

VARIACIONES TEMPORALES DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DE UN SUELO NO DISTURBADO

Juan C. Silenzi, Ana M. Moreno y Julio C. Lucero (†)

Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos - Departamento de Agronomía - Universidad Nacional del Sur - (8000) Bahía Blanca - Argentina

RESUMEN

En un Haplustol éntico no disturbado, bajo vegetación de estepa psamófila, ubicado en Médanos, se estudió la variación en la estabilidad de agregación aplicando el método de De Leenheer y De Boodt, durante el período que fue desde marzo de 1980 a Julio de 1983.

Se observó, durante los cuarenta meses que duró la experiencia, una escasa variación en la estabilidad de los agregados, que en ningún caso se apartó en más del 14%; además, que el suelo evolucionó muy lentamente hacia una agregación más estable, estimada en el 2% para el período considerado y en el 0,55% como promedio anual.

Los índices medios mensuales de estabilidad estructural, indican que los mejores valores se encontraron en diciembre y febrero, con cambios en el diámetro medio ponderado de 1,3792 y 1,4042 mm respectivamente; mientras que el peor fue en agosto con 1,5300 mm.

El análisis de la variación estacional, muestra que en primavera y verano el suelo presentó la mejor estabilidad, contrastando significativamente con la de otoño e invierno, y que los pares de valores no difieren estadísticamente entre sí.

La variación en la agregación del suelo estudiado resultó ser sensiblemente menor a la informada por otros autores para suelos del hemisferio norte, pero similar a otros de nuestro país.

Palabras clave: estructura - estabilidad de agregados - suelo no disturbado.

TIME FLUCTUATION OF SOIL STRUCTURE STABILITY IN A NON - DISTURBED SOIL

ABSTRACT

Soil stability aggregation and its fluctuation was studied on an Entic Haplustoll, located 15 km north-west of Médanos (Buenos Aires Province) using DeLeenheer and DeBoodt method from March 1980 to July 1983.

After 40 months of soil stability evaluations, differences were not more than 14%, showing an increase of 0,55% on an annual average.

The best indexes of soil structure stability were found in December and February (1,3792 and 1,4042 mm of change in mean weight diameter, CMWD); the worst was found in August (CMWD: 1, 5300 mm).

Stability indexes were statistically higher in spring and summer, and lower in autumn and winter.

Key words: soil structure; aggregate stability; non disturbed soil.

INTRODUCCION

Los cambios estacionales de la estabilidad de agregados fueron estudiados, entre otros, en Europa por: Monnier (1965); Henin *et al.* (1972); Hofman y Appelmans (1974); Hofman (1975), en América del Norte por: Wilson *et al.* (1974); Gish y Browning (1948); Alderfer (1950); Rennie (1954); Harris *et al.* (1966) y en Argentina por Tallarico (1964).

En general, estos autores concuerdan que la estabilidad de los agregados al agua en suelos no disturbados del hemisferio Norte, aumenta en primavera, se hace máxima en verano, descendiendo en otoño hasta llegar al mínimo en invierno.

Las causas de estas variaciones no están bien definidas; algunos encontraron una buena correlación entre el humedecimiento del suelo y su estabilidad estructural; otros le adjudican mayor peso a la evolución de la materia orgánica en relación con las condiciones climáticas; finalmente otros, lo atribuyen a la influencia directa de factores tales como los ciclos de congelamiento y descongelamiento, humedecimiento y secado. Quizás todos los factores mencionados estén relacionados y tengan mayor o menor peso según la ubicación geográfica y las características de los suelos que se consideren.

El conocimiento de la variación en la estabilidad estructural tiene gran importancia por su relación con la degradación de los suelos; es así que en los períodos de menor estabilidad estructural se debería tener especial cuidado en el laboreo, pisoteo, tránsito y alteración de la cubierta vegetal del suelo.

Este trabajo pretende evaluar la variación en el tiempo de la estabilidad de los agregados de un suelo no disturbado, cubierto por vegetación natural de gramíneas.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El suelo estudiado se encuentra aproximadamente a 15 km al NO de la localidad de Médanos, provincia de Buenos Aires.

Condiciones climáticas

El balance hídrico (Método de Thornthwaite) para la serie 1951-1976 arroja para Argerich una ETP anual

de 801 mm, con un déficit hídrico de 269 mm al año; la temperatura media anual es de 15,5°C y la precipitación de 532 mm (Torre y Donnari, 1979).

