



Considerando la importancia que tiene el estudio de la dinámica del fósforo en suelos caracterizados por presentar abundantes compuestos de hierro, es que procedimos a realizar el presente trabajo con los objetivos siguientes:

- Comparar la dinámica de solubilización de una fuente inorgánica de fósforo (PO₄)₃ en suelos con poca disponibilidad de este elemento: dos suelos ferríticos (Moa y Mayarí) y un suelo del tipo ferrítico Amarillento (Yaguaramas).
- Estudiar la relación que se establece entre la actividad de la microflora del suelo y el proceso de solubilización de una fuente inorgánica de fósforo en las condiciones del experimento.
- Establecer la influencia de la vegetación sobre la actividad de solubilización del fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron suelos rojos procedentes de tres localidades y en cada una de ellas se tomaron muestras de suelo bajo diferentes tipos de vegetación.

Solubilización de una fuente inorgánica de fósforo en tres suelos rojos de Cuba

Odalys Mercado y María E. Rodríguez
 Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba

RESUMEN

Se determinó la dinámica y capacidad de solubilización de una fuente inorgánica de fósforo en tres suelos rojos: Yaguaramas, Moa y Mayarí, comparando la influencia de la vegetación en la actividad solubilizadora de la microflora y su relación con las características del suelo.

ABSTRACT

The dynamics of phosphorus solubilizing capacity in three red soils from Yaguaramas, Moa and Mayarí, was determined. The influence of vegetation and soil characteristics on soil microbial activity was observed.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad del fósforo es importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, es por eso que el estudio de la dinámica de este elemento juega un papel esencial en el conocimiento y dirección de la fertilidad del suelo (Rodríguez et al., 1981).

La materia orgánica del suelo constituye una reserva de fósforo y funciona como un mejorador de la disponibilidad de los fosfatos en el suelo (Ruiz y López-Hernández, 1977); también se conoce que el contenido de hierro es el factor que más se ha relacionado con la adsorción de fosfatos

(López-Hernández, 1977), lo que hace poco disponible a este elemento para las plantas.

En el proceso de solubilización del fósforo, los microorganismos del suelo desempeñan un papel fundamental.

Considerando la importancia que tiene el estudio de la dinámica del fósforo en suelos caracterizados por presentar abundantes compuestos de hierro, es que procedimos a realizar el presente trabajo con los objetivos siguientes:

- Comparar la dinámica de solubilización de una fuente inorgánica de fósforo $(PO_4)_2Ca_3$ en suelos con poca disponibilidad de este elemento: dos suelos Ferríticos (Moa y Mayarí) y un suelo del tipo Ferralítico Amarillento lixiviado (Yaguaramas).

- Estudiar la relación que se establece entre la actividad de la microflora del suelo y el proceso de solubilización de una fuente inorgánica de fósforo en las condiciones del experimento.

- Establecer la influencia de la vegetación sobre la actividad de solubilización del fósforo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron suelos rojos procedentes de tres localidades y en cada una de ellas se tomaron muestras de suelo bajo diferentes tipos de vegetación.

Yaguaramas: suelo del tipo Ferralítico Amarillento lixiviado, el cual se caracteriza por una alteración intensa de los minerales, con formación de minerales arcillosos y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio; se desarrolla especialmente a partir de rocas calizas duras y esquistos (Instituto de Suelos, 1979).

Esta localidad es una sabana de suelo mocarrero con palma Sabal, típicamente abierta con vegetación semixerofítica.

Se escogieron suelos de dos áreas para realizar el experimento (descritas por Rodríguez et al., 1981).

- Área de sabana: se presenta la asociación *Polygalo omisae - Rhynchosporetum diadonis* (Balátová y Surli, 1983), la cual se encuentra en forma de pequeños colchones, rastrera, donde se destacan los perdigones del suelo mocarrero; con cobertura del estrato herbáceo de 40 a 75 %.

