

RESUMEN

La erosión eólica es uno de los graves problemas ambientales, sociales y económicos que debe enfrentar la región semiárida de nuestro país, especialmente cuando las tierras son destinadas a la agricultura. En este contexto, el sudoeste de la provincia de Buenos Aires es una de las áreas más comprometidas. La afectación en grado moderado a severo ya ha alcanzado a 1,20 millones de hectáreas en relación a una superficie potencial de 10,50 millones de hectáreas.

El proceso de erosión eólica degrada al suelo en forma irreversible, involucra una pérdida masiva de una parte del perfil y una disminución de los indicadores edáficos determinantes de la fertilidad. Como consecuencia, el suelo disminuye su productividad que, para el caso particular del SO bonaerense expresado en términos de rendimiento de trigo, representa una reducción en la cosecha de 50 kilogramos de grano por cada centímetro de suelo perdido. Las causas de la erosión eólica de los suelos se encuentran, principalmente, en sus características intrínsecas, que los hacen muy susceptibles a la deflación en situaciones de sequías prolongadas y los fuertes vientos. A todo esto se le suma la agricultura convencional, practicada en forma mayoritaria en la región, que aumenta el riesgo por dejar la superficie del suelo prácticamente descubierta.

Muchas de las investigaciones que se hicieron sobre erosión eólica han sido las bases para el desarrollo de los modelos de predicción. Entre los más conocidos aparecen: la “Ecuación de la erosión eólica” (WEQ), la “Ecuación revisada de la erosión eólica” (RWEQ) y el “Sistema de predicción de erosión eólica” (WEPS). En general, los modelos interpretan los mecanismos que intervienen en el proceso, identifican los factores más influyentes y permiten, como su aplicación más

importante, seleccionar manejos adecuados para minimizar las pérdidas de suelo. Consecuentemente, hoy en día, son considerados como una herramienta fundamental para guiar la producción agropecuaria hacia la sustentabilidad.

Los objetivos generales de este trabajo son:

- a) Analizar el comportamiento de las variables climáticas más importantes que intervienen en el proceso de erosión por viento; estudiar el comportamiento del sedimento eólico y las relaciones asociadas a parámetros y propiedades del suelo.
- b) Medir cuantitativamente las pérdidas de suelo por erosión eólica de un Haplustol típico y compararlas con las predicciones realizadas por los modelos: Ecuación de erosión Eólica (WEQ) y Ecuación revisada de erosión eólica (RWEQ).

Las mediciones de erosión eólica se llevaron a cabo en una parcela de 2,25 hectáreas, ubicada en el campo experimental “Napostá” del Departamento de Agronomía (UNS). El suelo fue mantenido libre de toda vegetación y sin rugosidad superficial durante los 3 años de estudio. Para las mediciones de erosión eólica se emplearon colectores de partículas de suelo BSNE (bandeja simple), BOSTRA y Colector Superficial. La información meteorológica necesaria provino de una estación automática Davis Vantage Pro - configurada para registrar todos los datos a intervalos de 30 minutos-.

Durante el período de estudio (2009 a 2011) las condiciones climáticas fueron totalmente favorables para la deflación del suelo. La mayoría de las tormentas eólicas tuvieron un promedio de alrededor de 6 eventos erosivos (períodos de 30 minutos con vientos mayores $6,7 \text{ m s}^{-1}$ a 2 metros de altura). El año 2009 fue el más severo, durante el mismo se estudiaron 14 tormentas que sumaron 517 horas con viento por encima de la velocidad umbral. La precipitación de ese año resultó ser un 22% del registro histórico, situación que favoreció al proceso de erosión.

La velocidad media del viento durante los eventos erosivos fue de $8,86 \text{ m s}^{-1}$, mientras que la máxima media fue de $16,53 \text{ m s}^{-1}$, con un registro que alcanzó los 23 m s^{-1} . La dirección predominante del viento, en el 86% de los casos, fue del sector NO-NNO. En este aspecto se encontró una asociación entre la fluctuación de la dirección del viento y la recolección de sedimentos en los colectores. Cuando la dirección fue variable, el sedimento eólico tuvo tendencia a acumularse en el centro de la parcela; cuando fue permanente de un sector, el depósito de partículas aumentó con la distancia recorrida por el viento.