Suelo

Las características más importantes que presenta son:

- Perfil de desarrollo incipiente, con una secuencia de horizontes: A - AC - C. Horizonte A de 29 cm de espesor (0-29); textura arenosa franca; estructura de tipo subangular, media y de grado moderada-débil. Horizonte AC de 32 cm de espesor (29-61); textura arenosa franca; estructura subangular, gruesa y débil. Horizonte C de más de 50 cm de espesor (61 - 110 +); textura arenosa a arenosa franca, estructura de grano simple.
- Permeabilidad excesiva.
- Perfil libre de sales y/o sodio.
- Contenido de C orgánico total en los primeros 20 cm de profundidad 0,97% , según el método de Walkley-Black clásico.
- Fósforo disponible en la capa arable 10,5 p. p. m., según método de Olsen.
- Agua retenida a 1/3 atmósfera: 12,5 g% , y a 15 atmósferas: 6,5 g% .
- La limitante más marcada que presenta es su alta susceptibilidad a la erosión eólica. Por su capacidad de uso correspondería ser clasificado como clase IV, subclase e (Klingebiel y Montgomery, 1965).

Vegetación

Se tiene la seguridad que este suelo no fue roturado en los últimos treinta y tres años, por lo que se podría considerar como en "estado natural"; se lo encuentra totalmente cubierto por vegetación correspondiente a la denominada "estepa psamófila".

Entre las especies herbáceas más destacadas, se pueden citar: *Stipa bonaerensis*, *Stipa papposa*, *Stipa brachichaeta* (paja vizcachera), *Stipa curamalensis* (pasto puna), *Cenchrus pausiflorus* (roseta), *Cynodon dactylon* (pata de perdiz), *Cynodon hirsutus*, *Poa anua*, *Poa bonaerensis* y *Poa lanuginosa*.

También se encuentran aisladamente algunas especies arbustivas como: *Caesalpinia gillesii* (barba de chivo), *Prosopis globosa* (manca caballo), *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Cassia aphyla* (cabello de indio).

Cabe destacar que la mayoría de las especies vegetales componentes del estrato gramíneo tienen desarrollo vegetativo intenso durante la primavera.

Muestreo

Se tomaron dos muestras compuestas por nueve submuestras para cada una de las veinticuatro fechas de muestreo. De acuerdo al "muestreo piloto" realizado previamente, los resultados se ubicarían dentro de una desviación de $\pm 10\%$, con el 95% de probabilidad de ocurrencia.

El área de muestreo fue de 1000 m^2 (20×50) y la muestra extraída correspondía a los primeros 20 cm, desechando aproximadamente 3 cm de la superficie.

Después de una lluvia, se esperó siempre más de cuatro días para efectuar el muestreo (Tallarico, 1969).

Método de análisis

La estabilidad de la estructura fue medida mediante la diferencia entre el diámetro medio en peso o diámetro ponderado de los agregados secos al aire y luego de tamizados en agua, según el método de De Leenheer y De Boodt (1958).

Se destaca que al no contar con el agitador de Yoder (1936), que proponen De Leenheer y De Boodt en su método, tuvo que reemplazarse por el de Feodoroff. Estudios preliminares (*) indicaron que éste último producía una ruptura de agregados más intensa que el de Yoder; por ello, tuvo que modificarse el tiempo total y frecuencia de agitación a 4 minutos y 24 oscilaciones/minuto respectivamente, con lo que se logró que los resultados alcanzados mediante los dos procedimientos de agitación fuesen similares.

Expresión de los resultados

Se presentan como valores del cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP), que resulta de la diferencia entre el diámetro ponderado en seco y en húmedo ($DMP_S - DMP_H$), de acuerdo a:

$$DMP_S = (\% \cdot 7,55) + (\% \cdot 4,45) + (\% \cdot 2,65) + (\% \cdot 1,50) / 100$$

$$DMP_H = (\% \cdot 7,55) + (\% \cdot 4,45) + (\% \cdot 2,65) + (\% \cdot 1,50) + (\% \cdot 0,75) + (\% \cdot 0,25) / 100$$

Donde: % , corresponde a la fracción en peso de cada muestra y es multiplicada por el valor medio en mm de la abertura de los dos tamices consecutivos.

(*) Datos inéditos del Laboratorio de Conservación y Manejo de suelos, 1980.