- Área de bosque: suelo bajo vegetación arbórea, de bosque secundario, con algunas palmas y arbolitos no mayores de 5 metros.

Moa: suelo del tipo Ferrítico Púrpura, situado dentro de la región más extensa de suelos Ferríticos de la Isla, sobre macizos de rocas ultrabásicas serpentinizadas. Estos suelos se han descrito como suelos con una alteración casi completa de los minerales primarios y un elevado contenido de sesquióxidos de hierro (Instituto de Suelos, 1975). Representan en Cuba los perfiles que han sufrido un intemperismo más intenso y un mayor grado de evolución en las distintas etapas de su desarrollo (Instituto de Suelos, 1973).

Se escogió suelo de las áreas (descritas por Rodríguez et al., en prensa, a) para realizar el experimento:

- Área de pinar: área constituida por un pinar degradado de *Pinus cubensis*, la cual se caracteriza por presentar un bosque arbustoso con pinos diseminados de seis a siete metros de alto y arbustos de cuatro a cinco metros, con una cobertura mayor del 15 %.

- Area de escombreras: zona remanente de laboreo minero donde se observó la implantación de algunos pinos y hierbas (Ciperáceas y Gramíneas) como parte de una sucesión que comienza a aflorar después de casi 20 años.

Mayarí: suelo Ferrítico caracterizado como un suelo profundo, de baja fertilidad, de buen drenaje interno y gran percolación del agua, muy friable. Presenta gran cantidad de coloides, pero formados por óxidos de hierro (Cárdenas et al., 1978 y González et al., 1980). Las muestras se tomaron en el Plan de Recultivación de Ocujaí, en las áreas descritas por Rodríguez et al., en prensa, b.

- Area de plantación de casuarina: en una plantación de *Casuarina equisetifolia* Forst, de tres años, el terreno fue preparado en terrazas con una capa de escombreras remanentes de aproximadamente 20 cm .

- Area de plantación de pinos: área constituida por *Pinus cubensis* de tres años, la cual no tenía hojarasca acumulada porque se había realizado recientemente una limpieza y quema de la misma como control fitosanitario.

Area de bosque: bosque natural remanente a donde no llegó la minería por encontrarse en una pequeña cañada.

PARTE EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en condiciones de laboratorio, a 25 °C de temperatura. Se inoculó 1 g de suelo en erlenmeyers de 250 mL, conteniendo 100 mL de medio Pikorskaya con 0,5 g de $(PO_4)_2Ca_3$. Se incubó a igual temperatura y se tomaron muestras a los 0, 1, 2, 3, 5, 7, 9 y 11 días de incubación para medir la cantidad de fósforo solubilizado. El fósforo se determinó colorimétricamente según Jackson (1970). Se usaron 3 réplicas por cada área y 3 réplicas con medio más fosfato como control.

Se realizaron dos siembras de todas las réplicas, a los dos y siete días de incubación, realizándose el conteo de la microflora mediante la técnica de dilución en placas en los medios de cultivo: agar nutriente (para el conteo total) y Ramos Callao (para el conteo de los solubilizadores de fósforo).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra la dinámica de solubilización de la fuente de fósforo inorgánica en el suelo de las áreas de sabana y bosque en la localidad de Yaguaramas; en la misma se observa una etapa inicial, en ambas áreas, donde no se manifiesta la actividad de solubilización. El valor inicial de fósforo (tiempo cero) es el que aporta el suelo al medio sin la actuación de la microflora.

En el área de bosque, a partir de las 24 horas de iniciado el experimento, comenzó a observarse un incremento de la solubilización, el que se manifestó hasta el quinto día, a partir del cual hubo un descenso en los valores de fósforo solubilizado. Un comportamiento similar se muestra en el área de sabana, sin embargo, la solubilización comenzó a observarse a partir de las 48 horas y el incremento, aunque menor que en el bosque, se mantuvo hasta el séptimo día del experimento, luego del cual también disminuyeron los niveles de fósforo soluble. Probablemente, la solubilización real haya sido mayor pero el hierro que contiene el suelo limita esta hasta que la actividad de la microflora permite solubilizar la cantidad suficiente para que el fósforo en solución quede en exceso y se pueda detectar. El comportamiento observado en esta figura se corresponde con una típica curva de crecimiento. El valor máximo de fósforo solubilizado fue de 0,96 ppm/mL para el área de bosque y de 0,71 ppm/mL para la sabana.

