

RESUMEN

La erosión eólica es un proceso de degradación irreversible del suelo, frecuente en ambientes secos. A fin de evaluar su magnitud y minimizar sus impactos, es necesario utilizar modelos que permitan predecirla en diferentes escenarios climáticos y de manejo. El ajuste de estos modelos requiere de medidas a campo bajo distintas condiciones ambientales y de manejo. Existen antecedentes locales y extranjeros que mencionan que los modelos disponibles y utilizables en la RSP (Región Semiárida Pampeana), WEQ y RWEQ, subestiman la erosión; es por ello que en este trabajo se analizaron dos factores, muy poco evaluados a nivel local e internacional, que pueden originar estas diferencias: metodologías no adecuadas de medición y cálculo de la erosión eólica en condiciones de campo y el uso de registros climáticos de baja resolución temporal en los modelos de simulación. Estas suposiciones responden, por un lado, al hecho de que los valores de erosión utilizados para ajustar los modelos disponibles fueron, generalmente, calculadas en base a mediciones de campo y utilizando metodologías de cálculo que no han considerado gran parte del material transportado cerca de la superficie del suelo y, por otro lado, a que los modelos disponibles utilizan, generalmente, registros climáticos de baja resolución temporal, principalmente de velocidades de viento, lo que disminuiría el efecto real de su energía erosiva. Por estas razones, los objetivos de este estudio fueron: 1) comparar los valores de transporte de masa resultantes de la aplicación de diferentes métodos de medición y cálculo en condiciones de campo, 2) evaluar la eficiencia del modelo RWEQ para predecir la erosión ocurrida durante tormentas individuales y en forma continua utilizando registros meteorológicos de diferente resolución temporal, y 3) evaluar la capacidad del modelo WEQ (2002) para simular los valores de erosión medidos utilizando factores C de diferente resolución temporal. Con la información así obtenida se evaluó la utilidad de los modelos para predecir erosión en la Región Semiárida Pampeana. La erosión eólica se midió a campo entre 1995 y 2008 por medio de colectores BSNE instalados en una parcela de 1 ha, sobre un Haplustol éntico de textura franco-arenosa fina. La parcela se mantuvo libre de vegetación y con rugosidad mínima mediante roturado frecuente. Los resultados obtenidos indicaron que el ajuste de tipo exponencial resultó un método muy robusto y flexible para el cálculo del flujo de masa en diferentes situaciones. La función racional y el modelo de Gauss simplificado presentaron limitaciones de distinto tipo. La interpolación lineal resultó ser una buena alternativa para el cálculo de masa, cuando los perfiles de viento son modificados por la presencia de rugosidad superficial o de cobertura superficial. La medición de la erosión a las tres alturas más comúnmente utilizadas en estudios de erosión eólica con colectores BSNE (aproximadamente

13, 50 y 150 cm) puede producir subestimaciones de más del 45% del transporte de masa. Es por ello que deberían utilizarse, al menos, tres puntos ubicados entre la superficie del suelo y 1,5 metros de altura, incluyendo un punto lo más cercano posible a la superficie, y aplicar un factor de corrección para obtener valores de erosión relativamente precisos. La eficiencia de la versión estática y dinámica del modelo RWEQ, se evaluó utilizando registros de velocidad de viento medidos cada 5 minutos y cada hora. Al utilizar registros de velocidad del viento de menor resolución temporal, la erosión calculada con la versión estática del modelo RWEQ durante periodos discretos, de corta duración, se redujo un 44%, debido a una reducción del 21% en la energía eólica erosiva simulada por el modelo. Sin embargo, la correlación entre los valores medidos y simulados, tanto con datos de alta (5 minutos) como de baja resolución temporal (1 hora), fue comparable a la obtenida en otros lugares del mundo, incluso con modelos más modernos ($0,42 < R^2 < 0,45$; $p < 0,01$; $0,34 < NS < 0,41$; para datos de 5 minutos y 1 hora respectivamente). Los factores de la distribución de Weibull mensuales que utiliza la versión continua del modelo RWEQ para simular la energía eólica erosiva se redujeron al utilizar velocidades de viento medias horarias, lo que produjo una reducción drástica de la erosión mensual simulada. La versión continua del modelo RWEQ no resultó eficiente para calcular la erosión media mensual ocurrida en la parcela experimental en el contexto de la RSP, ni siquiera aumentando los factores de escala de la función de distribución de Weibull ($R^2 > 0,1$; $NS = -0,01$). La erosión calculada con el modelo WEQ (2002) no se correlacionó con los datos surgidos de las mediciones de campo, para periodos menores a un año, aun utilizando factores C de distinta resolución. El uso de un factor climático promedio (1981-1990) produjo una subestimación del 50% de la erosión anual. Con factores climáticos anuales, la WEQ subestimó solamente un 23% y, además, se observó una correlación significativa entre valores anuales medidos y simulados ($R^2 = 0,68$; $p < 0,05$). La WEQ resultó, por ende, un modelo relativamente eficiente para predecir la erosión en la RSP. La traducción de este modelo al español, la adaptación de algunas operaciones de labranza y la incorporación de datos climáticos históricos locales, permitió obtener una versión en castellano de la WEQ , denominado EWEQ (WEQ en Español). Para una rotación trigo -avena – girasol, la EWEQ predijo una erosión anual de 7,1 Mg/ha en labranza convencional y cero en siembra directa, para condiciones climáticas promedio. Para un periodo de bajas precipitaciones los valores de erosión superaron el valor tolerable, tanto en labranza convencional (143 Mg/ha) como en siembra directa (24 Mg/ha). El modelo EWEQ resulta una herramienta efectiva para pronosticar la erosión eólica bajo distintos esquemas de manejo en la Región Semiárida Pampeana. Sin embargo, la erosión eólica es un fenómeno complejo

dada su alta variabilidad temporal y espacial, y de difícil simulación, incluso con modelos más complejos que la EWEQ o la RWEQ.

