

## PROPIEDADES DE SUELOS ENMENDADOS CON RESIDUO DE DIGESTION ANAEROBICA DE CAMALOTE \*

Susana Martín (1), María Luisa Rivero y L. Blotta

CEFOBI (CONICET, F. M. Lillo, U.N.R.) Suipacha 531, (2000) Rosario, Santa Fe  
EERA de INTA, C.C. 31, (2700) Pergamino, Buenos Aires

### RESUMEN

Un suelo perteneciente a la serie Oliveros (Ov.) fue enmendado con tres niveles de residuo de digestión anaeróbica de camalote. Se evaluó la actividad biológica global durante 7 días. Luego de un período de incubación se midieron: la estabilidad estructural, la tasa de percolación y el punto de marchitez permanente de las tres mezclas suelo-enmienda y se compararon con las de un suelo testigo incubado sin acondicionador. El residuo de digestión de camalote, redujo la inestabilidad de los agregados aumentando la tasa de percolación y el punto de marchitez permanente. La dosis inferior de residuo:  $0,060 \text{ kg. kg}^{-1}$  de suelo, aumentó la velocidad de percolación cuatro veces y el punto de marchitez permanente en un 11 por ciento.

Palabras Clave: camalote, *Eichhornia crassipes*, enmienda, estructura de suelos.

### PROPERTIES OF SOILS AMENDED WITH WATER HYACINTH ANEROBIC DIGESTION RESIDUE

#### ABSTRACT

Soil from Oliveros series was amended with three levels of residue from anaerobic digestion of water hyacinth. Global biological activity was evaluated during 7 days. After an incubation period of 165 days aggregates stability, percolation rate and wilting point were measured in the three mixtures. The values obtained were compared with those from a control (no addition). The amended soils showed enhanced aggregates stability, percolation rate and a higher wilting point. At the lower level of residue,  $0,060 \text{ kg. kg}^{-1}$  of soil, the percolation rate was increased four times and the wilting point was 11 percent higher.

Key Words: water hyacinth, *Eichhornia crassipes*, ammendment, soil structure.

---

\* Trabajo presentado en el X Congreso Argentino y VIII Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 1983.  
(1) Becaria CONICET.

## INTRODUCCION

El uso de residuos orgánicos como enmiendas o acondicionadores físicos y como fuente de nutrimentos, es una práctica muy antigua. Con el advenimiento de los fertilizantes se dejó parcialmente de lado su uso pero en la actualidad cobra nueva importancia la aplicación de las enmiendas en agricultura extensiva e intensiva.

Una de las formas de obtención de enmiendas es a través de la digestión anaeróbica de diferentes tipos de biomasa. En este proceso la materia orgánica es convertida en biogás (60 por ciento de metano) por un grupo heterogéneo de bacterias. El residuo de la biogásificación es un material con una relación de nutrimentos más adecuada que la del material original y una fracción orgánica constituida básicamente por fibras parcialmente degradadas (Laurino, 1982).

La digestión anaeróbica de camalote, *Eichhornia crassipes* Mart. (Solms-Laubach) ofrece gran interés debido a la gran productividad de esta maleza acuática en ambientes naturales de nuestro litoral fluvial y la aptitud de esta hidrófita como sustrato para la digestión anaeróbica (Wolverton et al., 1975; Ryther et al., 1980; Vallejos et al., 1978; Fitzsimons et al., 1982).

Se ha estimado que la producción de biomasa del camalote en el aprovechamiento hidroeléctrico del Paraná Medio oscilaría entre 79 y 316 Mg 10<sup>6</sup> año ha<sup>-1</sup> (Fitzsimons et al., 1979; Fitzsimons, 1982).

La aplicación del residuo de digestión anaeróbica de camalote puede orientarse al aprovechamiento como mejorador y fertilizante orgánico de suelos y a la formación de sustratos artificiales.

En los agroecosistemas intensivos se tiende a incorporar mayores dosis de materia orgánica al suelo. Quizás sea ésta la diferencia más notable entre lo que se realizaba tradicionalmente y la práctica actual. Si antes se llegaba a aplicar entre 10 Mg ha<sup>-1</sup> y 20 Mg ha<sup>-1</sup> de materia seca de residuo, actualmente la dosis son hasta 50 veces mayores (Parr, 1975).