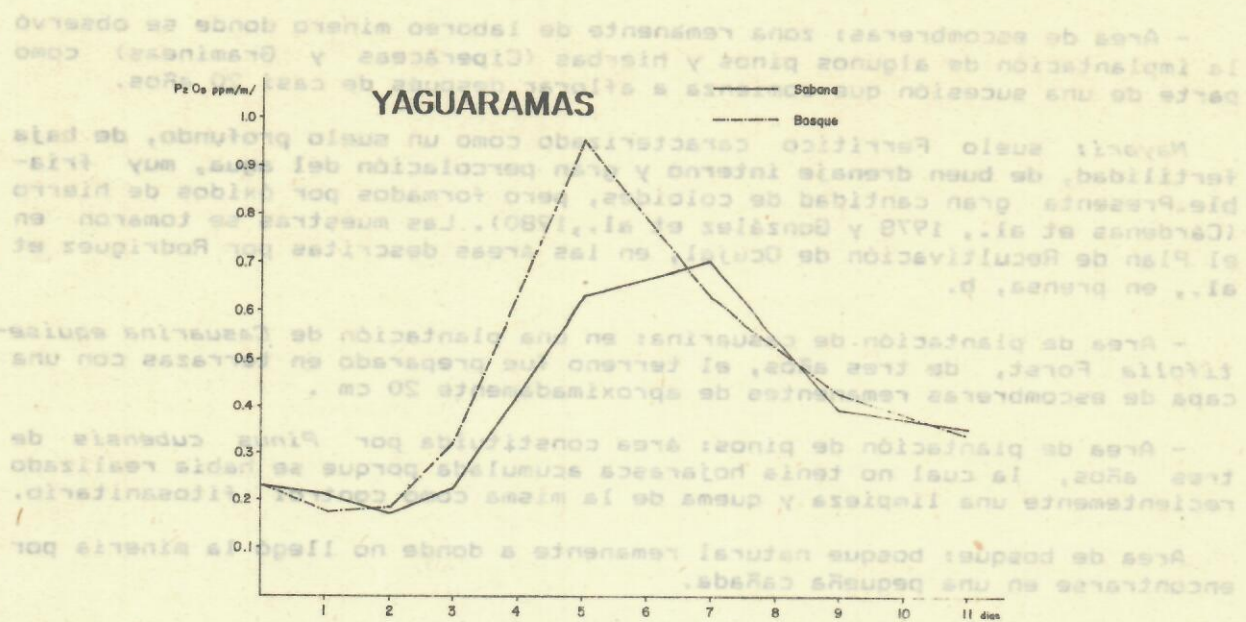


Figura 1. Dinámica de solubilización de P₂O₅ (ppm/mL) en dos áreas de la localidad de Yaguaramas.

En la figura 2 se observa un incremento en el número de la microflora total y solubilizadora entre los dos y siete días de incubación en los suelos estudiados, lo cual se corresponde con lo observado en la figura anterior. En los dos conteos se observó que la relación entre los solubilizadores de fósforo y la microflora total fue menor en el bosque (0,82 %) que en la sabana (3,2 %). En la sabana el contenido de materia orgánica y de fósforo disponible en el suelo son menores (Rodríguez et al., 1981). En estas áreas parece existir una compensación entre el número y la actividad de los solubilizadores, pues se obtuvo una mayor solubilización en el suelo de bosque en el cual había un número menor de microorganismos solubilizadores, por lo que se puede deducir que estos son más activos, o que la actividad de la microflora en general y el mayor aporte de materia orgánica influyeron en ello.

