

Efecto de Dos Sistemas de Labranza sobre la Estabilidad Estructural y Contenido de Gomas Microbianas¹

R.A. Díaz*, J.L. Torella*, O.J. Santanatóglia*

ABSTRACT

Soil aggregate stability and microbial gums were studied in a double-cropped wheat and soybean field under two different tillage systems: conventional and reduced tillage. Both tillage systems produced similar effects and no differences were detected in the studied parameters. Temporal fluctuations in aggregation are associated with microbial gum content, and they are imputed to incorporations of crop residues by tillage. The high correlation found between both parameters, as well as the fall in aggregate stability after destruction of microbial polysaccharides oxidized by periodate, point to microbial gums as an important factor in aggregation of these soils under cultivation.

Key words: Tillage systems, microbial gums, aggregate stability.

RESUMEN

Se estudió la evolución de la estabilidad estructural relacionada con el contenido de gomas microbianas en el doble cultivo trigo-soja, bajo dos sistemas de labranza: convencional y reducida. Ambos sistemas produjeron efectos similares; no se encontraron diferencias en el contenido de gomas microbianas ni en la estabilidad estructural. Se determinaron fluctuaciones estructurales asociadas a las variaciones en el contenido de gomas microbianas, atribuidas a la remoción del suelo y a los aportes de los restos de cosecha, que ocurren durante las labranzas. La alta correlación entre ambos parámetros y la caída en la estabilidad estructural después de la destrucción de los polisacáridos microbianos, por oxidación con periodato, evidencian la importancia de dichas sustancias en la agregación de estos suelos agrícolas.

Palabras clave: Sistemas de labranza, gomas microbianas, estabilidad estructural.

INTRODUCCION

A partir de las últimas décadas, en Argentina se tiende hacia la agricultura continua, producto de la mayor rentabilidad comparativa de la agricultura sobre la ganadería.

Este proceso afecta las zonas que, por sus características ecológicas, poseen un mayor potencial productivo, como el norte de la provincia de Buenos Aires. Asimismo, la difusión alcanzada por el doble cultivo trigo-soja ha intensificado el laboreo del suelo en esta zona. La consecuencia de este manejo es el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Algunos síntomas de este proceso son la inestabilidad de los agregados y la formación de costras y pisos de arado que aumentan el peligro de erosión hídrica (Casas 1985).

Los cultivos requieren para su adecuado crecimiento un suelo bien estructurado. En especial es importante la presencia de agregados de 1 mm a 10 mm, con una relación de macro- y microporosidad que provea adecuadas condiciones de aireación, retención de agua y nutrimentos (Tisdall y Oades 1982). Por otra parte debe ser resistente a la acción de agentes destructivos tales como el impacto de la lluvia, los esfuerzos mecánicos durante las labores y otros. Entre los factores que intervienen en la estabilidad estructural están los polisacáridos, especialmente los de origen microbiano, conocidos como gomas microbianas, ampliamente estudiados. Sin embargo, su papel no resulta claro y varía desde los que las consideran relevantes (Aspiras *et al.* 1971; Harris *et al.* 1966; Moloje *et al.* 1987; Rennie *et al.* 1958) a los que les conceden sólo una acción muy limitada (Stefanson 1971; Tisdall y Oades 1980; Tisdall y Oades 1982).

¹ Recibido para publicación el 10 de enero de 1992.

* Centro de Radiología, Departamento de Ecología, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, CP 1417, Buenos Aires, Arg

Otro factor que afecta en gran medida la estabilidad de los agregados, es el laboreo del suelo (Gibbs y Reid 1988; Unger 1982). Se ha observado, además, que las labranzas actúan modificando la fracción de agregados mayores a 2 mm (Ramsay *et al.* 1986; Tisdall y Oades 1980).

Asimismo, la incorporación de rastrojos de cosecha incrementa la estabilidad de los agregados (Muneeer y Oades 1989). Por otra parte, una adecuada estabilidad estructural contribuye a un abastecimiento favorable de nutrimentos para los cultivos. En tal sentido, en la zona maicera, Tallarico (1972) encontró una correlación positiva entre el porcentaje de agregados estables de 2 mm a 4.76 mm y el rendimiento de maíz. De tal modo que desde el punto de vista de la productividad es conveniente utilizar sistemas de labranzas que alteren en menor medida la estructura de los suelos, permitiendo un mejor perfil exploratorio de las raíces de los cultivos. Teniendo en cuenta lo señalado, se estudiaron los efectos sobre la estabilidad estructural y el contenido de gomas microbianas al utilizar dos sistemas de labranzas con una intensidad de uso del suelo de cuatro cosechas en un período de dos años (trigo/soja; trigo/soja).