Las fracciones granulométricas se asociaron a la cantidad total de material recolectado, que a su vez se relacionó con la magnitud de la erosión eólica, y a la altura de muestreo. La concentración de la fracción más gruesa aumentó a medida que se incrementó la cantidad de material captado -eventos erosivos de mayor magnitud- y disminuyó gradualmente su proporción con la altura de registro. Mientras que la concentración de las fracciones más finas aumentó con la altura y disminuyó cuando se incrementó la erosión eólica.

En los sedimentos, la concentración de materia orgánica siempre fue mayor que la del suelo de origen, marcando una tasa de enriquecimiento de 1,16 como promedio general para los tres años de estudio. También se observó una variabilidad con la altura de medición, las mayores concentraciones se obtuvieron en los colectores ubicados en la parte superior. Por su parte, los mapas de distribución espacial mostraron un aumento de la concentración siguiendo el recorrido del viento dominante. Además se observó una relación significativa inversa entre el contenido de materia orgánica y el de arena, y directa con la arcilla y con el limo.

La cantidad de material erosionado [$q \text{ (kg m}^{-2}\text{)}$] disminuyó con la altura de entrapamiento, siguiendo un modelo exponencial $y = 2,16e^{-5,47x}$, ($r^2=0,91$). La

movilización total de las partículas fue mayoritariamente (80%) por rodadura y saltación baja (0,07 m).

El flujo de masa [Q (kg m^{-1})] medido a alturas fijas aumentó horizontalmente con la distancia. En la parcela, se observó que los mayores incrementos de Q se registraron entre 75 y 125 m de recorrido del viento. No obstante, a esa distancia no se alcanzó el valor límite, llamado capacidad de transporte o capacidad de carga.

Las pérdidas totales de suelo por erosión eólica medidas en el transcurso de 30 tormentas, durante el período 2009-2011, fueron en promedio de $36,83 \text{ t ha año}^{-1}$, lo que significó una pérdida de 9,2 mm del horizonte superficial.

La estimación de la cantidad de suelo erosionado efectuada con WEQ presentó una pérdida de suelo media anual de $29,60 \text{ t ha}^{-1}$ presentando un 80 % de predicción respecto a lo medido a campo. Cuando se simuló la pérdida de suelo con RWEQ, si bien la correlación fue significativa ($R^2=0,77$; $p < 0,05$), los resultados sobreestimaron los datos obtenidos a campo en la mayoría de los casos.

ABSTRACT

Wind erosion is one of the serious environmental, social and economic problems that the semi-arid region in our country must face, particularly when lands are used for agriculture. In this context, the southwest of the Buenos Aires province is one of the most endangered areas. In fact, 1.20 million hectares have already been moderately to severely affected on a surface of 10.50 million hectares potentially at risk.

The wind erosion process degrades the soil irreversibly and involves a massive loss of the upper part of the profile and a decrease of the edaphic indicators which determine fertility. As a consequence, soil productivity decreases, which in the particular case of the SW of the Buenos Aires province and expressed in terms of wheat yields, represents a harvest reduction of 50 kilograms of grain per centimeter of lost soil. Wind erosion of soils is mainly related to their intrinsic characteristics, which make them very susceptible to deflation under conditions of prolonged droughts and strong winds. In addition, conventional agriculture, practiced by most agricultural producers in this region, increases the risk by leaving the soil surface practically uncovered.

Many research works on wind erosion have formed the basis for the development of prediction models. Among the best-known ones are the “wind erosion equation” (WEQ), the “revised wind erosion equation” (RWEQ) and the “wind erosion prediction system” (WEPS). In general, models interpret the mechanisms involved in the process, identify the most influential factors and enable —as their most important application— selection of adequate management to minimize soil loss.