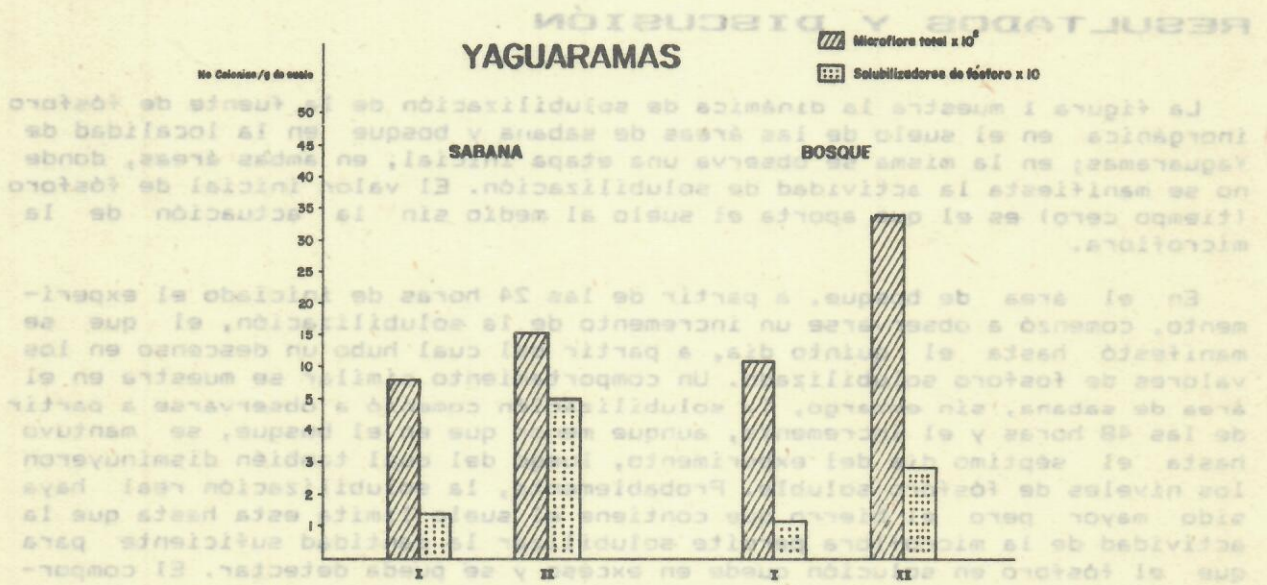


Figura 2. Conteo de la microflora total y solubilizadora de fósforo (No. colonias/g de suelo) en dos áreas de la localidad de Yaguaramas. I. Siembra realizada a los dos días de incubación. II. Siembra realizada a los siete días de incubación.

En la figura 3 se expone la dinámica de solubilización del fósforo en las áreas de pinar y escombreras en las muestras de la localidad de Moa. En la misma se puede observar que el valor inicial de fósforo fue mayor en las escombreras lo cual se debe a que estas contienen parte del material subyacente, limonita, con más contenido de fósforo (Rodríguez et al., en prensa, a). También se observó una disminución de la solubilización en ambas áreas a pesar de que la figura 4 muestra un aumento en el número de la microflora y de los solubilizadores entre los dos y siete días de incubación. En general, la actividad solubilizadora fue muy pobre en las dos áreas, obteniéndose que en las escombreras el fósforo en solución fue nulo a los nueve días de iniciado el experimento. Al parecer, la adsorción de fosfatos en estos suelos de elevado contenido de óxidos e hidróxidos de hierro sustrae de la solución el fósforo liberado por la microflora. Así el comportamiento observado se debe a la inmovilización del fósforo por la gran cantidad de hierro libre presente en estos suelos, en los cuales, el fósforo pasa a fósforo insoluble y permanece en forma ocluida, lo cual determina la pobreza de este elemento en los suelos Ferríticos (Instituto de Suelos, 1973; Cárdenas et al., 1978; González et al., 1980).