Los resultados también se expresan como "índices de estabilidad", referidos porcentualmente:

a) ($\%V 1,36$), al mejor estado de agregación hallado (12-12-81, $CDMP = 1,36 \text{ mm}$)

b) ($\%V 0,50$), referido al "suelo perfecto" de De Leenheer y De Boodt ($CDMP = 0,50 \text{ mm}$)

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla N° 1 se muestran valores hallados para los veinticuatro muestreos en las tres formas de expresión mencionados; además se incluye la interpretación estadística entre medias. Se destaca la homogeneidad de los resultados, puesto que los valores más contrastantes sólo difieren en menos del 14% (ejemplo, muestreo del 12-12-81 y del 13-6-81) en términos relativos. Contrariamente, Hofman y Appelmans (1974), observaron cambios de más del 100% a lo largo de un año. Cabe suponer que las condiciones climáticas de Médanos son muy benignas y que la estepa gramínea actúa como reguladora de las fluctuaciones climáticas que afectarían la estabilidad de los agregados.

En la figura N° 1 se representan los resultados del CDMP mediante una curva experimental y su respectiva recta de ajuste para los cuarenta meses. La recta de regresión, a despecho de su pobre ajuste, refleja que el suelo evoluciona muy lentamente hacia un mejor estado de agregación; así el CDMP fue de $0,0308 \text{ mm}$ (2,09%) para el período considerado.

En la Tabla N° 2 aparecen los valores de CDMP medios mensuales y sus respectivos coeficientes de variación. Se destaca la baja dispersión de los resultados promediados, que en ningún caso supera el 20% de variación.

El menor CDMP ocurrió en el mes de diciembre ($1,3792 \text{ mm}$), incrementándose levemente en febrero ($1,4042 \text{ mm}$) y marzo ($1,4188 \text{ mm}$); sin embargo, las diferencias entre estos tres meses no son significativas. A partir de abril, coincidiendo con el inicio del otoño y con el período de mayor precipitación anual, los valores del CDMP sufren una importante escalada ($1,5038 \text{ mm}$), los que se mantienen sin diferencias significativas hasta el mes de octubre.

Para comparar los promedios mensuales de CDMP se ha confeccionado la figura de doble entrada N° 2, donde se representa el nivel de significancia existente

Tabla 1: Valores promedio de la estabilidad de agregados según fecha de muestreo y sus comparaciones por medio del test de Duncan al 5%.

Muestreo Nº/Fecha	CDMP (mm)	C. V.	% V 1,36	% V 0,50	Comparación de medias muestreo (**) Nº
1/14-03-80	1,45	8,43	93,8	34,5	13 a
2/13-06-80	1,51	7,03	90,1	33,1	7 a
3/11-07-80	1,47	4,12	92,5	34,0	20 a b
4/16-09-80	1,54	4,14	88,3	32,5	22 a b c
5/18-10-80	1,46	7,36	93,1	34,3	6 a b c d
6/11-12-80	1,40	5,80	97,1	35,7	14 a b c d
7/16-02-81	1,37	3,58	99,3	36,5	12 a b c d e
8/18-04-81	1,53	6,01	88,9	32,7	19 a b c d e
9/13-06-81	1,58	3,94	86,1	31,7	21 b c d e f
10/11-07-81	1,46	6,47	93,1	34,3	1 c d e f g
11/16-09-81	1,50	2,72	90,7	33,3	15 c d e f g
12/19-10-81	1,41	5,24	96,5	35,5	17 c d e f g
13/12-12-81	1,36 (*)	3,77	100,0 (*)	36,8 (*)	5 d e f g h
14/18-02-82	1,40	4,56	97,1	35,7	10 d e f g h
15/18-04-82	1,45	4,40	93,8	34,5	3 e f g h i
16/19-05-82	1,48	6,36	91,9	33,8	16 f g h i j
17/23-06-82	1,45	5,72	93,8	34,5	24 f g h i j
18/20-08-82	1,53	5,57	88,9	32,7	11 f g h i j k
19/14-10-82	1,41	8,43	96,5	35,5	2 g h i j k
20/15-12-82	1,38	3,60	98,6	36,2	8 i j k l
21/16-02-83	1,44	6,34	94,4	34,7	18 i j k l
22/22-03-83	1,39	6,80	97,8	36,0	23 i j k l
23/18-05-83	1,53	6,24	88,9	32,7	4 j k l
24/13-07-83	1,48	6,78	91,9	33,8	9 j k l

CDMP: Cambio en el diámetro medio ponderado, promedio para cada fecha de muestreo.