5. BIBLIOGRAFIA

- Adema, EO; FJ Babinec & N Peinemann. 2001. Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Caldenal pampeano. *Ci. Suelo (Argentina)* 19: 144-154.
- Aimar, S. 2002. Estimaciones cualitativas y cuantitativas de pérdidas por erosión eólica en suelos de la Región Semiárida Pampeana Central. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Argentina. 143 pp.
- Aimar, S; D Buchiazzo & N Peinemann. 2003. Cuantificaciones de la Erosión Eólica en la Región Semiárida Pampeana Central Argentina (RSPC), Cap. 3. En: AD Golberg y AG Kin (Eds.). *Viento, Suelo y Plantas: Vol. 67*. Ediciones INTA. 160 pp.
- Albaladejo, J; M Martínez Mena; A Roldan & V Castillo. 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use Manage* 14: 1-6.
- Alfaro, SC; JL Rajot & W Nickling. 2003. Estimation of PM20 emissions by wind erosion: main sources of uncertainties. *Geomorphology* 59: 63–74.
- Amiotti, NM; MC Blanco; ES Schmidt & S Díaz. 2010. Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje. En: JD Paoloni (Ed.). *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca*. Bahía Blanca (Argentina): EdiUNS. p. 129-173.
- Armbrust, DV. 1984. Wind sandblast injury to field crops: effects on plant age. *Agron J* 76:991-993.
- Bagnold, RA. 1941. *The physics of blown sand and desert dunes*. London: Methuen, 265 pp. (reprinted 1954; 1960; 2005, by Dover, Mineola, NY)
- Bilbro, JD & DW Fryrear. 1994. Wind erosion losses as related to plant silhouette area and soil cover. *Agron J* 86(3):550-553.
- Black, AL & FH Siddoway. 1976. Dryland cropping sequences within a tall wheatgrass barrier system. *J Soil Water Conserv* 31(3):101-105.
- Bondy, E; L Lyles & WA Hayes. 1980. Computing soil erosion by periods using wind energy distribution. *J Soil Water Conserv* 35(4):173-176.
- Bouza, ME; JC Silenzi; NE Echeverría & MP DeLucía. 2009. Monitor station of wind erosion in South West of Buenos Aires province. Drylands Science for Development (DSD). United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). First Scientific Conference: Understanding Desertification and Land Degradation Trends. Poster Session at the UNCCD COP-9. Buenos Aires, 21 Sept. - 2 Oct. 2009. Book Abstracts pp15-16. http://dsdconsortium.jrc.ec.europa.eu/documents/Poster_Session_Abstract_Book.pdf

- Bouza, ME; JC Silenzi; NE Echeverría & MP DeLucía. 2010. Erosive events assessment during the year 2009 for a soil of SW Bonaerense. International Conference on Aeolian Research (ICAR VII) and II Jornadas Argentinas de Erosión Eólica (Session 6), Santa Rosa (La Pampa), Julio 2010.
- Bravo, OA. 1994. Control de la erosión eólica en el sur de la provincia de Buenos Aires por franjas de cultivos dimensionadas con la ecuación de erosión eólica (WEQ). Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Argentina. 157 pp.
- Bravo, OA; JC Silenzi & NE Echeverría. 1998. Evaluación de la erosión eólica en distintos sistemas de manejo durante el barbecho de trigo en la región semiárida bonaerense. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo; Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, 4-7 mayo 1998.
- Bravo, OA & JC Silenzi. 2000. Uso del índice de estabilidad mecánica para evaluar la resistencia a la erosión eólica en suelos de la región Semiárida Bonaerense. Proc. of XVII Arg. Cong. of Soil Sci. Mar del Plata, Argentina (en CD).
- Bravo, OA & JC Silenzi. 2002. Strip cropping in the semi-arid region of Argentina: Control of wind erosion and soil water accumulation. *Soil Sci* 167: 346-352.
- Buschiazzo, DE & V Taylor. 1993. Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región Semiárida Pampeana Argentina. *Ci. Suelo (Argentina)* 10: 46-53.
- Buschiazzo, DE; TM Zobeck & SB Aimar. 1999. Wind Erosion in Loess Soils of the Semiarid Argentinian Pampas. *Soil Sci* 164:133-138.
- Buschiazzo, DE & SB Aimar. 2003. Erosión Eólica: Procesos y Predicción, Cap. 2. En: AD Golberg y AG Kin (Eds.). *Viento, Suelo y Plantas: Vol. 67*. Ediciones INTA. 160 pp.
- Buschiazzo, DE & TM Zobeck. 2008. Validation of WEQ, RWEQ and WEPS wind erosion for different arable land management systems in the Argentinean Pampas. *Earth Surf Proc Land* 33(12):1839-1850.
- Carreker, JR. 1966. Wind erosion in the southeast. *J Soil Water Conserv* 21(3):86-88.
- Cernuschi, F & FI Greco. 1968. *Teoría de errores de mediciones*. EUDEBA, Buenos Aires.
- Chepil, WS. 1944. Utilization of crop residues for wind erosion control. *Scientific Agriculture* 24(7):307-319.
- Chepil, WS. 1945 a. Dynamics of wind erosion: I. Nature of movement of soil by wind. *Soil Sci* 60: 305-332.
- Chepil, WS. 1945 b. Dynamics of wind erosion: II. Initiation of soil movement. *Soil Sci* 60: 397-411.
- Chepil, WS. 1945 c. Dynamics of wind erosion: III. Transport capacity of the wind. *Soil Sci* 60: 475-480.