Los residuos orgánicos afectan las propiedades físico-químicas de los suelos. Cuando se aplican dosis elevadas de enmiendas sin conocer la capacidad del suelo para recibir las ni las condiciones intrínsecas del material para su descomposición, pueden crearse condiciones desfavorables temporarias o permanentes, conduciendo a la acumulación de sustancias tóxicas para el crecimiento vegetal y posible desmejoramiento de las propiedades físicas (Parr, 1975; Hénin et al., 1972).

El objetivo de este trabajo es presentar los primeros resultados de la aplicación del residuo de digestión anaeróbica de camalotes, en un horizonte A1 de un Argiudol ácuico perteneciente a la serie Oliveros.

## MATERIALES Y METODOS

### Residuo de digestión anaeróbica de camalote.

**Características y composición:** El residuo de digestión anaeróbica de camalote utilizado en las experiencias fue obtenido de la Planta Piloto semicontinua de biogásificación operada por el CEFOBI y situada en la Usina Termoeléctrica de Sorrento (Agua y Energía Eléctrica, Rosario). El efluente de la digestión fue concentrado por decantación y luego secado en un secadero solar pasivo (S. Martín y M. Lara, trabajo en preparación) hasta obtenerse un contenido de 94 por ciento de materia seca. Del secado se obtuvo un material de estructura escamosa, de color pardo y alta coherencia, siendo necesario su disgregación para su empleo en experiencias de laboratorio. El producto de molienda fue tamizado descartándose la fracción mayor de 2 mm; un 67 por ciento de la muestra se encontraba entre 1 y 2 mm.

**TABLA 1: Propiedades físico-químicas y composición del residuo de digestión de camalote \***

Parámetro	Valor
pH	8,0 - 8,3
Conductividad eléctrica d Sm <sup>-1</sup>	16,8
Carbono total, %	17 - 23
Nitrógeno total, %	1 - 2
Relación Carbono/nitrógeno	8,5 - 23
Fósforo total, %	0,38
Potasio total, %	2,7 - 8,08
Calcio total, %	2,53 - 3,15
Magnesio total, %	0,1 - 0,97
Sodio total, %	0,7 - 4,5

\* Determinación de cationes realizada por espectrofotometría de absorción atómica. Los porcentajes se refieren a materia seca.

En la Tabla 1 se exponen las características y la composición promedio del residuo de digestión de camalote. Existen variaciones en ellas debido a la variabilidad de la biomasa utilizada y a la intensidad del proceso de degradación anaeróbica de la materia orgánica. El residuo utilizado en la presente experiencia se caracterizó por un pH actual 1: 2.5 de 8.89, un contenido de materia orgánica de 39 por ciento y una relación C/N de 16.

### Suelo

**Características y procedencia:** Los suelos correspondientes a la Serie Oliveros (Ov.), cuyo perfil típico

fue descrito en el "Mapa Detallado de Suelos de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros" (Hein et al., 1980), predominan en las medias lomas bajas. Son Argiúoles ácuicos, profundos, moderadamente bien drenados, con un horizonte A1 de 24 a 28 cm, franco limoso, estructura granular a migajosa y medianamente provistos de materia orgánica. La profundidad considerada en el presente trabajo fue de 15 cm.

El suelo fue secado a la sombra y tamizado por tamiz de 2 mm.

#### Tratamiento de mezclas

**Características y composición de las mezclas:** Se fijaron tres dosis de aplicación de residuo de digestión de camalote: 0,060; 0,120; 0,180 kg. kg<sup>-1</sup> de suelo.

**Forma de incubación de las mezclas y testigo:** El residuo fue mezclado completamente con el suelo, disponiéndose la mezcla en recipientes de hojalata de 15 cm de altura y 9,5 cm de diámetro interno (acondicionados para evitar su oxidación). En cada pote se colocaron dos tubos de P.V.C. de 2,9 cm de diámetro y de 15 cm de longitud. Los cuales permitieron el riego por sub-irrigación.

