



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Trabajo Final de Graduación

Modalidad “Pasantía”

Título: “Entrenamiento en la Determinación de la Estabilidad de Agregados en Suelos del Departamento Ituzaingó, Corrientes”

Pasante: NICHIPORUK, Leonardo Dante B.

Director: Ing. Agr. (Dra.) TOLEDO, Diana Marcela

Lugar de realización del trabajo: Cátedra de Edafología.
Departamento de Suelo y Agua. Facultad de Ciencias Agrarias.
Universidad Nacional del Nordeste.

Año: 2020

Índice

Introducción.....	2
Objetivo.....	4
Materiales y Métodos.....	5
Resultados.....	7
Consideraciones.....	7
Conclusiones.....	8
Imágenes.....	8
Bibliografía.....	13

Introducción:

El suelo es la base para la producción de alimentos, forrajes, combustibles y fibras y para muchos servicios ecosistémicos esenciales, es un componente fundamental de los recursos de la tierra, del desarrollo agrícola y la sostenibilidad ecológica (FAO, 2015). Es un recurso finito, lo que implica que su pérdida y degradación no son reversibles en el curso de una vida.

El suelo juega un importantísimo papel en la sostenibilidad de los ecosistemas tanto naturales como agrarios en los que constituye un reservorio temporal en del ciclo del agua a la que filtra y depura en su recorrido hacia los acuíferos. Además, sirve de soporte a todos los seres vivos del ecosistema, vegetales y animales, a los que suministra el agua y los nutrientes que necesitan para el desarrollo completo de su ciclo vital (Serrano, 2016).

En el mundo, se enfrentan grandes desafíos para lograr la seguridad alimentaria de manera sostenible, considerando su área de tierra per cápita disponible, grave escasez de recursos de agua dulce e infraestructura particular y condiciones socioeconómicas. Esto es agravado aún más por la severa degradación global del suelo, en particular África subsahariana y Asia meridional, y mayores riesgos de erosión del suelo. Las amenazas más significativas para la función del suelo a escala global son la erosión del suelo, la pérdida del carbono orgánico del suelo (COS), y el desequilibrio de nutrientes. El panorama actual señala que el estado de los suelos se agravará cada vez más, salvo que individuos, el sector privado, gobiernos y organizaciones internacionales tomen acciones concertadas y acertadas hacia la gestión sostenible del suelo.

Se estima que alrededor de una cuarta parte de las tierras cultivables del planeta presentan algún signo de erosión y/o degradación, identificando como causas principales al empleo de prácticas de manejo inadecuadas, la deforestación y el sobrepastoreo (FAO & GTIS, 2015). El 33 por ciento de los suelos del mundo están moderada o altamente degradados debido a la erosión, la salinización, la compactación, la acidificación y la contaminación de los suelos por productos químicos entre otros. El suelo que es erosionado de los campos y llega a cursos de agua superficiales tiene mayores efectos negativos sobre la calidad del agua. La erosión hídrica se estima que transporta de 23 a 42 millones de toneladas de N y de 15 a 26 millones de toneladas de P fuera de las tierras agrícolas a nivel global. La fracción de sedimentos y nutrientes perdidos de las tierras agrícolas que llega a cursos de agua superficiales en muchas regiones es lo suficientemente grande como para causar la eutrofización generalizada. Los cuerpos de agua afectados varían de pequeños humedales dentro de paisajes agrícolas hasta los paisajes de vasta hipoxia o zonas muertas en áreas marinas cerca a la costa (FAO & GTIS, 2015). La tasa actual de degradación de los suelos amenaza la capacidad de las generaciones futuras de atender sus necesidades más básicas. Se estima que las tendencias demográficas y el crecimiento previsto de la población mundial (que superará los 9.000 millones en 2050) darán lugar a un aumento del 60 por ciento de la demanda de alimentos, forraje y fibras (FAO, 2015).