- Chepil, WS. 1956. Influence of moisture on erodibility by wind. *Soil Sci Soc Am Proc* 20: 288-292.
- Chepil, WS. 1958. Soil conditions that influence wind erosion. United States Department of Agriculture, Technical Bulletin 1185, 40 pp.
- Chepil, WS. 1960. Conversion of field erodibility to annual soil loss by wind. *Soil Sci Soc Am Proc* 24(2):143-145.
- Chepil, W.S. 1961. The uses of spheres to measure lift and drag on wind-eroded soil grains. *Soil Sci Soc Am Proc* 25: 243-245.
- Chepil, WS. 1962. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical soil analysis. *Soil Sci Soc Am Proc* 26(1):4-6.
- Chepil, WS & RA Milne. 1941. Wind erosion of soil in relation to roughness to surface. *Soil Sci* 52: 417-433.
- Chepil, WS; FH Siddoway & DV Armbrust. 1963. Climatic index of wind erosion conditions in the Great Plains. *Soil Sci Soc Am Proc* 27(4):449-451.
- Colazo, JC & DE Buschiazzo. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159(1): 228-236.
- Conrad, V & LW Pollak. 1950. *Methods in climatology*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 459 pp.
- Cooke, R; A Warren & A Goudir. 1993. *Desert geomorphology*. UCL Press. St. Ives. UK.
- De Oro, LA & DE Buschiazzo. 2008. Threshold wind velocity as an index of soil susceptibility to wind erosion under variable climatic conditions. *Land Degrad Dev* 20:14-21.
- De Oro, LA. 2011. *Rugosidad superficial y erosión eólica en suelos de la región semiárida pampeana central, Argentina (RSPC)*. Tesis Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Argentina. 177pp.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2008. *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Druille, M; M Castiglioni & JM Massobrio. 2013. Fracción erosionable del suelo en el oeste bonaerense bajo sistemas de uso de la tierra contrastantes. *Ci. Suelo (Argentina)* 31(1):125-132.
- Ellis JT; B Li; EJ Farrell & DJ Sherman. 2009. Protocols for characterizing aeolian mass-flux profiles. *Aeolian Research* 1: 19–26
- Fisher, PS & EL Skidmore. 1970. Weros: A FORTRAN IV program to solve the wind erosion equation. USDA-ARS 41-174. U.S. Gov. Print. Office W. DC.
- Fryrear, DW. 1984. Soil ridges-clods and wind erosion. *Trans ASAE* 445-448.
- Fryrear, DW. 1985. Soil cover and wind erosion. *Trans ASAE* 28(3):781-784.