El contenido de agua de las mezclas se fijó en 0,250 kg. kg<sup>-1</sup> de mezcla. La evaluación del agua perdida por evaporación se realizó cada tres días por pesada, reponiéndose manualmente.

Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, disponiéndose los potes en una cámara estufa con una temperatura media de 30°C. Finalizado el período de incubación (165 días). Las muestras se secaron al aire libre y a la sombra, tamizándose luego por tamiz de 2 milímetros.

#### Parámetros y métodos de medición

**Actividad biológica global:** Se midió el CO<sub>2</sub> desprendido durante los siete días posteriores al enmen-

dato. Al compararse la actividad de las mezclas (sí y con el testigo, se evalúa la capacidad mineralizadora del suelo y el grado de descomposición de la materia orgánica para las condiciones fijadas de humedad y temperatura.

#### METODO DE EVALUACION

La evolución del CO<sub>2</sub> se midió a través de un sistema estático (Parkinson, 1972). Esta técnica no exige la renovación forzada del aire de los frascos de incubación, simplificando el manejo de un alto número de muestras.

**Expresión de los resultados:** Se calcularon las tasas de mineralización global y complementaria del carbono orgánico (Morel, 1977). La tasa de mineralización complementaria indica la evolución de la materia orgánica agregada y obviamente es calculada sólo para las mezclas.

**Estabilidad estructural:** Se utilizó el índice de inestabilidad estructural I<sub>s</sub> de Hénin modificado por Feodoroff, 1980 (Hénin et al., 1972).

**Percolación:** Se empleó el índice K de Hénin, 1960, determinándose el pasaje de agua en cm/hora a través de un volumen de suelo colocado en un tubo bajo carga constante de agua (Hénin et al., 1972).

**Punto de marchitez permanente:** La humedad retenida a 1500 kPa fue determinada con un equipo de extracción de membrana (Richards, 1941).

#### RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se exponen las características del suelo testigo y de las tres mezclas suelo-residuo anali-

TABLA 2: Caracterización del suelo testigo y de las tres mezclas suelo-residuo de digestión de camalote \*.

Dosis de residuo (kg residuo kg <sup>-1</sup> suelo)	Parámetros				
	C	N	C/N	pH actual	pH potencial
0 (Testigo)	1,36	0,16	8,5	5,80	5,28
0,060	2,60	0,24	10,8	6,85	6,25
0,120	3,60	0,33	10,9	7,00	6,40
0,180	4,60	0,41	11,22	7,25	6,65

\* Se expresan los tenores de carbono orgánico (C), nitrógeno total (N) y la relación C/N. Las determinaciones se realizaron luego del mezclado y antes del riego inicial.

**Agregados estables en alcohol.** El pretratamiento permite visualizar la cohesión del material en húmedo. Esta cohesión es atribuida al hinchamiento de la fracción arcillo-húmica del suelo (Hénin et al., 1972). Como se observa en la Figura 2 el pretratamiento alcohol produce mayor porcentaje de agregados estables que los otros dos pretratamientos. Las mezclas presentan un mayor porcentaje de Aga que el testigo.

En el suelo serie Oliveros existe una cohesión de partículas media, lo cual determina una fracción agregada insuficiente en alcohol y sumamente baja en agua.

**Agregados estables en benceno:** A partir del valor hallado para el testigo se puede predecir un comportamiento poco estable de este suelo en el campo (Hénin et al., 1972). Valores semejantes han sido hallados en suelos de la región maicera en situaciones de monocultivo (Rivero et al., 1980).

Se puede decir que:

- Cuando no se evita el estallido de la partícula y se deja actuar como factor estabilizante a la materia orgánica, "el suelo testigo presenta el típico comportamiento de los suelos agrícolas con un contenido medio de materia orgánica (2,3 por ciento), completamente humificada que actúa como reserva de nutrientes pero que ya no posee capacidad de rehabilitar la estructuración perdida por el laboreo u otros agentes degradantes". La transformación de la materia orgánica en un cementante es irreversible, luego que las partículas son separadas mecánicamente la materia orgánica ya humificada es incapaz de regenerar la estructura del sistema (Kononova, 1966).

