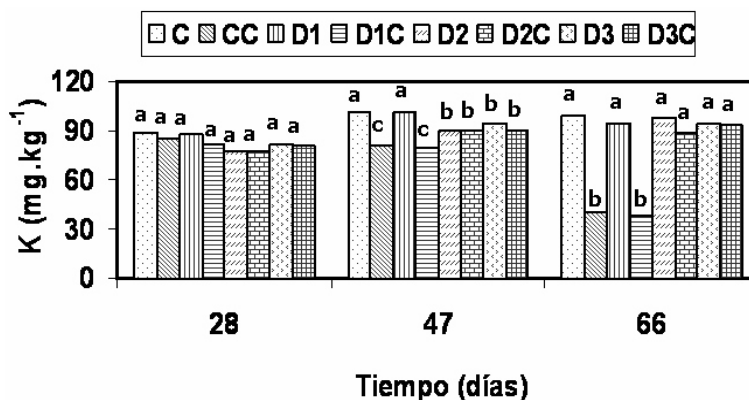


Figura 3. Niveles de potasio disponible de los tratamientos del suelo Mariara.

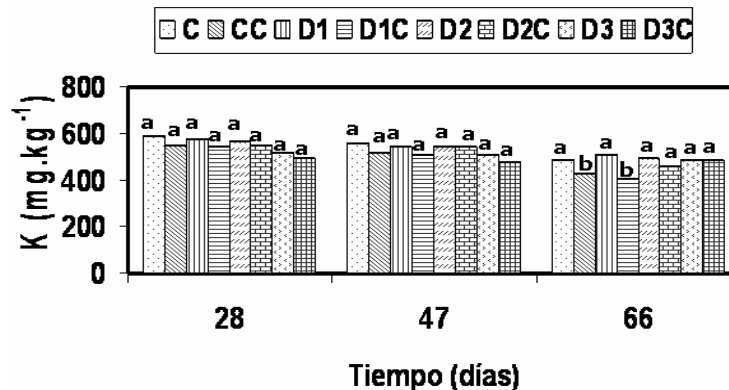


Figura 4. Niveles de potasio disponible de los tratamientos del suelo Guacara.

ficativas entre estos tratamientos, lo que puede asociarse a las mismas razones expuestas para el suelo Mariara.

### Conclusiones

La concentración de nitrógeno total (NT) en ambos suelos, tiende al incremento con el aumento de la dosis de lodo añadida. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con cultivo y sin cultivo, ni con respecto al tiempo de muestreo.

El contenido de fósforo disponible ( $P_D$ ) y el contenido de potasio disponible ( $K_D$ ) en los suelos dependió de la interacción Dosis  $\times$  Cultivo  $\times$  Tiempo. Para ambos suelos el incremento de la dosis de lodo disminuye la cantidad de  $P_D$ . El potasio asociado al lodo no se encuentra de manera disponible. Independientemente de la dosis de lodo incorporada al suelo y del uso del mismo el contenido de  $K_D$  disminuye a lo largo del tiempo.

### Agradecimiento

Las Autoras expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo CDCH-UC por la ayuda menor otorgada, la cual permitió sufragar parte de los gastos involucrados en esta investigación.

### Referencias Bibliográficas

1. Ricote M., Martínez J. L., García F., Morenilla J. y Bernacer I. "Aplicación de biosólido como

fertilizante orgánico". Ingeniería Química, junio (1998). 181-185.