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se ubicó sobre un Argiudol típico, serie Pergamino, con un Ap de textura franco-limosa, 1.36% de carbono orgánico y pH de 5.6. En él se diagramó una secuencia de cultivos propia de la zona: trigo y, luego, soja, sembrada después de la cosecha del primero. Para el diseño estadístico se utilizaron cuatro bloques con dos parcelas cada uno de 4 m x 17 metros.

Durante dos años consecutivos, a partir de julio de 1989, se sembró trigo utilizando dos sistemas de labranza diferentes: a) labranza convencional, cuya secuencia de labores se realizó con rastra de discos, arado de reja y vertedera, rastra de discos y rastra de dientes; y b) labranza reducida, donde las labores fueron las mismas eliminando el arado de reja y vertedera.

Cosechado el trigo, se sembró soja y el esquema de labores mencionadas se repitió para cada tratamiento. Para la condición natural de la serie, se tomaron muestras del parque adyacente al ensayo, el cual no se había cultivado en los últimos 30 años.

La estabilidad estructural se determinó por el método de De Leenher y De Boodt (1958), modificado por Santanatógli y Fernández (1982), por duplicado, sobre muestras compuestas por 10 submuestras por parcela.

El contenido de gomas microbianas se midió sobre suelo extraído del horizonte Ap, secado al aire, y separado por tamiz en cinco fracciones: > 8 mm, 8 mm - 4.8 mm, 4.8 mm - 3 mm, 3 mm - 2 mm, < 2 mm. Sobre dichas fracciones, y la muestra total, se aplicó la técnica de Rennie *et al.* (1954), modificada por Alvarez *et al.* (1984).

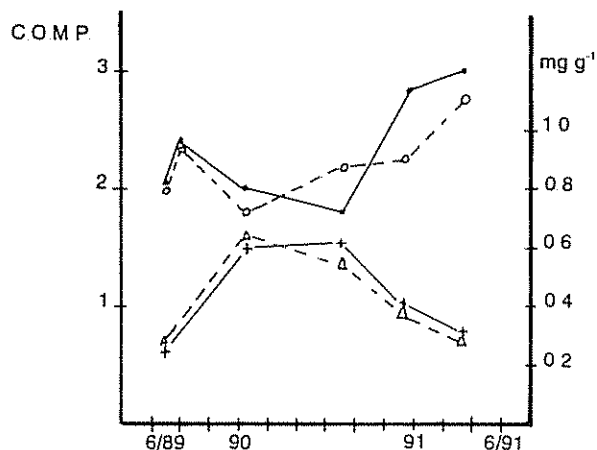
La destrucción de gomas microbianas se llevó a cabo utilizando el método de Chesire *et al.* (1983). El mismo consiste en un tratamiento de los agregados a 20° C con periodato de sodio 0.05 mol, durante 48 horas. Posteriormente se aplicó borato de sodio 0.1 mol por 24 horas. Para poder separar la acción del periodato de la del sodio, los testigos fueron tratados con cloruro de sodio 0.05 mol y luego con borato de sodio. En todos los tratamientos los agregados fueron previamente humedecidos hasta capacidad de campo, por capilaridad al vacío, para evitar el estallido de los mismos.

Se realizaron muestreos periódicos del contenido de humedad con barreno. Las temperaturas del suelo corresponden a las medias mensuales calculadas a partir de los valores diarios tomados por medio de un geotermómetro a 10 cm de profundidad a las 15 horas.

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos, se aplicó un análisis de variancia correspondiente a un diseño en bloques. El ajuste de la estabilidad estructural y el contenido de gomas se realizó por regresión simple no lineal. Las diferencias se estudiaron a través de mínima diferencia significativa al cinco por ciento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Fig 1 se presenta la evolución en el contenido de gomas microbianas y en la estabilidad estructural de los sistemas de labranzas estudiados. Según el análisis estadístico de los datos obtenidos no hubo diferencias en el nivel de 5% para ambos parámetros entre tratamientos.