Una síntesis del meta-análisis sobre la relación erosión del suelo -productividad sugiere que una pérdida media mundial de 0,3 por ciento del rendimiento anual de los cultivos ocurre debido a la erosión. Si esta tasa de pérdida continúa sin cambios en el futuro, una reducción total del 10 por ciento del rendimiento potencial anual podría

ocurrir para el año 2050. Esta pérdida de rendimiento debido a la erosión podría ser equivalente a la eliminación de 150 millones de ha de producción de cultivos o 4,5 millones de ha año⁻¹ (FAO & GTIS, 2015).

Degradación de suelos:

El 40% del territorio está afectado en alguna medida por fenómenos de degradación física, química o biológica. Entre los más importantes se pueden mencionar la erosión (hídrica y eólica), compactación, sellado y encostrado superficial, acidificación, salinización, pérdida de fertilidad (materia orgánica y nutrientes) (Michelena, 2011).

La degradación del suelo puede ser física, química y/o biológica. En cuanto a la física, la estructura del suelo y la estabilidad de los agregados toman un papel de gran importancia. La estructura del suelo hace referencia a la disposición de las partículas primarias del suelo y a la formación de partículas secundarias llamadas peds o agregados (Porta, J. et al., 1999). La agregación del suelo es el proceso mediante el cual sus partículas primarias (arena, limo y arcilla), se unen formando unidades secundarias (agregados), debido a la acción de fuerzas naturales y a sustancias derivadas de exudados de las raíces y provenientes de la actividad microbiana (Madison, 1996).

Oades (1984), citado por Dalurzo (2002), define a un agregado como un grupo o conjunto de partículas donde las fuerzas de unión entre sí superan a las existentes entre este y otros grupos adyacentes, y por estructura, al arreglo u ordenamiento espacial de los agregados y poros en el suelo.

La agregación del suelo es considerada un indicador que proporciona información acerca de la capacidad del mismo para funcionar en un ecosistema, debido a que interviene en el transporte de líquidos, gases, calor, y además influye en procesos físicos como la infiltración, aireación y erosión (Doran & Parkin, 1994). La agregación del suelo integra propiedades edafológicas (físicas, químicas y biológicas), es fácil de medir, sensible a variaciones del clima, manejo, y detecta cambios en el suelo como resultado de la degradación antropogénica (Boehm & Andreson, 1997; Seybold & Herrick, 2001). Por lo tanto, se lo considera una excelente herramienta para evaluar la calidad del suelo (Cammeraat e Imeson, 1998, citado por Martínez Trinidad et al., 2007).

La estabilidad de los agregados (EA), es una estimación de la capacidad del suelo para mantener la arquitectura de la fracción sólida y del espacio poroso cuando se someten a la acción de fuerzas originadas por la acción de agua o de esfuerzos mecánicos externos (Kay, B. D., 1990). Esta corresponde a la cantidad de agregados estables en un suelo, y puede ser considerada como un indicador de calidad estructural del mismo (Taboada & Álvarez, 2008). La EA está dada por la presencia de coloides orgánicos e inorgánicos, dentro de los orgánicos la materia orgánica juega un rol fundamental en la agregación de partículas, mientras que dentro de los coloides inorgánicos la arcilla es la que más influye positivamente en la formación de agregados (Álvarez et al., 2008). Así, uno de los indicadores del estado estructural del suelo es la EA (Mbagwu, 2004), debido a que los mejores suelos y los más resistentes a la erosión son aquellos que poseen mayores contenidos de materia orgánica y alta EA (Romero Díaz et al., 2020).

La EA, por ser una característica edáfica dinámica, es sensible de tendencias a la recuperación por agua que fluye. En general mayores cantidades de agregados estables son mejores para la calidad del suelo (USDA, 1999).

La destrucción de agregados, es el primer paso hacia el desarrollo de costras y sellado superficial, los cuales impiden la infiltración del agua e incrementan la erosión. La agregación del suelo puede variar a lo largo de determinado periodo de tiempo, tales como una estación o un año, de manera que los agregados pueden formarse, desintegrarse y re-agregarse periódicamente (Hillel, 1982).

El estudio de la EA y su variación influye directa e indirectamente en otros atributos ó indicadores de calidad del suelo como puede observarse en el siguiente esquema indicando que la disminución de la estabilidad da lugar a la destrucción de los agregados y dispersión de las partículas, lo que lleva a la formación de costras, colmatación y sellado del suelo, causando la compactación y disminución de la capacidad del mismo de absorber y retener agua, favoreciendo de este modo la escorrentía y erosión como también una aireación deficiente lo que impide la emisión de CO₂ y otros gases.