El porcentaje de disminución no fue muy diferente en las dos muestras y alcanzó a las 24 horas un valor de 77 % en la muestra de escombrera y de 71 % en la de pinar con relación al contenido de fósforo inicial. En la figura 4 se observa que el suelo de las escombreras presentó mayor conteo de microflora total pero pequeño número de solubilizadores de fósforo en relación a la microflora total pero al realizar el conteo a las 48 horas, los solubilizadores representaron un 4 % con relación a la microflora total, sin embargo, a los siete días esta relación disminuyó a 2,6 %.

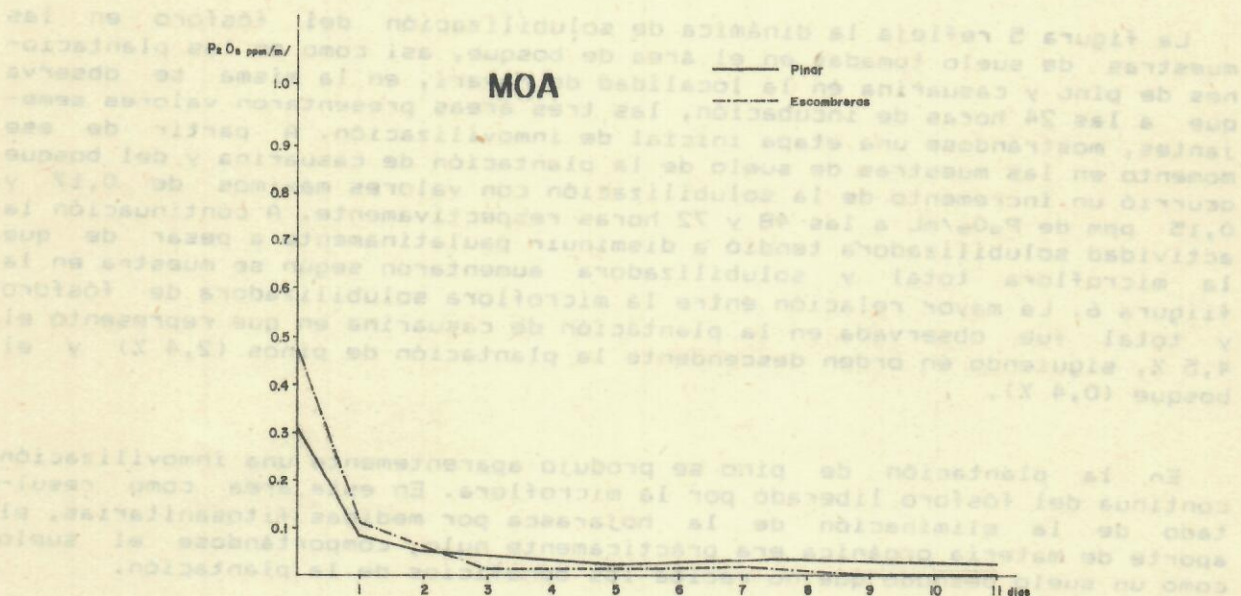


Figura 3. Dinámica de la solubilización de P₂O₅ (ppm/mL) en dos áreas de la localidad de Moa.