SUMMARY

Wind erosion is an irreversible soil degradation process, frequent in dry regions. In order to minimize its magnitude, it is necessary to use models to predict wind erosion under different management systems and climatic scenarios. The adjustment of these models requires the agreement between predicted and measured data. Local and foreign researchers mentioned that available models, of potential use in the Semiarid Pampas (RSP), like WEQ or RWEQ, tend to underestimate wind erosion. For this reason, the purpose of this work was to analyze the effect of two scarcely studied factors: inappropriate methodologies of wind erosion measurement and calculation under field conditions, and the use of low temporal resolution climatic records, mainly wind speed, in the simulation models. These assumptions are due to the fact that, on one hand, wind erosion amounts used to adjust the models were generally calculated using field measurements and calculations methodologies that did not consider most of the material transported near the soil surface. On the other hand, low temporal resolution data that are generally used by the models would diminish the real effect of the erosive energy of the wind. For these reasons, the objectives of this study were: 1) to compare mass transport values obtained from field measurements with different sampling and calculation procedures, 2) to evaluate the efficiency of the discrete and continuous version of RWEQ for simulating wind erosion using weather data with different temporal resolution, and 3) to evaluate the efficiency of WEQ (2002) for simulating wind erosion using C factors calculated with different temporal resolution. These analysis, allowed the evaluation of the utility of the models to predict erosion in the RSP. Wind erosion was measured in a 1 ha square field using BSNE sampling devices, between 1995 and 2008. The soil of the experimental site was a fine sandy loam Entic Haplustoll. The field was tilled periodically with a disc harrow in order to maintain it bare and with minimum surface roughness. Results indicated that a non linear regression using an exponential decay model, was a very robust and flexible method, and applicable for the calculation of the mass transport, mainly under low aerodynamic roughness conditions. The rational function and the simplified Gaussian model presented different types of limitations. The lineal interpolation method resulted a good alternative for mass transport the calculations when the mass flux profiles are complex, for example when the soil is rough or is covered by high amounts of plants residues or canopy. The measurement of wind erosion using the three sampling heights most commonly used in

wind erosion studies using BSNE samplers (approximately 13, 50 and 150 cm) can underestimate the total mass transport by 45%. Hence, at least three points located between the soil surface and 1.5 meters high, including a point as nearest as possible to the surface, should be used in combination with a correction factor to obtain relatively precise erosion values. The efficiency of the static and dynamic versions of the RWEQ, were evaluated using wind speeds recorded at 5 minute and hourly intervals. When using wind speed data of lower temporal resolution, the erosion values calculated with the static version of RWEQ during discrete periods, decreased by 44%, due to a reduction of 21% in the erosive wind energy simulated by the model. However, the correlation between the measured and simulated values, even using hourly data resulted comparable to results obtained by other authors, even with more complex models ($0.42 < R^2 < 0.45$, $p < 0.01$; $0.34 < NS < 0.41$). The monthly scale factors of the Weibull distribution function that are used in the dynamic version of the RWEQ to simulate the energy erosive wind energy decreased when using hourly wind speeds, and this produced a drastic reduction in the simulated erosion. The dynamic version of RWEQ was not efficient for simulating the mean monthly erosion measured in the experimental plot, not even increasing the scale factors of the Weibull distribution function ($R^2 > 0.1$, $NS = -0.01$). No correlation was found between measured values en erosion values calculated with WEQ spreadsheet version (2002) for periods smaller than one year, even using C factors of different temporal resolution. The use of an average C factor (1981-1990) produced an underestimation of 50% with respect to measured annual erosion. With annual climatic factors, WEQ underestimated only by 23% the annual erosion and, additionally, a very good correlation was found between measured and simulated values ($R^2 = 0.68$, $p < 0.05$). Hence, WEQ resulted an efficient model to predict wind erosion in the RSP. WEQ (2002) was translated to Spanish, some operations were adapted to the Semiarid Pampas, and the climatic databases for this region were elaborated. This produced a WEQ version adapted to the region, called EWEQ (WEQ in Español). This model predicted no erosion for a wheat - oats - sunflower rotation during a high precipitation period. With averaged climatic conditions the model predicted an annual erosion slightly below the tolerable value (7.1 Mg/ha) in conventional till and zero in no-till. For a low precipitation period, the model predicted wind erosion above tolerable values for both conventional (143 Mg/ha) and no-till (24 Mg/ha). EWEQ is, therefore, a reliable model to simulate wind erosion under different climatic and management conditions in the RSP, though the model should be a tool to make the final decision as a complement of the experience and knowledge of the user.