Leyenda: CDMP = lab. reducida (—●—), lab. convencional (---○---), gomas = lab. reducida (—▲—), lab. convencional (---▲---)

Fig. 1. Contenido de gomas microbianas y estabilidad estructural.

Se presentaron, sin embargo, fluctuaciones en el período estudiado. Las gomas microbianas, que son productos metabólicos constituidos por polisacáridos extracelulares (Dommergues y Mangenot 1970), pueden formarse rápidamente a partir de la degradación de restos vegetales, aunque también representan una fuente de energía cuando existe un crecimiento microbiano explosivo (Harris *et al.* 1966). Parece ser la causa de las fluctuaciones relacionadas con la ocurrencia de labranzas y la consecuente incorporación de materiales ricos en carbono, que provienen del cultivo antecesor. El aumento del contenido de gomas microbianas en la primera parte del período estudiado (5-1-90), corresponde al muestreo efectuado con posterioridad al entierro de rastrojos de trigo debido al laboreo para la siembra de la soja.

Esta situación coincidió con las altas temperaturas del suelo y un contenido hídrico relativamente bajo (Fig. 2). Una situación similar se repitió en el muestreo de julio de 1990, realizado luego de incorporar rastrojo de soja y con el trigo en emergencia. Los niveles de gomas microbianas fueron semejantes al muestreo anterior. A pesar de que cuando se produjo dicho aporte de carbono las temperaturas del suelo estaban en su etapa descendente

En los muestreos posteriores efectuados antes de las cosechas de los cultivos (19-12-90 y 24-4-91) el

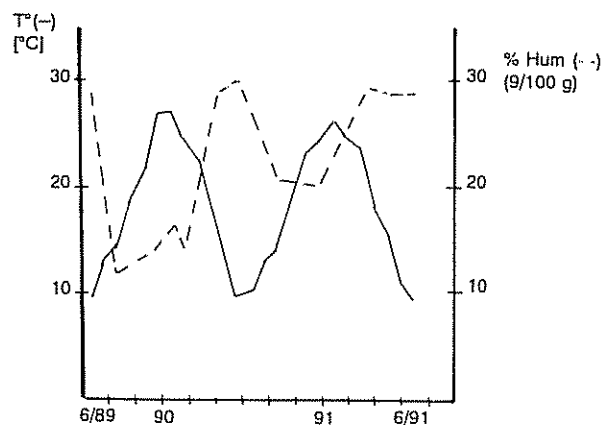


Fig. 2. Temperatura y humedad del suelo.

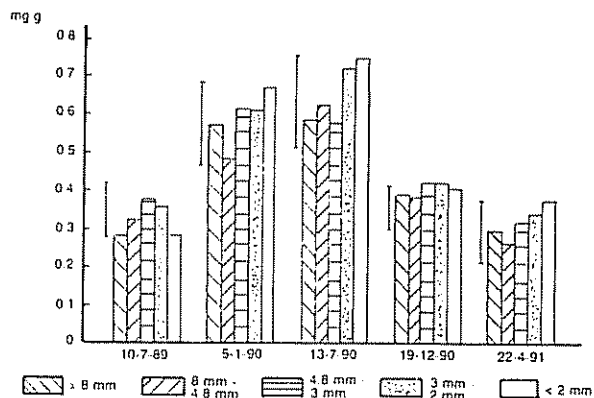


Fig. 3. Contenido de gomas microbianas en los distintos tamaños de agregados en la labranza reducida.

contenido de gomas decayó, indicando un consumo en el período desde la siembra hasta la cosecha. Es interesante señalar que la cantidad de polisacáridos fue similar en ambos tratamientos, a pesar de que los sistemas de labranza estudiados implicaban una distribución diferencial de los rastrojos; así la labranza reducida presenta una mayor cantidad de los mismos en superficie. Cuando se estudió la evolución de las gomas microbianas para los distintos tamaños de agregados (Figs. 3 y 4), no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$)

No obstante, se puede observar que cuando se analizan los valores obtenidos para la labranza reducida en las fechas correspondientes al 5-1-90 y 13-7-90, que coinciden con muestreos posteriores a las labores, hay una tendencia al aumento del contenido de gomas microbianas en los tamaños por debajo de 3 mm, respecto de la labranza convencional. La es-