- Fryrear, DW. 1986. A field dust sampler. *J Soil Water Conserv* 41(2):117-120.
- Fryrear, DW. 1995. Soil losses by wind erosion. *Soil Sci Soc Am J* 59(3):668-672.
- Fryrear, DW; JE Stout; LJ Hagen & ED Vories. 1991. Wind erosion: Field measurement and analysis. *Trans ASAE* 34(1):155-160.
- Fryrear, DW & A Saleh. 1993. Agricultural wind erosion: Vertical distribution. *Soil Sci* 155(4):294-300.
- Fryrear, DW; CA Krammes; DL Williamson & TM Zobeck. 1994. Computing the wind erosion fraction of soils. *J Soil Water Conserv* 49, 183–188.
- Fryrear, DW & A Saleh. 1996. Wind erosion: field length. *Soil Sci* 161(6):398-404.
- Fryrear, DW; A Saleh; JD Bilbro; HM Schomberg; JE Stout & TM Zobeck. 1998 b. Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS-SPA Cropping Systems Research Laboratory. Technical Bulletin No. 1. <http://www.csrl.ars.usda.gov/wewc/rweq.htm>.
- Fryrear, DW; JD Bilbro; A Saleh; HM Schomberg; JE Stout & TM Zobeck. 2000. RWEQ: Improved wind erosion technology. *J Soil Water Conserv* 55(2):183-189.
- Funk, R.; EL Skidmore & LJ Hagen. 2004. Comparison of wind erosion measurements in Germany with simulated soil losses by WEPS. *Environ Modell Softw* 9(2):177-183
- Gee, GW & JW Bauder. 1986. Particle-size analysis. In *Methods of Soil Analysis, Part 1-Physical and Mineralogical Methods*. Second Edition. Ed. By Arnold Klute. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA, 383-411.
- Gillette, DA. 1977. Fine particle emissions due to wind erosion. *Trans ASAE* 20(5):890-897
- Glave, A. 2006. Influencia climática en el sudoeste Bonaerense y sudeste de La Pampa. *Acaecer* 31(360):18-23.
- Hagen, LJ. 1988. New wind erosion model development in the USDA. In: *Wind erosion conference Proceedings*, Texas Tech. University, Lubbock. 11-13 April.
- Hagen, LJ; EL Skidmore & JD Dickerson. 1972. Designing narrow strip barrier systems to control wind. *J Soil Water Conserv* 27(6):269-272.
- Hagen, LJ & L Lyles. 1984. Amount and nutrient content of particles produced by soil aggregate abrasion. In: *Erosion and Soil Productivity, Proceedings of the National Symposium*, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, pp. 117-129.
- Hagen, LJ; S Van Pelt & B Sharratt. 2010. Estimating the saltation and suspension components from agricultural wind erosion. *Aeolian Research* 1(3-4):147-153.

- Halsey, CF; WF Detmer; LA Cable & EC Ampe.1983. SOILEROS –A friendly erosion estimation program for the personal computer. Pp 2. En Agronomy Abst. ASA, Madison, WI.
- Hayes, WA. 1972. Wind erosion equation useful in designing northeastern crop protection. J Soil Water Conserv 20(4):153-155.
- Hevia, GG; MJ Méndez & DE Buschiazzo.2007. Tillage affects soil aggregation parameters linked with wind erosion. Geoderma 140: 90–96.
- Iverson, JD; JB Pollack; R Greenley & BR White. 1976. Saltation threshold on Mars: the effect of interparticle force, surface roughness, and low atmospheric density. Icarus. 29: 319-393.
- Janssen, W & G Tetzlaff.1991. Development and calibration of a registering sediment trap. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 32(3):167-180.
- Kirkby, MJ & RPC Morgan.1984. Erosión de Suelos. Ed. Limusa, 373 pp.
- Kuntze, H; R Beinhauer & G Tetzlaff.1990. Quantification of soil erosion by wind, I. University of Hannover, Institute of Meteorology and Climatology, Final Report of the BMFT project 0339058, A, B, C, 210 pp. (in German)
- Laflen, JM; M Amemiya & EA Hintz. 1981. Measuring crop residue cover. 1. J Soil Water Conserv. 36:341-343.
- Laya H; H Kruger; L Sánchez & JC Silenzi. 1984. Resultados de observaciones directas sobre acciones eólicas en la Patagonia. Interpretación e intento de evaluación. Libro del Seminario: Metodología de Evaluación del Proceso de Desertificación (Desertización en Patagonia) Organizado por la Universidad Nacional del Comahue y el auspicio de la Organización de los Estados Americanos (OEA); Neuquén, 24 de octubre al 4 de noviembre de 1984. 38 pp
- Leys, JF & GH McTainsh.1996. Sediment fluxes and particle grain-size characteristics of wind-eroded sediments in southeastern Australia. Earth Surf Proc Land 21:661–671.
- Lu H. & Y Shao.1999. A new model for dust emission by saltation bombardment. J Geophys Res 104 (16):827-842.
- Lyles, L. 1975. Possible effects of wind erosion on soil productivity. J Soil Water Conserv 30: 279-283.
- Lyles, L. 1983. Erosive wind energy distributions and climatic factors for the west. J Soil Water Conserv 38:106-109.
- Lyles, L. 1988. Basic wind erosion processes. Agr Ecosyst Environ 22/23:91-101.
- Lyles, L & J Tatarko.1986. Wind erosion effects on soil texture and organic matter. J Soil Water Conserv 41: 191-193.