2. Ayuso M., Hernández T., García C. y Costa F. "Utilización de un lodo aerobio como sustituto de fertilizantes fosforados inorgánicos". Suelo y Planta Vol. 2 (1992) 271-280.
3. Sommers L. E. "Chemical composition of sewage sludges and analysis of their potential use as fertilizers". J. Environ. Qual., Vol.6, No 2 (1977). 225- 231.
4. Hue, N. V. y A. R. Subasinghe. "Sewage sludges in Hawaii: Chemical composition and reactions with soils and plants". Water, air, and soil pollution 72 (1994) 265-283.
5. Muhammad T. y J. Stephen. "Differences in Phosphorus Retention and Release in Soils Amended with Animal Manures and Sewage Sludge". Soil Sci. Soc. Am. J. 68 (2004)1421-1428.
6. Bevacqua, R. y V. Mellano. Cumulative effects of sludge compost on crop yields and soil properties". Commun. Soil. Sci. Plant anal. 25 (3&4) (1994) 395-406.
7. Carpenter, A y I. Fernández. "Pulp sludge as a component in manufactured topsoil". J. Environ.Qual. 29 (2000) 387-397.
8. Bellamy, K.; C. Chong y R. Cline. 1995. "Paper sludge utilization in agriculture and container nursery culture. J. Environ". Qual. 24 (1995)1074-1082.
9. Jackson, M., M. Line, S. Wilson y S. Hetherington. " Application of composted pulp and paper mill sludge to a young pine plantation. J. Environ". Qual. 29 (2000)407-414.

10. Norrie J. y A. "Gosselin. Paper sludge amendments for turfgrass" *Hortscience* 31 (6), octubre (1996) 957-960
11. Anzola F. y Rivero C. "Efecto de la incorporación de lodo de cervecería sobre la fracción hidrosoluble de metales pesados en suelos". *Venezuelos* Vol. 5. (1y 2) (1997) 45-48.
12. Anzola F. y Rivero C. "Efecto de la incorporación de lodo de cervecería sobre la dinámica de metales pesados asociados a la materia orgánica". *Venezuelos* Vol. 5. (1y 2) (1997) 49-52.
13. Anzola F. y Rivero C. "Efecto de la incorporación de lodos industriales sobre la dinámica de la fracción hidrosoluble de Cd, Pb, Ni: II. Caso de un suelo oxisol venezolano". *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* Vol. 29. (3) (2003) 223-242.
14. García A. "Evaluación del impacto del uso de lodo papelerero en las propiedades biológicas del suelo". Tesis de Maestría. UCV. FAGRO. Maracay, (2002).
15. Rivero C. "Materia orgánica del suelo". Alcance 57. *Revista Facultad de Agronomía*. (Maracay). UCV, (1999).
16. Delgado, R. y E. Cabrera de Bisbal. "Evaluación de la capacidad de suministro de nitrógeno en diferentes suelos de Venezuela" *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol 15 (1998) 401-41.3
17. López de R. I., L. Nieves, E. Elizalde, y W. Avilán. "Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización potásica en suelos ácidos en función de algunas propiedades que afectan su disponibilidad". *Agronomía Trop.* (48) 4 (1998) 515-539.
18. Anderson J.M. y Ingram J. S. "Tropical soil biology and fertility". A handbook of methods. C.A.B Internacional, segunda edición. UK. 1993.
19. Gilabert J., López I. y Pérez R. "Manual de métodos y procedimientos de referencia". *fo-naIAP*. Serie D No 26, 1990.
20. Clapp C. E., Stark S.A., Clay D. E. y Larson W.E. "Sewage sludge organic matter and soil properties". Chen, Y. y Y. Avnimelech (Eds.), *The Role of organic Matter in Modern Agriculture*. Martinus Nijhoff, Dordrecht Publishers, (1986), 209-253.
21. Navas A., Bermúdez F. y Machín J. "Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsol". *Geoderma*, 87(1997) 123-135.
22. Bohn H. L., McNeal B. L. y O'Connor G. A.. "Química del suelo". Editorial Limusa, S.A. México. 370p, 1993.
23. Van Riemsdijk W. H., Beek J. y De Hann F. A. M. "Phosphates in soils treated with sewage water: IV. Bonding of phosphate from sewage water in sand columns containing aluminum hydroxide". *J. Environ. Qual.* (8) 2 (1979) 207-210.

Recibido el  
En forma revisada el