% V 1,36: Porcentaje de variación de la estabilidad estructural en relación al mejor estado de agregación encontrado en el suelo de Médanos (Muestreo Nº 13).

% V 0,50: Porcentaje de variación de la estabilidad estructural en relación al suelo "casi perfecto" de De Leenheer y De Boodt (1958).

(*): El mejor estado de estabilidad de acuerdo a los 24 muestreos realizados.

(**): Los valores que tienen alguna letra en común no son estadísticamente diferentes. La amplitud mínima significativa es de 0,06 mm para un contraste de hasta cuatro medias y de 0,07 mm para un contraste mayor.

entre dichas medias según el test de "t" para un análisis de variación de muestras desiguales. Se aprecia claramente que los meses de diciembre y febrero tienen un comportamiento diferencial respecto de los restantes.

En la figura Nº 3 se representa la curva experimental de los valores de CDMP promediados mensualmente y la respectiva curva de ajuste: $CDMP (mm) = 1,3418 + 0,0608 x - 0,0053 x^2$; donde $x = 0$ corresponde al mes de enero y $x = 11$ a diciembre. El buen ajuste de los datos experimentales mediante este polinomio de segundo grado ($R^2 = 86,31\%$, altamente significativo

al 1% según test de "F"), confirma la periodicidad de la variación mensual de los CDMP.

Los valores de CDMP de todas las muestras se promediaron para las cuatro estaciones del año, ver Tabla Nº 3.

Estos valores medios estacionales sólo tienen valor ilustrativo del fenómeno, ya que la gran dispersión de los resultados promediados los hacen poco confiables. No obstante, sirven para confirmar que el suelo presenta su mejor estabilidad durante el verano y la primavera. Contrastando significativamente con el otoño y el invierno; a su vez comparando primavera con ve-

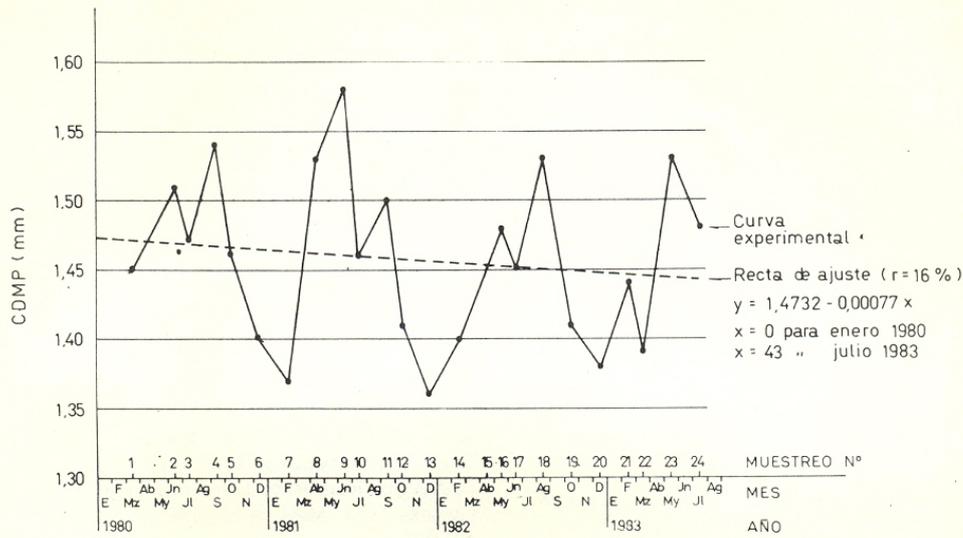


Figura N° 1. Cambios en el diámetro medio ponderado (CDMP) durante el periodo marzo 1980 - julio 1983

TABLA N° 2: Promedios mensuales de la estabilidad estructural.

Muestreo	CDMP	C. V. (*)	% V 1,36	
Mes	N°	(mm)	(%)	
E	—	—	—	
F	7-14-21	1,4042	16,85	96,85
Mz	1-22	1,4188	11,35	95,86
Ab	8-15	1,5038	12,03	90,44
My	16-23	1,5063	12,05	90,29
Jn	2-9-17	1,5125	18,15	89,92
Jl	3-10-24	1,4700	17,64	92,52
Ag	18	1,5300	6,12	88,89
S	4-11	1,5200	17,12	89,47
O	5-12-19	1,4267	17,12	95,32
N	—	—	—	—
D	6-13-20	1,3792	16,55	98,61

(*) C. V.: Coeficiente de variación de los valores promediados mensualmente.