- Marrón,G; JC Silenzi & C Puricelli.1991. Efecto de diferentes manejos de suelo sobre la susceptibilidad a la erosión eólica. EEA INTA Bordenave. Inf. técnico N° 53, 14 pp. ISSN 0326-2596.
- Mertia,RS; S Priyabrata; BK Kandpal & R Prasad. 2010. Mass–height profile and total mass transport of wind eroded aeolian sediments from rangelands of the Indian Thar Desert. *Aeolian Research* 2 (2010) 135–142.
- Morgan, RPC. 1997. *Erosión y Conservación del Suelo*. Ed. Mundi-Prensa, 343 pp.
- Mormeneo, I. 2003. Caracterización climática de Bahía Blanca. Cátedra de Climatología, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. www.criba.edu.ar/meteoro/climatologia.htm.
- Nickling, WG. 1978. Aeolian sediment transport during dust storms: Slims River Valley, Yukon Territory. *Can J Earth Sci* 15(7):1069-1084.
- Panebianco, JE. 2010. Ajuste de variables climáticas para el desarrollo de un modelo de erosión eólica para la Región Semiárida Pampeana. Tesis Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Pp.143
- Panebianco, JE & DE Buschiazzo.2006. Predicciones de la erosión eólica con el modelo EWEQ en suelos de la región semiárida pampeana central. *Publicación Técnica N° 66*. EEA Anguil INTA. Pp 23-29.
- Panebianco, JE & DE Buschiazzo.2008. Erosion predictions with the Wind Erosion Equation (WEQ) using different climatic factors. *Land Degrad Dev* 19: 36–44.
- Panebianco, JE; DE Buschiazzo & TM Zobeck.2010. Comparison of different mass transport calculation methods for wind erosion quantification purposes. *Earth Surf Proc Land* 35: 1548–1555.
- Parton, WJ; DS Schimel; CV Cole & DS Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic levels of grasslands in the Great Plains. *Soil Sci Soc Am J* 51:1173-1179
- Perfect, E; Q Zhai & RL Blevins. 1997. Soil and tillage effects on the characteristic size and shape of aggregates. *Soil Sci Soc Am J* 61:1459-1465.
- Potter, KN; TM Zobeck & LJ Hagen. 1990. A microrelief index to estimate soil erodibility by wind. *Trans ASAE* 33(1): 151-155.
- PROSA.1988.El deterioro del ambiente en la Argentina. Fundación para la Educación la Ciencia y la Cultura (FECIC).Gráfica General Belgrano Cooperativa de Trabajo Ltda.497 pp.
- Quiroga, A; D Funaro; E Noellemeyer & N Peinemann.2006. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil Till Res* 90: 63-68.
- Saleh, A.1993. Soil roughness measurement: Chain method. *J Soil Water Conserv* 48(6): 527-529.