La actividad biológica global fue elevada para el testigo, posiblemente los productos de descomposición no sean adecuados y suficientes para determinar una correcta estabilidad estructural.

- Para la dosis superior se observa una tendencia de descenso en Agb, que podría ser explicada con los datos de mineralización global y complementaria, brindados en las tablas 3 y 4. Por encima de la dosis de aplicación de residuo de 0,120 kg. kg<sup>-1</sup> de suelo, la tasa de degradación baja sensiblemente.

**Agregados estables en agua:** El porcentaje de agregados en agua se explica tanto por la mayor cohesión en húmedo de los agregados como por la menor mojabilidad de las partículas minerales ya discutidos. El porcentaje de Age crece notablemente al enmendarse el suelo.

#### Percolación

En la Figura 3 se observan los valores de velocidad de percolación (cm h<sup>-1</sup>) para las muestras incubadas. Si se compara esta figura con la Figura 1 se encuentra que el índice K de Hénin ilustra el mismo fenómeno que el índice de inestabilidad. En ambas figuras se observa el cambio notable que se obtiene al enmendarse con residuo de fermentación y la leve tendencia del sistema de desmejorar cuando se enmienda con la dosis superior.

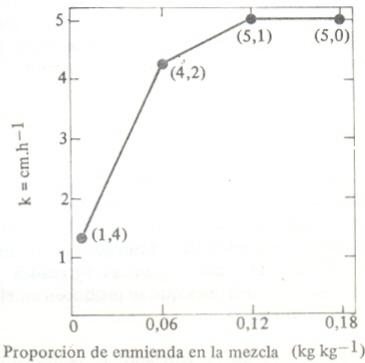


Fig. 3: Índice K de percolación, cm/hora, medido para suelo de la Serie Oliveros, testigo y enmendado con tres dosis de residuo de digestión anaeróbica de camalote.

#### Punto de marchitez permanente

En la Figura 4 se presentan los porcentajes de agua retenidos a 1500 kPa, en suelo testigo y en las mezclas.

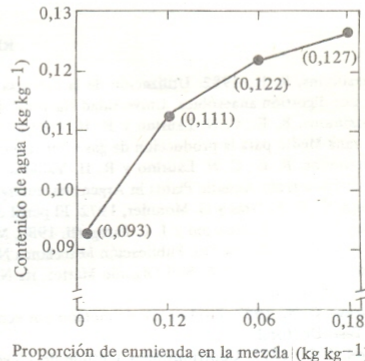


Fig. 4: Porcentaje de humedad retenida a 1.500 kPa (P.M.P.), hallado para un suelo de la Serie Oliveros, testigo y enmendado con dosis crecientes de residuo de digestión de camalote.

El residuo de digestión aumenta el P.M.P., debido posiblemente al aporte de silicatos (Las raíces y rizomas del camalote que ingresan al digestor llevan adheridos limos, arcillas fluviales y moluscos que tienen como hábitat el sistema radicular de la hidrófita).

## CONCLUSIONES

### Actividad biológica global

La aplicación de residuo de digestión de camalote en una proporción de 0,060 kg. kg<sup>-1</sup> de suelo aumentó la actividad biológica global del sistema. De las tres dosis consideradas, es ésta la que permite la mayor degradación del producto.

### Estabilidad estructural

**Agregados estables en alcohol:** El porcentaje de agregados estables en alcohol aumenta con la aplicación de residuo de digestión de camalote. Se explica por la mayor cohesión determinada por el hinchamiento de las partículas orgánicas agregadas y las uniones orgánico-minerales que se producen en el proceso de mineralización.

**Agregados estables en benceno:** El incremento en Agb logrado por la aplicación de residuo de digestión permite concluir que debe existir en el sistema suelo una cantidad óptima de materia orgánica fresca o parcialmente degradada, que estimule la actividad biológica global del mismo brindando los productos estabilizantes necesarios para la regeneración y mantenimiento de la estructura.

**Agregados estables en agua:** El suelo testigo se define como "poco estable" (Hénin et al., 1972) ya que posee una estabilidad media en alcohol y sumamente baja en agua y benceno.