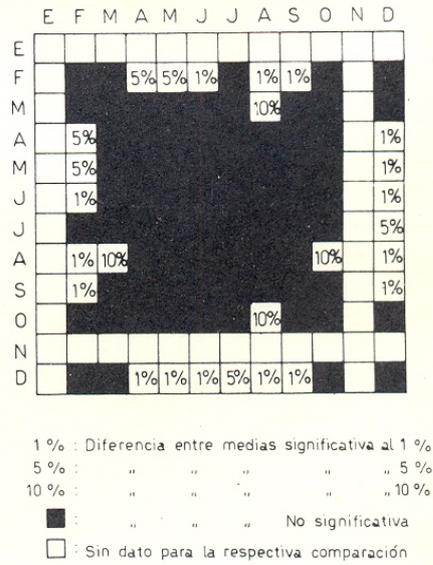


Figura N° 2. Comparación entre los promedios mensuales del CDMP según test de "t".

Tabla N° 3. Promedio estacional de valores de CDMP y análisis de significancia estadística según test de "t"

Estación	CDMP (mm)	C. V. (%)	Contraste y significancia
Primavera	1,4033	33,67	Invierno/otoño : No significativo
Verano	1,4150	22,64	Invierno/verano : Signif. al 1%
Otoño	1,4817	35,68	Invierno/primavera : Signif. al 1%
Invierno	1,5013	40,03	Otoño/primavera : Signif. al 5%
			Otoño/verano : Signif. al 5%
			Verano/primavera : No significativo

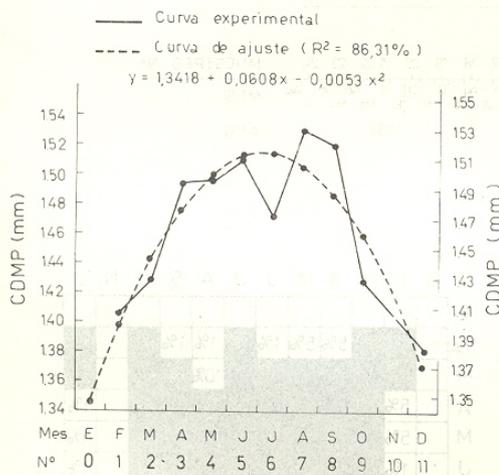


Figura No 3: Variación mensual promedio del CDMP.

rano y otoño con invierno, se ven que las diferencias no son significativas.

Analizando el comportamiento estacional de este suelo, la mejor estabilidad de agregados ocurre por un lado en verano, época de mayor déficit hídrico, y que éste podría dar como resultado una mayor cohesión de las partículas debido a un reordenamiento de sus "puentes" de enlace; que en invierno, período de "recarga" del suelo, la cohesión disminuiría y consecuentemente decrecería su estabilidad (Henin *et al.*, 1972; Harris *et al.*, 1966).

Por otro lado, también se supone que la mejor estabilidad encontrada en primavera, estaría relacionada con una mayor actividad de los microorganismos rizo-féricos y un incremento de sus productos metabólicos (Rennie, 1954; Malik *et al.*, 1965; Emmond *et al.*, 1971) los que actuarían temporariamente como cementante de partículas minerales (Monnier, 1965; Henin *et al.*, 1972), ello ha sido comprobado en gramíneas (Baldani *et al.*, 1981), que justamente constituyen mayoritariamente la cubierta vegetal natural de este suelo.

Finalmente, debe recordarse que la cubierta vegetal actúa físicamente como reguladora de los agentes desagregantes (gotas de lluvia, vientos) y de la temperatura, por lo que cabe suponer que su acción es siempre positiva.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el período marzo 1980 a julio 1983, se comprobó que:

- La estabilidad de los agregados del suelo en estudio, según el método de De Leenheer y De Boedt, no varió en más del 14%.
- Existió una lenta tendencia global a mejorar la estabilidad, estimada en el 2,09% para todo el período y en el 0,55% anual; sin embargo el ajuste estadístico lineal de este proceso fue pobre ($R = 16\%$).
- Los mejores valores medios mensuales de estabilidad se hallaron en diciembre (CDMP = 1,3792 mm) y en febrero (CDMP = 1,4042 mm), los que difirieron estadísticamente con los correspondientes a la mayoría de los restantes meses.