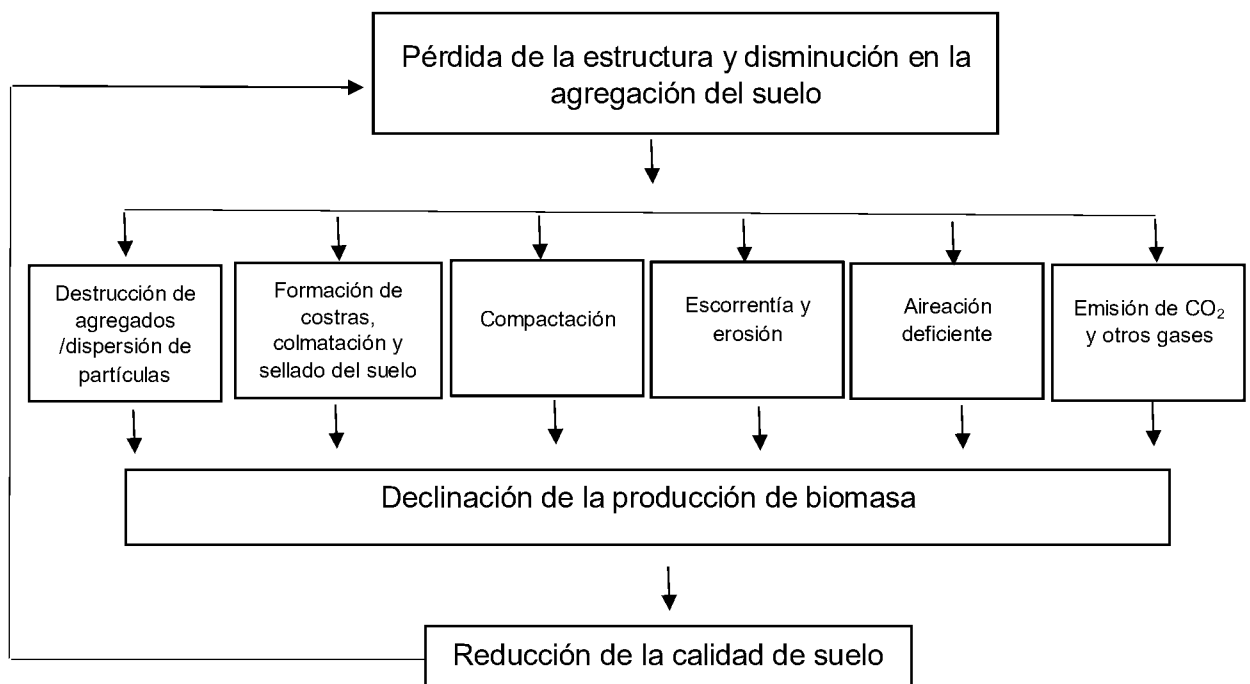


Figura 1: Impacto de la pérdida de la estructura en la calidad física del suelo (Navarrete, Vela, López, & Rodríguez, 2011).

Objetivo:

Esta pasantía tiene por objetivo, adquirir destreza en la determinación de la estabilidad de agregados aplicando la metodología de Kemper y Rosenau en suelos del departamento de Ituzaingó, provincia de Corrientes.

Materiales y métodos:

Se trabajó con muestras provenientes de lotes con pastizales naturales (Foto N°1) y lotes con Pinus sp de 15 a 17 años de edad (Foto N°2), en suelos del orden Inceptisol del departamento de Ituzaingó (Provincia de Corrientes).

Se utilizaron muestras correspondientes a 3 lotes de pastizales (Pz) y 3 de Pinus sp (Pi), a 3 profundidades: 0-0,10; 0,10-0,20 y 0,20-0,30 m. Se procesaron un total de 77 muestras y cada una se analizó por duplicado.

Para la determinación de la EA se aplicó la metodología del tamizado en húmedo propuesta por Kemper y Rosenau (1986).