- Saleh, A.1997. Reply: Comment on chain method for measuring soil roughness. *Soil Sci Soc Am J* 61(5):1533-1534.
- Saleh, A & DW Fryrear. 1995. Threshold wind velocities of wet soils as affected by wind blown sand. *Soil Sci*160: 304-309.
- Samani, ZA & M Pessarakli.1986. Estimating potential crop evapotraspiration with miimum data in Arizona. *Trans ASAE* 29:522-524.
- Scian, B.2010.Clima-Bahía Blanca y Sudoeste bonaerense. En: JD Paoloni (Ed.). *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca*. Bahía Blanca (Argentina): EdiUNS. p. 29-87.
- Scott, WD. 1994. Wind erosion of residue waste. 1. Using the wind profile to characterise wind erosion. *Catena* 21(4):291-303
- Servicio Meteorologico Nacional, 2010. Estadísticas climatologicas 1991-2010.Buenos Aires.Argentina.CD.Publicación B12, 240 p.
- Shao,Y. 2008.*Physics and Modelling of Wind Erosion*. Ed. Springer Science & Bussiness Media, 467 pp.
- Shao,Y; GH McTainsh ; JF Leys & MR Raupach.1993. Efficiencies of sediments samplers for wind erosion measurement. *Aust J Soil Res* 31:519-532.
- Sharpley, AN. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci Soc Am J* 49: 1527-1534.
- Sherman, DJ & B Li. 2012. Predicting aeolian sand transport rates: A reevaluation of models. *Aeolian Research* 3(4):371-378.
- Siddoway, FH; WS Chepil & DV Armbrust. 1965. Effect of kind, amount and placement of residue on wind erosion control. *Trans ASAE* 8(3):327-331.
- Silenzi JC; CA Puricelli & GR Marrón.1990. Modelo simplificado de tamiz rotatorio para determinar el índice de erodabilidad eólica de los suelos. *Ci. Suelo (Argentina)* 8: 83-86.
- Silenzi JC; OA Bravo;NE Echeverría &T Grossi. 1994. Influencia de la pérdida de suelo de un Haplustol éntico sobre el rendimiento de trigo candeal. III Congreso Nacional de Trigo, Bahía Blanca, 26- 28/X/94.
- Silenzi, JC & NE Echeverría.1998 a. Incidencia del uso y manejo sobre el riesgo de erosión eólica de los Hapludoles énticos de los sectores norte y central del Partido de Guaminí. XVI Congreso Argentino de la Ci.Suelo; Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina, 4-7 mayo 1998, Panel.
- Silenzi, JC; NE Echeverría; ME Bouza & MP DeLucía, 2009. The wind erosion cost in the South West of Buenos Aires Province. *Drylands Science for Development (DSD)*. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). First Scientific Conference: Understanding Desertification and Land Degradation Trends. Poster

Session at the UNCCD COP-9. Buenos Aires, 21 Sept. - 2 Oct. 2009. Book Abstracts pp 29-30.
http://dsdconsortium.jrc.ec.europa.eu/documents/Poster_Session_Abstract_Book.pdf

- Silenzi JC; NE Echeverría; AG Vallejos; ME Bouza & MP DeLucía, 2010 a. Wind erosion risk for soils of Buenos Aires southwest province and its relationship to the productivity index. International Conference on Aeolian Research (ICAR VII) and II Jornadas Argentinas de Erosión Eólica (Session 6), Santa Rosa (La Pampa), 5-9 julio 2010.
- Silenzi JC; NE Echeverría; ME Bouza; AG Vallejos & MP DeLucía, 2010 b. Relationship between soil erodible fraction determined by rotary sieve and soil erodible fraction calculated by formula. International Conference on Aeolian Research (ICAR VII) and II Jornadas Argentinas de Erosión Eólica (Session 7), Santa Rosa (La Pampa), 5-9 julio 2010.
- Silenzi, JC; NE Echeverría; ME Bouza & MP De Lucia.2012.Degradación de suelos del SO Bonaerense y su recuperación. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria 65:382-404.
- Skidmore, EL.1983. Wind erosion calculator: Revision of residue table. J Soil Water Conserv 38: 110-112.
- Skidmore, EL; PS Fisher & NP Woodruff. 1970. Wind erosion equation: Computer solution and application. Soil Sci Soc Am Proc 34: 931-935.
- Skidmore, EL; M Kumar & WE Larson. 1979. Crop residue management for wind erosion control in the Great Plains. J Soil Water Conserv 34: 90-96.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys (2nd ed), Agriculture Handbook vol. 436, United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- Sporcic, M & L Nelson. 2002. Wind erosion equation. Use of Microsoft Excel spreadsheet. Technical notes, U. S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Agronomy – 55.
- Sterk, G. 1993. Sahelian wind erosion research project: Description and calibration of sediment samplers. Wageningen Agricultural University, Department of Irrigation and Soil and Water Conservation, Report 3, 31 pp.
- Sterk, G & PAC Raats. 1996.Comparison of models describing the vertical distribution of wind-eroded sediment. Soil Sci Soc Am J 60: 1914–1919.
- Sterk, G & A Stein.1997. Mapping wind blown mass transport by modeling variability in space and time. Soil Sci Soc Am J 61 (1):232–239.