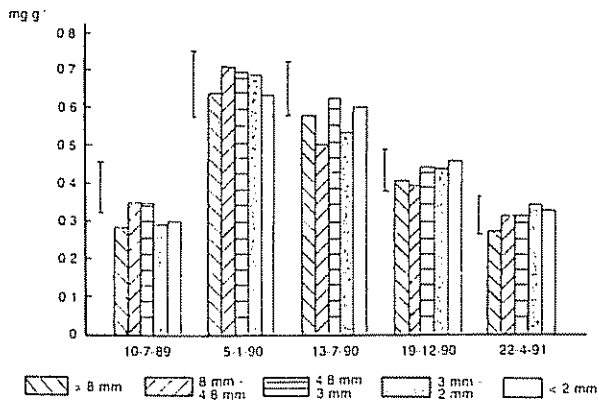
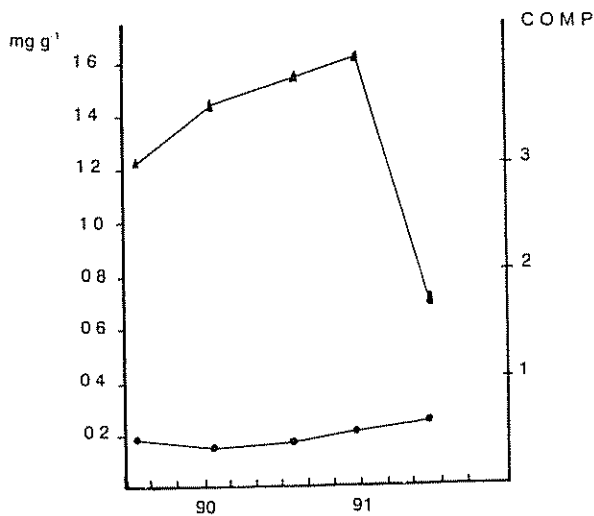


Fig. 4. Contenido de gomas microbianas en los distintos tamaños de agregados en la labranza convencional.

tabilidad estructural, medida a través del cambio de diámetro medio ponderado (CDMP), presentó variaciones en el tiempo que se asociaron a cambios producidos en el contenido de polisacáridos microbianos. En general se puede observar en la Fig. 1 que cuando los valores de los polisacáridos caen, el CDMP aumenta, mostrando un deterioro en las condiciones estructurales. Por el contrario, cuando el contenido de gomas microbianas es mayor, el CDMP disminuye.

La Fig. 5 muestra el contenido de gomas microbianas y la estabilidad estructural en la condición natural, sin cultivar. En la misma se observa que el



Leyenda CDMP = - - - Δ - - , gomas = - - - ● - -

Fig. 5. Gomas microbianas y estabilidad estructural para la condición natural.

contenido de polisacáridos microbianos es superior al del suelo cultivado (Fig. 1).

Sin embargo, los cambios entre los muestreos, no son de la misma magnitud que para los suelos labrados. Este comportamiento es esperable, pues el aporte de restos vegetales se produce en forma gradual. La caída observada hacia el final del período estudiado, al igual que en los suelos cultivados, coincidió (Fig. 2) con las altas temperaturas y humedad del suelo de modo que un incremento de la actividad biológica explicaría dicha disminución, ya que los polisacáridos se presentan en el suelo como una fuente rápida de energía (Harris *et al* 1966).

Por otra parte, la condición natural exhibió una estructura muy estable, evidenciada por el bajo CDMP hallado. Se pudo determinar que las grandes variaciones en el contenido de gomas microbianas no correspondían con cambios de la misma magnitud en el CDMP, como para los suelos labrados.

Para poder interpretar la relación entre el contenido de gomas microbianas y la estabilidad estructural en suelos labrados y sin cultivar, se realizó un ajuste mediante un modelo exponencial negativo (Fig. 6), que presentó una alta correlación estadística. También mostró que a medida que la cantidad de polisacáridos alcanzaba valores importantes, la estabilidad estructural prácticamente no cambiaba. Esta situación se encuentra en la condición natural. En este sentido, Molopec *et al* (1987), con base en Foster (1981), sugieren la existencia de sitios entre las partículas donde los polisacáridos ejercerían su acción agregante; cualquier exceso de los mismos no produ-