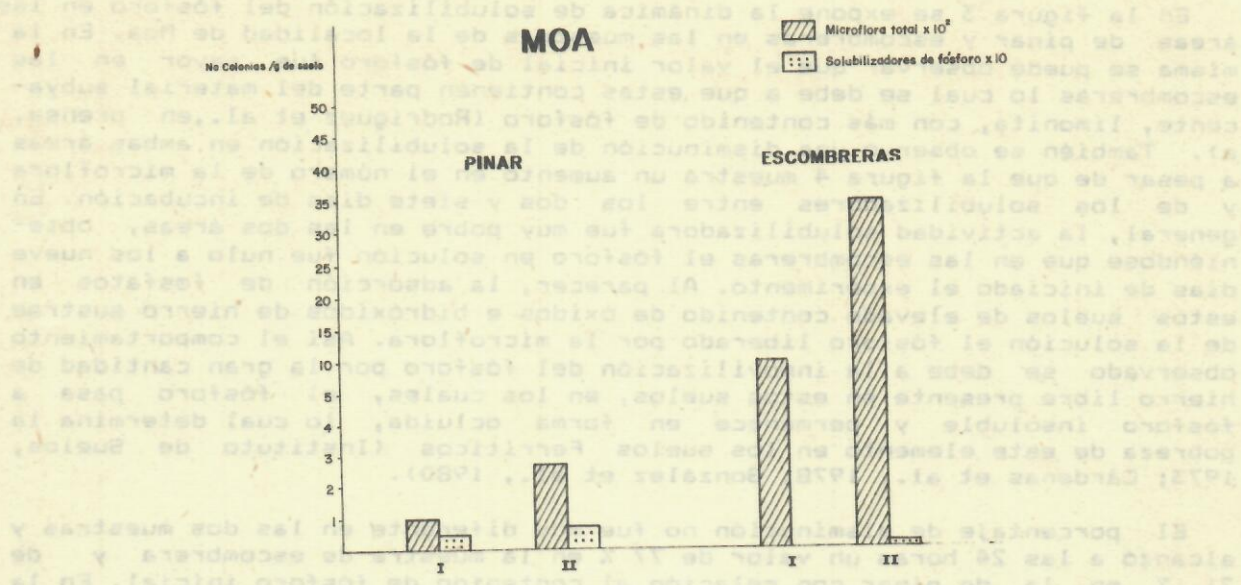


Figura 4. Conteo de la microflora total y solubilizadora de fósforo (No. colonias/g de suelo) en dos áreas de la localidad de Moa. I. Siembra realizada a los dos días de incubación. II. Siembra realizada a los siete días de incubación.

La figura 5 refleja la dinámica de solubilización del fósforo en las muestras de suelo tomadas en el área de bosque, así como en las plantaciones de pino y casuarina en la localidad de Mayarí, en la misma se observa que a las 24 horas de incubación, las tres áreas presentaron valores semejantes, mostrándose una etapa inicial de inmovilización. A partir de ese momento en las muestras de suelo de la plantación de casuarina y del bosque ocurrió un incremento de la solubilización con valores máximos de 0,17 y 0,15 ppm de P_2O_5/mL a las 48 y 72 horas respectivamente. A continuación la actividad solubilizadora tendió a disminuir paulatinamente a pesar de que la microflora total y solubilizadora aumentaron según se muestra en la figura 6. La mayor relación entre la microflora solubilizadora de fósforo y total fue observada en la plantación de casuarina en que representó el 4,5 %, siguiendo en orden descendente la plantación de pinos (2,4 %) y el bosque (0,4 %).

En la plantación de pino se produjo aparentemente una inmovilización continua del fósforo liberado por la microflora. En esta área como resultado de la eliminación de la hojarasca por medidas fitosanitarias, el aporte de materia orgánica era prácticamente nulo, comportándose el suelo como un suelo desnudo que no recibe los beneficios de la plantación.

De forma general se observó que en el suelo de la plantación de casuarina y del bosque natural tuvo lugar una solubilización de fósforo más alta. Esto concuerda con lo reportado por Rodríguez et al., en prensa b, para estas áreas en las que ocurre un aporte intenso de materia orgánica que se acumula sobre el suelo.

También el área de bosque fue la que mejor respondió a las condiciones de cultivo en cuanto a conteo, mostrando una mayor cantidad de microflora total y de solubilizadores de fósforo. El comportamiento de la dinámica de solubilización fue similar al observado en la plantación de casuarina, con un valor máximo de fósforo solubilizado de 0,16 ppm de P_2O_5/mL .