Descripción de la metodología aplicada:

1. Acondicionamiento de las muestras de suelo:

Se acondicionaron las muestras de suelo para lo cual se procedió a quitar los elementos groseros y extraños, y se desmenuzaron los terrones de suelo, dejando las muestras sobre bandejas para que logren adquirir equilibrio con la humedad del aire o se llevó a estufa a una temperatura ligeramente más alta ($\leq 40^{\circ}\text{C}$) para acelerar el proceso de secado.

2. Determinación de la humedad:

De las muestras provenientes de las estufas se tomaron submuestras para la determinación del contenido de humedad en suelo seco a aire mediante gravimetría, secando las submuestras a 105°C en estufa por 24 a 48hs hasta peso constante. Posteriormente se realizaron los cálculos para determinar el porcentaje de humedad contenida en las muestras. El contenido de humedad presente en las muestras se calcula para realizar las correcciones de los resultados expresados en base seca.

3. Desmenuzado y tamizado de las muestras:

Con las muestras secas al aire retiradas de la estufa y equilibradas a temperatura ambiente se procedió a un nuevo desmenuzado manual de los terrones de suelo de mayor tamaño para lograr la desintegración de éstos obteniendo así mayor cantidad de agregados del tamaño de interés para la determinación y luego se tamizó con tamices de malla N°6 y N°10 (Foto N° 3) y se recolectaron los agregados contenidos entre ellos, los mismos con un diámetro entre 2 y 3,36 mm y se retiraron partículas groseras como cascotes, palitos, etc. que no componen los agregados del suelo. Finalizado el tamizado se procedió a colocar los agregados recogidos en los tamices en bolsitas de polietileno (Foto N° 4) debidamente identificadas y colocadas en estantes con el cuidado de evitar el manipuleo excesivo y apilado para evitar la fragmentación de los mismos.

4. Determinación de la estabilidad de agregados:

En primer lugar, se pesaron 4 g de los agregados recogidos de los tamices (2 – 3,36 mm) luego de desmenuzados (Foto N° 5). Este paso se realizó por duplicado en cada muestra para obtener un valor estadísticamente más representativo y reducir el error, debido que se

trabaja con pequeñas muestras que intentan reproducir las condiciones reales de campo.

Se colocaron los agregados en los filtros del estabilizador (malla de 0,5 mm) removiendo cuidadosamente, tratando de los agregados ocupen todo el espacio y se distribuyen ordenadamente. Luego se humedeció por capilaridad con agua destilada utilizando un recipiente con la base húmeda y un gotero o pipeta dejando de absorber muy lentamente el agua para evitar el desagregados en las partículas debido a la acción del aire retenido en los poros y las distintas fuerzas de tensión producidas por el humedecimiento rápido y desigual de los agregados que pueden producir fisuras.

Paralelamente que se humedecían los agregados, se procedió a cargar los recipientes del equipo estabilizador donde se produce la inmersión y tamizado de los agregados, con agua destilada hasta un nivel dado teniendo el cuidado de que el recorrido de los agregados contenidos en los filtros se logre en todo momento sumergidos en el seno de la masa de agua.

Una vez humedecidas todas las partículas, se colocaron los filtros en sus respectivos orificios en la paleta en posesión de trabajo sumergiendo los agregados en los recipientes con agua (Foto N° 6 y 7) y se encendió el equipo, la longitud del desplazamiento de los tamices fue de 13 mm, con una frecuencia de 35 ciclos por minuto. Simultáneamente se activó el cronometro fijado en 5 minutos.

Cumplido el tiempo se retiraron los filtros con los agregados retenidos en él que resistieron el proceso disruptivo del agua y se procedió a su recolección en sus respectivos recipientes metálicos (pesa-filtros) con la ayuda de una piseta y se llevó a estufa a 105°C durante 24 hs (Foto N° 8 y 9).

Pasado el tiempo de secado y llegados a temperatura de laboratorios se procedió a pesar los pesa-filtros que antes de iniciar el proceso fueron tarados, cargando los datos en tablas. Lo obtenido aquí pertenece a la porción de agregados estables bajo la acción de agua y arena mayor a 0,5 mm de diámetro.