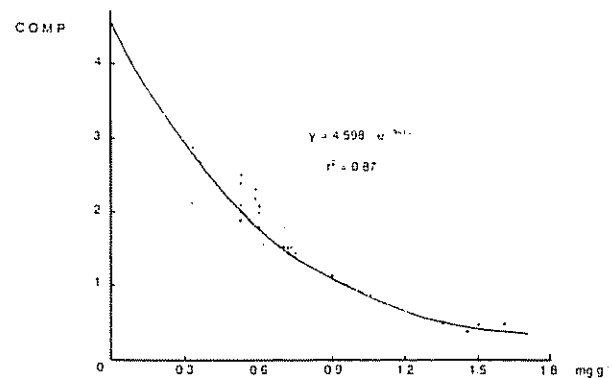


Fig. 6. Estabilidad de estructura y contenido de gomas microbianas.

ciría incremento alguno sobre la estabilidad estructural. Por otro lado, se han estudiado otros factores que influyen marcadamente sobre la agregación en suelos no labrados, tales como las hifas de los hongos y las raíces de las plantas (Tisdall y Oades 1980).

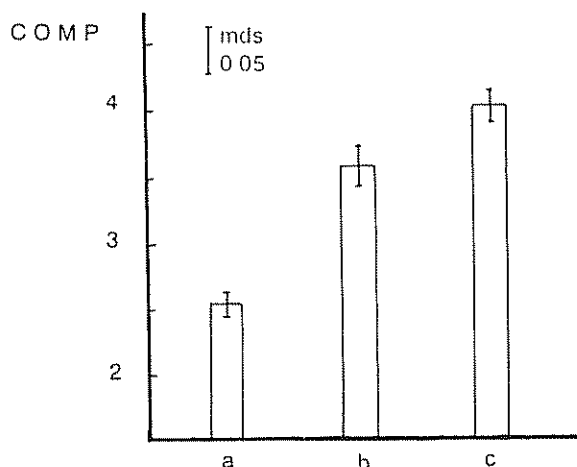


Fig. 7. Efecto de la oxidación de gomas microbianas sobre la estabilidad de estructura: (a) Sin tratamiento, (b) cloruro de sodio, (c) periodato de sodio.

En suelos cultivados, la destrucción por los implementos de labranza daría a los polisacáridos microbianos un papel más relevante en la agregación. En tal sentido, Greenland *et al.* (1962) destacan la importancia de los mismos en el mantenimiento de la estructura en el período de labranza hasta la emergencia de las plántulas, considerado crítico. Para estudiar la influencia de los polisacáridos sobre la estructura, uno de los procedimientos más utilizados fue cuantificar la estabilidad estructural, luego de la degradación de los mismos con periodato de sodio (Cheshire *et al.* 1983; Stefanson 1971). En la Fig. 7 se presentan los efectos de aplicar dicho tratamiento a suelos bajo cultivo. En la misma se ven los valores en promedio de ambos sistemas de labranza, ya que no hubo diferencias significativas entre ambos. Como se observa hay un aumento del CDMP que indica un deterioro de la estructura. No obstante, el efecto de la destrucción de polisacáridos no es clara por la acción desagregante del ión sodio que acompaña al periodato y que se utiliza para tratar a los testigos.

Este comportamiento se ve agregado por la pobre condición estructural del suelo estudiado. A pesar de

ello, se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, que confirma la acción de las gomas microbianas en estos suelos.

CONCLUSIONES

Luego de dos años de análisis de los tratamientos de labranza convencional y labranza reducida, éstos no se diferenciaron respecto de los efectos en el contenido de polisacáridos microbianos y la estabilidad estructural.

El contenido de gomas microbianas estuvo relacionado con la ocurrencia de labranzas y presentó los valores más altos después de la remoción del suelo y la incorporación de rastrojos de cosecha.

El grado de asociación encontrado entre estabilidad estructural y contenido de gomas microbianas, conjuntamente con el aumento del CDMP después de la destrucción de estas últimas por oxidación con periodato, destacan el papel de este tipo de cementantes biológicos como agentes estructurantes.

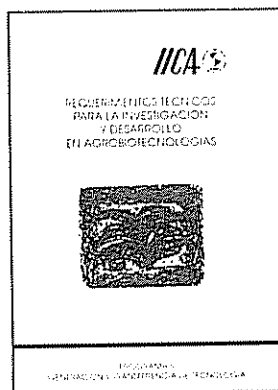
En esta serie de suelos, bajo uso agrícola, sujetos a labranzas periódicas y con pobre condición estructural, las gomas microbianas, aunque con un carácter transitorio, contribuyen de forma manifiesta al mantenimiento de la estructura.