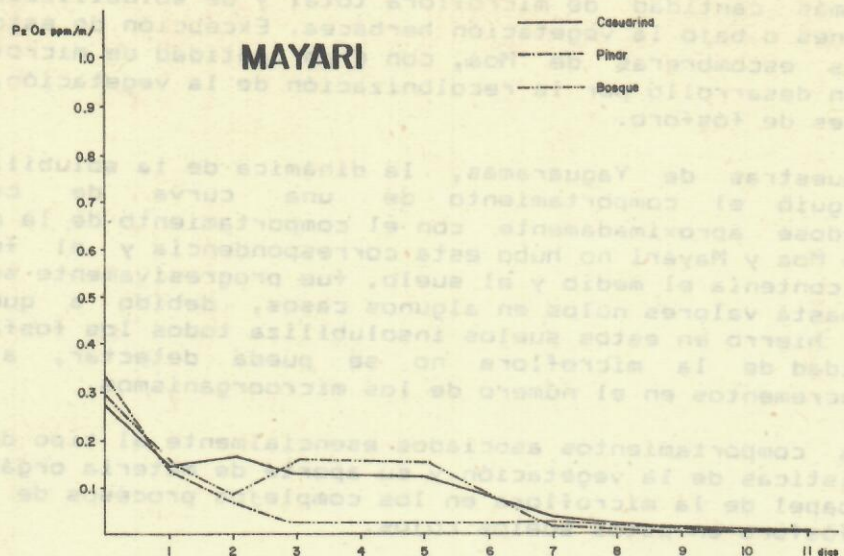


Figura 5 Dinámica de solubilización de P₂O₅ (ppm/mL) en tres áreas de la localidad de Mayarí.

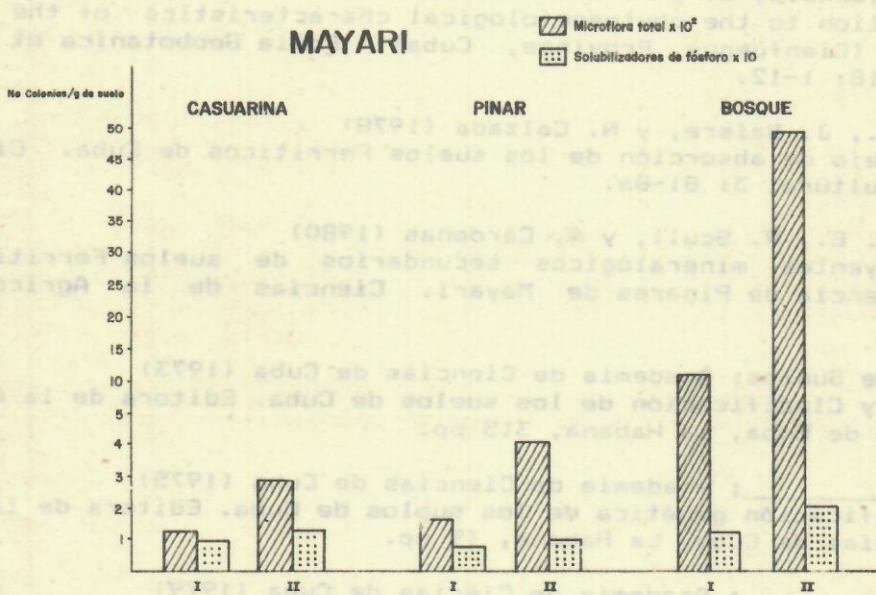


Figura 6 Conteo de la microflora total y solubilizadora de fósforo (No. colonias/g de suelo) en tres áreas de la localidad de Mayarí. I. Siembra realizada a los dos días de incubación. II. Siembra realizada a los siete días de incubación.

CONCLUSIONES

En los tres suelos estudiados, la dinámica de solubilización del fosfato tricálcico parece estar relacionada en primer lugar con el tipo de suelo y su grado de evolución. En Yaguaramas, de suelo Ferralítico, la solubilización fue en las dos áreas más altas que en las áreas de las otras dos localidades de suelo Ferrítico Púrpura con contenidos de hierro mucho más elevado y un mayor grado de evolución.