Luego de pesado los agregados se añadió una solución de NaOH 0,05N preparado con anterioridad (2g NaOH por cada litro de agua destilada) hasta quedar sumergidos completamente y se dejó actuar 10 a 20 minutos con el fin de lograr la desagregación de las partículas. Para acelerar el proceso y continuar con el siguiente paso se agitó la solución con las partículas en él contenidas con la ayuda de una varilla de vidrio hasta alcanzar la completa desintegración de los agregados (Foto N° 10), asegurando así la individualización de las partículas primarias del suelo.

Terminando este proceso se filtró la solución en tamices de 0,5 mm y se lavó el excedente hasta que el fluido lograra una coloración transparente, recolectando de este modo las partículas mayores a 0,5 mm en sus respectivos pesa-filtros que luego se llevaron a estufa por el lapso de 24 hs a 105°C, al igual que el caso anterior.

Nota: Se debe tener el cuidado de trabajar con los mismos pesa-filtros durante la determinación para evitar tarar cada vez que se atravésé su contenido y de este modo ahorrar un trabajo muy

engorroso, por lo tanto, se aconseja trabajar con los mismo pesa-filtros para cada muestra desde el inicio hasta finalizar la determinación.

Transcurrido dicho periodo de secado, se retiraron las muestras, se procedió al pesaje de los mismos y se volcaron los datos en la tabla correspondiente. Esta porción hallada en el paso anterior es lo referido a la cantidad de arena y otras partículas mayores a 0,5 mm.

Finalmente por diferencia, restando lo correspondiente a arena y realizando las operaciones necesarias se obtuvo la proporción de agregados estables bajo la acción de las fuerzas disruptivas del agua, al cual se lo corrigió con el factor de humedad hallado inicialmente y se determinó la cuantía de agregados estables medido en porcentaje de estabilidad de agregados (%EA), donde un valor cercano a 100 nos indica una alta estabilidad del agregado, mientras que un valor cercano a cero nos indica que el agregado es muy inestable bajo los efectos disruptivos del agua.

Resultados:

Los valores de estabilidad de agregados obtenidos para las distintas situaciones se pueden observar en la Tabla 1.