- Sterk, G; MV López & JL Arrue. 1999. Saltation transport on a silt loam soil in Northeast Spain. *Land Degrad Dev*10 (6):545-554.
- Sterk, G; J Parigiani; E Cittadini; P Peters; J Scholberg & P Peri.2012. Aeolian sediment mass fluxes on a sandy soil in central Patagonia. *Catena* 95:112-123.
- Stout, JE.1990., Wind erosion within a simple field. *Trans ASAE* 33: 1597-1600.
- Stout, JE & DW Fryrear. 1989. Performance of a windblown-particle sampler. *Trans ASAE* 32:2041-2045.
- Stout JE & T Zobeck. 1996. The Wolfforth field experiment: a wind erosion study. *Soil Sci* 161(9):616-632.
- Thorntwaite, CW & JR Mather.1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publications in Climatology* 10, Drexler Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Certerton, New Jersey.
- Tisdall, J & J Oades.1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Soil Sci* 33: 141- 163.
- Troeh, FR; JA Hobbs & RL Donahue. 1991. *Soil and Water Conservation*. 2nd Ed. Prentice- Hall, 530 pp.
- Van Pelt, RS & TM Zobeck. 2004. Validation of the Wind Erosion Equation (WEQ) for discrete periods. *Environ Modell Softw*19:199-203.
- Van Pelt, RS; TM Zobeck; KN Potter; JE Stout & TW Popham. 2004. Validation of the wind erosion stochastic simulator (WESS) and the revised wind erosion equation (RWEQ) for single events. *Environ Modell Softw*19:191-198.
- Viglizzo, EF; ZE Roberto; F Lertora; E Gay & J Bernardos. 1997. Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina. *Agr Ecosyst Environ* 66:61-70.
- Visser, SM; G Sterk & JJC Snepvangers. 2004. Spatial variation in wind-blown sediment transport in geomorphic units in northern Burkina Faso using geostatistical mapping. *Geoderma*, 120 (1-2):95-107.
- Walkley, A & IA Black.1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci* 37: 29-38.
- Warn, GF & WH Cox.1951. A sedimentary study of dust storms in the vicinity of Lubbock, Texas. *Am J Sci* 249(8):553-568.
- Williams, GP. 1964. Some aspects of the eolian saltation load. *Sedimentology* 3(4):257-287.
- Williams, JR; CA Jones & PT Dyke.1984. A modeling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Trans ASAE* 27: 129-144.
- Wilson, L.1975. Application of the wind erosion equation in air pollution surveys. *J Soil Water Conserv* 30: 215-219.

- Wilson, SJ & RU Cooke.1980. Wind Erosion. In: MJ Kirkby and RCP Morgan (Eds.). Soil Erosion. John Wiley & Sons, pp. 217-252.
- Woodruff, NP. 1965. Wind-blown soil abrasive injuries to winter wheat plants. Agron J 48: 499-504.
- Woodruff, NP & FH Siddoway.1965. A wind erosion equation. Soil Sci Soc Am Proc 29: 602-608.
- Woodruff, NP & DV Armbrust. 1968. A monthly climatic factor for the Wind Erosion Equation. J Soil Water Conserv 23:103-104.
- Woodruff, NP; L Lyles; FH Siddoway & DW Fryrear. 1972. How to control wind erosion. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agricultural Information Bulletin 354, 23 pp.
- Youssef, F; S Visser; D Karssenberg; A Bruggeman & G Erpul.2012. Calibration of RWEQ in a patchy landscape; a first step towards a regionalscale wind erosion model. Aeolian Research 3 (2012) 467–476.
- Zingg A.1953. Wind tunnel Studies of the movement of sedimentary material. Proceedings 5th Hydraulic Conference Bulletin 34:111-135.
- Zobeck, TM. 1991. Soil properties effecting wind erosion. J Soil Water Conserv 46:112-118.
- Zobeck, TM & DW Fryrear.1986a.Chemical and physical characteristics of windblown sediment I. Quantities and physical characteristics. Trans ASAE 29:1032-1036.
- Zobeck, TM & DW Fryrear.1986b.Chemical and physical characteristics of windblown sediment II. Chemical characteristics and total soil and nutrient discharge. Trans ASAE 29:1037-1041.
- Zobeck, TM; DW Fryrear & RD Pettit. 1989. Management effects on wind-eroded sediment and plant nutrients. J Soil Water Conserv 44:160-163.