El tipo de vegetación y el aporte de materia orgánica, mostraron su importancia, pues en las tres localidades los suelos bajo bosque natural presentaron más cantidad de microflora total y de solubilizadores que en las plantaciones o bajo la vegetación herbácea. Excepción de esto, fue el suelo de las escombreras de Moa, con gran cantidad de microflora total remanente o en desarrollo por la recolonización de la vegetación, pero sin solubilizadores de fósforo.

En las muestras de Yaguaramas, la dinámica de la solubilización del $(PO_4)_2Ca_3$ siguió el comportamiento de una curva de crecimiento, correspondiéndose aproximadamente con el comportamiento de la microflora. En el caso de Moa y Mayarí no hubo esta correspondencia y el fósforo que inicialmente contenía el medio y el suelo, fue progresivamente sustraído de la solución hasta valores nulos en algunos casos, debido a que la gran cantidad de hierro en estos suelos insolubiliza todos los fosfatos y hace que la actividad de la microflora no se pueda detectar, a pesar de observarse incrementos en el número de los microorganismos.

Estos dos comportamientos asociados esencialmente al tipo de suelo y a las características de la vegetación y su aporte de materia orgánica, hacen valorar el papel de la microflora en los complejos procesos de la disponibilidad del fósforo en estos suelos rojos.

BIBLIOGRAFÍA

- Balátová-Tulacková, E. y M. Surlí (1983)
Contribution to the phytosociological characteristics of the Yaguaramas savanna (Cienfuegos Province, Cuba). *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*. 18: 1-12.
- Cárdenas, A., J. Baisre, y N. Calzada (1978)
El complejo de absorción de los suelos Ferríticos de Cuba. *Ciencias de la Agricultura*. 3: 81-86.
- González, J. E., R. Scull, y A. Cárdenas (1980)
Constituyentes mineralógicos secundarios de suelos Ferríticos en una toposecuencia de Pinares de Mayarí. *Ciencias de la Agricultura*. 7: 75-81.
- Instituto de Suelos; Academia de Ciencias de Cuba (1973)
Génesis y Clasificación de los suelos de Cuba. Editora de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 315 pp.
- _____; Academia de Ciencias de Cuba (1975)
II Clasificación genética de los suelos de Cuba. Editora de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 19 pp.
- _____; Academia de Ciencias de Cuba (1979)
Clasificación genética de los suelos de Cuba. Editora de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 28 pp.
- Jackson, M. L. (1970)
Análisis químico de suelos, Ediciones Omega, Barcelona, 662 pp.
- López-Hernández, I. D. (1977)
La química del fósforo en suelos ácidos. *Colección Ciencias Biológicas*, volumen I, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 105 pp.
- Rodríguez, M. E., K. González, M.O. Drozco y C. Alonso (1981)
Comportamiento de la solubilización de una fuente de fósforo inorgánico en tres áreas de sabana en Yaguaramas, Cienfuegos, Cuba (inédito), Instituto de Ecología y Sistemática, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.

Rodríguez, M. E., O. Mercado y M. A. Martínez (en prensa, a) Actividad biológica y degradación del suelo en algunas áreas afectadas por la minería en Moa. Revista del Jardín Botánico Nacional, Cuba.

Rodríguez, M. E., M. A. Zorrilla, M. Rodríguez y F. Maceo (en prensa, b) Caracterización biológica del suelo en el área de recultivación de Ocujaí, Mayarí, Provincia Holguín. Revista del Jardín Botánico Nacional, Cuba.

Ruíz, J. y D. López-Hernández (1977)
La mineralización del fósforo inorgánico en cuatro series de suelos venezolanos. Acta Cient. Venezolana, 28(2): 133-137.

Recibido: 9 de enero de 1988.