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ, R.; SANTANATOGLIA, O.J.; FERNANDEZ, N.R. 1984. Determinación colorimétrica de gomas microbianas del suelo. *Ciencia del Suelo* 2:173-178
- ASPIRAS, R.B.; ALLEN, O.N.; CHESTERS, G.; HARRIS, R.F. 1971. Chemical and physical stability of microbially stabilized aggregates. *Soil Science Society of America Proceedings* 35:283-285
- CASAS, R.R. 1985. La agricultura permanente y la degradación de los suelos en la República Argentina. *IDIA* 433-436:62-74
- CHESHIRE, M.V.; SPARLING, G.P.; MUNDIE, C.M. 1983. Effect of periodate treatment of soil on carbohydrate constituents and soil aggregation. *Journal of Soil Science* 34:105-112.
- DE LEENHER, L.; DE BOODT, M. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. In *International Symposium of Soil Structure. Proceedings*. Ghent, Belgica. p 290-300

- DOMMERS, Y.; MANGENOT, F. 1970. Ecologie microbienne du sol. Mason et Cie, Paris. 796 p.
- FOSTER, R. C. 1981. Polysaccharides in soil fabrics. *Science* 214:665-667.
- GIBBS, R. J.; REID, J. B. 1988. A conceptual model of changes in soil structure under different cropping systems. *Advances in Soil Science* 8:123-149.
- GREENLAND, D. J.; LINDSTROM, G. R.; QUIRK, J. P. 1962. Organic material which stabilize natural soil aggregates. *Soil Science Society of America Proceedings* 26:366-371.
- HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy* 18:107-169.
- MOLOPE, M. B.; GRIEVE, I. C.; PAGE, E. R. 1987. Contributions by fungi and bacteria to aggregate stability of cultivated soil. *Journal of Soil Science* 38:71-77.
- MUNEER, M.; OADES, J. M. 1989. The role of Ca-organic interactions in soil aggregate stability. II. Field studies with C-14 labelled straw, CaCO₃ and CaSO₄ 2H₂O. *Australian Journal of Soil Research* 27:412-420.
- RAMSAY, A. J.; STANNARD, R. A.; CHURCHMAN, G. J. 1986. Effect of the conversion from rye-grass pasture to wheat cropping on aggregation and bacterial populations in a silt loam soil in New Zealand. *Australian Journal of Soil Research* 24:255-264.
- RENNIE, D. A.; TROUG, E.; ALLEN, O. 1954. Soil aggregation as influenced by microbial gums, level of fertility and kind of crop. *Soil Science Society of America Proceedings* 18:399-403.
- SANTANATOGLIA, O. J.; FERNANDEZ, N. 1982. Modificación del método de De Boodt y De Leeuwer para el análisis de la distribución de agregados y efecto del tipo de embalaje y acondicionamiento de la muestra sobre la estabilidad estructural. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 17:23-31.
- STEFANSON, R. C. 1971. Effect of periodate and pyrophosphate on the seasonal changes in aggregate stabilization. *Australian Journal of Soil Research* 9:33-41.
- TALLARICO, L. A. 1972. La estructura del suelo y el rendimiento de maíz en la región pampeana. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 9:79-88.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. 1980. The effect of crop rotation on aggregation in a Red-Brown Earth. *Australian Journal of Soil Research* 18:423-434.
- TISDALL, J. M.; OADES, J. M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33:141-163.
- UNGER, P. W. 1982. Surface soil physical properties after 36 years of cropping to winter wheat. *Soil Science Society of America Journal* 46:796-801.

LIBRO RECOMENDADO



US\$5.00

Requerimientos Técnicos para la Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnologías. San José, C.R., IICA. Programa II. 62 p. Serie Publicaciones Misceláneas (ISSN-0534-5391) A1/SC-93-07.

Proporciona orientaciones detalladas para los directores de investigación y otras instancias de decisión en ALC, interesados en el desarrollo de su capacidad de generación y transferencia de agrobiotecnologías.

Ver lista de publicaciones disponibles para la venta y boleta de solicitud en la última sección de la revista Turrialba.