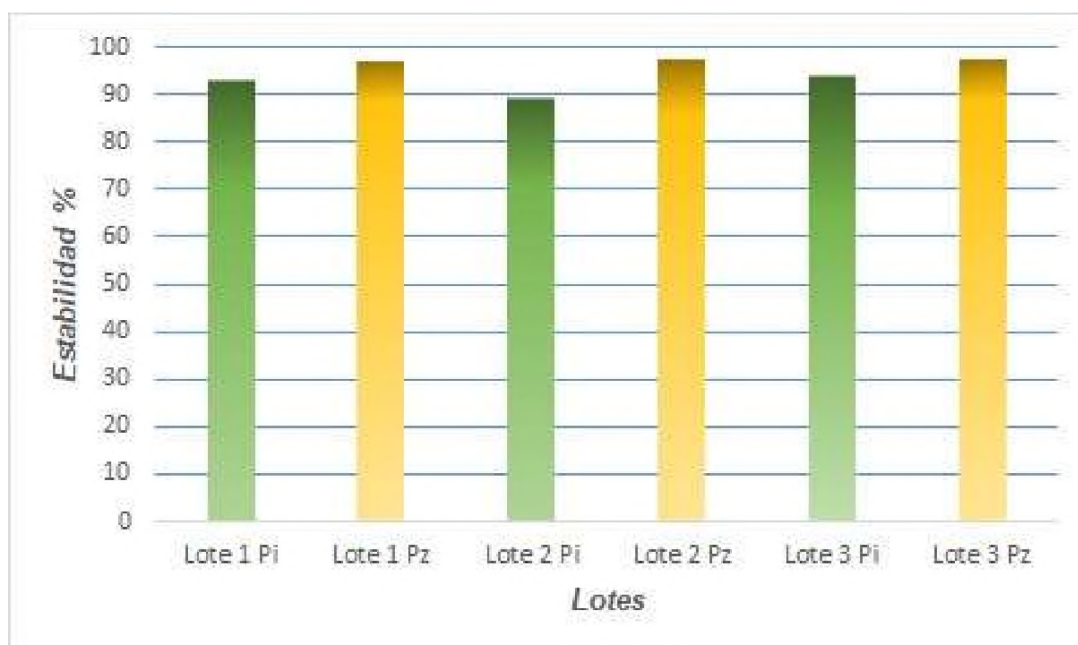


Tabla 1: Valores medios de estabilidad de agregados obtenidos para las muestras de suelo bajo pino (pi) y pastizal (pz) durante el adiestramiento.

Se pudieron observar diferencias en los valores de EA entre tratamientos y entre lotes. Los mayores valores de EA correspondieron a la situación natural de pastizal, y fueron menores bajo plantaciones de Pinus sp, no obstante, para arribar a conclusiones certeras es necesario efectuar estudios posteriores aplicando análisis estadísticos como ANOVA.

Consideraciones:

La EA puede incrementarse con el tiempo de stockeado por cuanto es deseable que el análisis sea hecho tan pronto como sea posible una vez que las muestras estén secas al aire. Es importante que la determinación se realice con agua destilada o al menos con aquellas con contenidos bajo en sales, $CE < 0,01 \text{ dS.m}^{-1}$.

Algunos suelos pueden tener una EA cercana al 100% cuando se utiliza el método de determinación en húmedo Kemper & Rosenau (1986), esto comúnmente ocurre en suelos de regiones húmedas y de alta estabilidad ricos en agentes cementantes como MO, sesquióxidos de hierro y aluminio etc. Kemper & Rosenau (1986) recomiendan el uso de una fuerza disruptiva mayor de estos suelos, lo cual se logra aumentando la duración y amplitud del tamizado o seleccionado una técnica de humectación más disruptiva.

Si los agregados secos son humedecidos demasiado rápidamente, la presión atmosférica, puede producirse desintegración y desleimiento¹. Luego de un humedecimiento rápido el agua capilar que penetra en los poros causa el entrapamiento del aire de los poros en los agregados y la consecuente presión causa la ruptura (Kemper & Rosenau, 1986).

Conclusiones

Se adquirió experiencia en la determinación de la estabilidad de agregados aplicando la metodología de Kemper y Rosenau (1986).

La EA es una característica determinante del estado en que se encuentra el suelo y de su capacidad de mantenerse estable en cuanto a su estructura tras someterse a distintas fuerzas disruptivas, y dicha propiedad del suelo posee una alta sensibilidad a los cambios producidos por el uso y manejo del suelo. Es por ello que podría utilizarse como un buen indicador de calidad física del suelo.

Imágenes:



Foto N° 1: Pastizal natural (*Andropogon bicanis* y *A. virgatus*).

¹Desleír: Hacer que un cuerpo o una sustancia, al mezclarse con un líquido, se deshaga hasta que sus partículas queden incorporadas a dicho líquido.



Foto N° 2: Forestación con Pinus sp. con 15 a 17 años de edad.



Foto N° 3: Tamices de suelo



Foto N° 4: Muestras de suelo secas al aire, molidas y tamizadas, conservadas en bolsas plásticas



Foto N° 5: Balanza de precisión



Foto N° 6: Equipo estabilizador

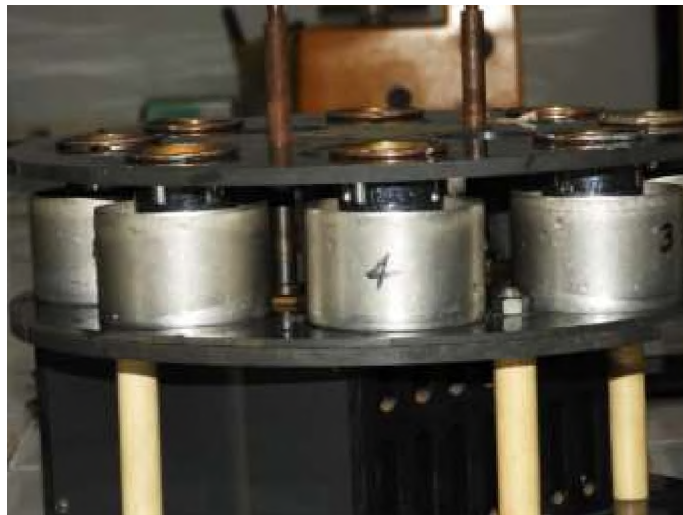


Foto N° 7: Equipo estabilizador, detalle de filtros en sus respectivos orificios en la paleta en posesión de trabajo y de los recipientes con agua.