- Los valores medios mensuales de estabilidad de agregados más desfavorables se produjeron en agosto (CDMP = 1,5300 mm) y septiembre (CDMP = 1,5200 mm).
- La variación mensual de los CDMP se ajusta correctamente a un modelo cuadrático ($R^2 = 86,31\%$).
- Estacionalmente, los valores de estabilidad decrecieron en otoño, se hicieron mínimos en invierno, aumentaron en primavera y llegaron al máximo en verano.
- El estado de humedad del suelo estaría relacionado con la agregación; durante la sequía estival se produciría un reordenamiento de los enlaces entre partículas que forman los agregados, y que esa cohesión disminuiría durante los períodos de mayores lluvias o de recarga hídrica del perfil.
- La actividad radicular y los productos metabólicos de la flora rizosférica, desempeñarían un rol positivo en la agregación durante la primavera.

Posibles explicaciones a estos hechos son:

- Las condiciones climáticas del lugar (temperatura y precipitación especialmente) no afectaron en demasía al suelo y/o bien, su cubierta gramínea actuó como reguladora de los cambios meteorológicos.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos de Agronomía de este Departamento, Marcelo Montiel y Silvia Ducós por la inestimable ayuda brindada en las determinaciones.

Al Ing. Agr. Carlos A. Puricelli por la corrección del manuscrito y por las ideas aportadas.

REFERENCIAS

- Aldefer, R. B., 1950. Influence of seasonal and cultural conditions on aggregation of Hagerstown soil. *Soil Sci.* 69:193-203.
- Baldani, J. I.; P. A. A. Pereira, R. E.; M. da Rocha y J. Döbenreiner, 1981. Especificidade na infeção de raízes por *Azospirillum* spp. em plantas com via fotossintética C_3 e C_4 . *Pesq. Agrop. Brasileira* 16:325-330.
- De Leenheer, L. y M. De Boodt, 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Proceedings of the International Symposium of Soil Structure.* Gent. Bélgica. 290-300.
- Emmond, G. S., 1971. Effect of rotations, tillage treatments and fertilizers on aggregation of a clay soil. *Canadian J. of Soil Sci.* 51:235-242.
- Gish, R. E. y G. M. Browning, 1948. Factors affecting the stability of soil aggregates. *Soil Sci. Soc. of Amer.* 13:43-50.
- Harris, R. F.; G. Chesters y O. N. Allen, 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy.* 19: 107-169.
- Henin, S.; R. Grass; G. Monnier, 1972. El Perfil Cultural. Ediciones Mundi-Prensa. Capítulo V.
- Hofman, G., F. Appelmans, 1974. Seasonal changes of the aggregate instability. *Z. Pflanzenern Bodenk* 2: 209-216.
- Hofman, G., 1975. Les variations de l'instabilité des agrégats avec la profondeur dans la couche arable et ses causes. *Pedologie*, XXV: 56-67.
- Klingebliel, A. A. y P. H. Montgomery, 1965. Clasificación por capacidad de uso de las tierras. Manual 210 Centro Regional de Ayuda Técnica. 20 pp.
- Malik, M. N.; D. S. Stevenson y G. C. Russell, 1965. Water-stable aggregation in relation to various cropping rotations and soil constituents. *Canadian J. of Soil Sci.* 45: 189-197.
- Monnier, G., 1965. Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Tesis. Institut de la Recherche Agronomique. París.
- Rennie, D. A.; E. Truog y N. O. Allen, 1954. Soil aggregation as influenced by microbial gums, level of fertility and kind of crop. *Soil Sci. Soc. of Amer. Proc.* 18: 399-403.
- Soil Taxonomy, 1975. *Agriculture Handbook* 436. U. S. D. A.
- Tallarico, L. A., 1964. Variaciones estacionales en la estabilidad de los agregados en suelos Pradera. RIA. INTA, Serie 3, Clima y Suelo, I: 180-189.
- Tallarico, L. A., 1969. Influencia de distintos tratamientos culturales sobre la estructura del suelo brunizen. RIA, INTA, Serie 3, Clima y Suelo, VI: 1-11.
- Torre, L. y M. A. Donnari, 1979. Informe Agroclimático de Argerich, Pcia. de Buenos Aires (Serie 1951-1976). Contribución Nº 1, Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo. Departamento de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. 13 pp.
- Wilson, H. A.; R. Gish y G. M. Browning, 1947. Cropping systems and season as factors affecting aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12: 36-39.
- Yoder, R. E., 1936. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of the Amer. Soc. of Agronomy.* 28: 337-351.