El método empleado permite evaluar los cambios edáficos producidos al enmendarse los suelos con residuo de digestión de camalote.

### Percolación

La medida de la velocidad de percolación permitió valorar el efecto de agregación logrado y evidenciado por el índice de inestabilidad de Hénin (Figura 1). Esta medición podría reemplazar a las determinaciones de estabilidad de agregados por tamizado.

Se puede concluir entonces que es esperable una fuerte mejora en la estabilidad estructural de los suelos y un aumento importante en la velocidad de percolación del agua al aplicarse residuo de digestión anaeróbica de camalote en las dosis y condiciones de manejo para las cuales su mineralización sea adecuada.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Rubén H. Vallejos el apoyo brindado para la realización de este trabajo y la lectura crítica del manuscrito.

Este trabajo fue realizado con subsidios de Agua y Energía Eléctrica y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

## REFERENCIAS

- Fitzsimons, R. E., 1982. Utilización de la biomasa del Camalote *Eichhornia crassipes* para la producción de metano por digestión anaeróbica. Universidad Nacional de Rosario, Rosario. Tesis Doctoral.
- Fitzsimons, R. E.; C. N. Laurino y R. H. Vallejos, 1980. Explotación de las plantas acuáticas en los embalses de Paraná Medio para la producción de gas y fertilizantes. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, 20 pp.
- Fitzsimons, R. E.; C. N. Laurino y R. H. Vallejos, 1982. Estimation of potential Biomass Resource and Biogas Production from Aquatic Plants in Argentina. *Energy*, 681-687.
- Hénin, S.; R. R. Gras y G. Monnier, 1972. El perfil cultural. Mundi Prensa, Madrid, 342 pp.
- Hein, N. E.; F. P. Mosconi y J. L. Panigatti, 1980. Mapa detallado de suelos de la Estación Experimental Agropecuaria Oliveros (Santa Fe). Publicación Miscelánea N° 6. EERA Rafaela, INTA, 36 pp.
- Kononova, M. M., 1966. Soil Organic Matter, its Nature, its Role in Soil Formation and in Soil Fertility. Pergamon Press, 543 pp.
- Laurino, C. N., 1982. Producción de metano por ecosistemas anaeróbicos. Universidad Nacional de Rosario, Rosario. Tesis Doctoral.
- Morel, J. L., 1977. Contribution a L'étude de L'évolution des Boues Résiduares dans le Sol. Université de Nancy. Nancy. Tesis Doctoral.
- Parkinson, D.; T. R. G. Gray and S. T. Williams, 1972. Methods for Studing the Ecology of Soil Micro-organism. International Biological Programme Blackwell, Oxford, 116 pp.

- Parr, J. F., 1975. Chemical and Biological Considerations for Land Application of Agricultural and Municipal Wastes. Organic Materials as Fertilizers. F.A.O. Soils Bull, 27, Roma.
- Richards, S. A., 1941. A Pressure Membrane Extraction Apparatus for Soil Solution. Soil Science 51, 377-378.
- Rhyther, J.; D. Andrew; Busk de T; F. Falkner; M. Hanisak; R. Stenberg, C. Tucker and L. Williams, 1980. Studies on Biomass and Biogas Production by Aquatic Macrophytes. Proc. Bio-Energy '80 World Congress and Exposition Atlanta, Georgia, 130 pp.
- Rivero de Galetto, M. L.; V. J. Zeljkovich y L. A. Blotta, 1980. Evolución del estado físico de un suelo serie Pergamino con distintos sistemas de labranzas. En: IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná, 87-93.
- Vallejos, R. H.; C. N. Laurino; R. E. Fitzsimons y F. Siñeriz, 1978. Producción de metano por fermentación anaeróbica de plantas acuáticas. En: XII Reunión de la Asociación Argentina de Investigaciones Bioquímicas, Tucumán.
- Wolverton, B. C.; R. McDonald and J. Gordon, 1975. Bio-conversion of Water Hyacinth into Methane Gas: Part I. NASA Technical Memorandum. TM-X 72725.