Foto N° 8: Estufa



Foto N° 9: Estufa, detalle de pesa-filtros



Foto N° 10: Agitado de la solución luego de agregar NaOH 0,05N, con la ayuda de una varilla de vidrio.

Bibliografía:

- Alvarez M. F.; M.L. Osterrieth; V. Bernava Laborde & L.F. Montti 2008. Estabilidad, Morfología y Rugosidad de Agregados de Argiudoles Típicos Sometidos a Distintos Usos: Su Rol como Indicadores de Calidad Física en Suelos de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Cl. Suelo (Argentina)* 26(2): 115-129.
- Boehm, M. M. & D. W. Andreson. 1997. A landscape study os soil quality in three prairie farming systems. *En Soil Science Society of America Journal* (págs. 1147-1159).
- Doran, J. W. & T. B. Parkin. 1994. Definición y evaluación de la calidad del suelo para un medio ambiente sostenible. *Soil Science Society of America* (35 ed., págs. 3-21). Madison, Wisconsin.
- FAO & GTIS. 2015. Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS). Resumen Técnico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo, Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. El suelo es un recurso no renovable. Viale delle Terme di Caracalla. Roma, Italia.
- Hillel, D. 1982. *Introduction to Soil physics*. Academic Press, San Diego, CA.
- Kay, B. D. 1990. Tasas de cambio de la estructura del suelo en diferentes sistemas de cultivo. *En Avances en la ciencia del suelo* 12 (págs. 1-52). Springer, Nueva York, NY.
- Kemper, W. D. & R. C. Rosenau. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. *En In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods* (págs. 425-441). ASA and SSSA, Madison, WI.

- Madison, W. I. 1996. Suelo Sociedad de Ciencias de América. En S. S. America, Glossary of Soil Science Terms (pág. 138).
- Martínez Trinidad, S.; J. D. Etchevers Barra; H. Cotler Avalos; V. M. Ordaz Chaparro; & F. D. León González. (2007). La agregación del suelo como indicador de calidad en un ecosistema tropical seco. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edafología.
- Mbagwu, J. 2004. Aggregate stability and soil degradation in the tropics. En Invited presentations Collage on Soil Physics 2003 (págs. 245-252). Trieste, Ytaly.
- Michelena, R. 2011. Degradación de Tierras en la Argentina. Prevención y Control. Buenos Aires, Argentina: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Navarrete, S. A.; C. G. Vela; B. J. López & G. L. Rodríguez. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo.
- Oades, J. M. 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. En Plant Soil 76 (págs. 319-337).
- Porta, J., M. López-Acevedo, & C. Roquero. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Mundi-Prensa. Bilbao, España.
- Romero Díaz, A., J. M. Quiñonero Rubio, R. Ortiz Silla, A. Sánchez Navarro, M. Fernández-Delgado Juárez, & J. M. Gil Vazquez. 2020. El uso de parámetros edáficos como indicadores de riesgo de erosión. Rambla de Las Moreras, Murcia, SE de España. In Congreso Internacional sobre Desertificación.
- Serrano, R. E. 2016. La Agricultura de Conservación, herramienta para potenciar el papel del suelo como sumidero de CO₂ atmosférico y defender a los suelos agrícolas de la erosión. Agricultura de Conservación(33), 91-97.
- Seybold, C. A. & J. E. Herrick. 2001. Kit de estabilidad agregada para evaluaciones de calidad del suelo.
- Taboada, M. A. & C. R. Álvarez. 2008. Fertilidad Física de los suelos . Facultad de Agronomía Unversidad de Buenos aires.
- USDA. 1999. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Selo.