

# VELOCIDAD UMBRAL DEL VIENTO COMO INDICADOR DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE UN SUELO A EROSIONARSE

Laura de Oro <sup>1</sup>, Daniel Buschiazzo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CONICET, Facultad de Agronomía, UNLPam, CC 300 (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina,

<sup>2</sup> INTA Anguil, Facultad de Agronomía, UNLPam y CONICET

E-mail: deoro@agro.unlpam.edu.ar

## RESUMEN

La velocidad del viento que inicia el movimiento de las partículas del suelo se denomina velocidad umbral ( $\mu_t$ ). El objetivo del estudio fue determinar  $\mu_t$  para series de datos anuales y estacionales de la región semiárida Argentina. En una parcela de 1 ha, sobre un Haplustol Entico, se registró la velocidad y dirección del viento a 2 m de altura con una frecuencia de 1 minuto usando una estación meteorológica automática. Con un sensor piezoeléctrico (Sensit) se midió el impacto de partículas y la duración de cada tormenta erosiva. Los valores de  $\mu_t$  se calcularon con la ecuación desarrollada por Stout (2004)  $\mu_t = u - s * F^{-1}(?)$ . La velocidad promedio del viento para el período analizado fue 3.35 m/seg. Excepto otoño, todas las épocas del año presentaron valores de  $\mu_t$  relativamente bajos (en promedio 6.68 m/seg) indicando que existe una elevada y similar susceptibilidad de los suelos a erosionarse por el viento en la mayor parte del año. La falta de valores en otoño se debe posiblemente a las bajas velocidades de viento y a la humedad que mantuvo el suelo. El valor de  $\mu_t$  (6.68 m/seg), que resultó mayor al considerado por la RWEQ (5 m/seg) y menor al de la WEPS (8 m/seg), debería utilizarse en los modelos predictivos de erosión eólica para Haplustoles Enticos de Argentina.

Palabras claves: velocidad umbral; erosión eólica; susceptibilidad del suelo

## INTRODUCCIÓN

La erosión eólica es el uno de los mayores problemas ambientales de zonas secas del mundo (Dregne 1986). Este proceso se inicia cuando la velocidad del viento excede un valor que moviliza las partículas del suelo, denominado velocidad umbral ( $\mu_t$ ). El valor de  $\mu_t$  es uno de los parámetros centrales de los modelos predictivos de erosión eólica, de ahí su importancia.

La velocidad umbral es variable y depende del estado del suelo (humedad, cobertura vegetal y rugosidad) y del ambiente (precipitaciones, temperatura, evapotranspiración, entre otras) (Stout 2003, 2004). Esto queda de manifiesto en los distintos valores de  $\mu_t$  que utilizan diferentes modelos. La ecuación revisada de erosión eólica (RWEQ) fija un valor de  $\mu_t$  de 5 m/seg. (Fryrear *et al.* 1998), mientras que la Ecuación de Erosión Eólica (WEPS) utiliza un valor de 8 m/seg. (Wagner 2004).

En el pasado, se han realizado estudios con túneles de viento para establecer el valor de  $\mu_t$  (Bagnold 1941; Zingg 1953; Iversen, Rasmussen 1994). El túnel de viento provee un ambiente controlado que permite un estudio cuidadoso y sistemático de la condición umbral (Scout, Zobeck 1996, Stout 2004), pero que no refleja exactamente las condiciones de campo. Por otro lado, la determinación de  $\mu_t$  bajo condiciones de campo natural es dificultosa debido a la intermitencia del proceso de erosión eólica (Stout 2004).

La utilización de sistemas que permiten determinar, en el campo y con gran precisión, el momento durante el cual existe movimiento de partículas, ha facilitado el cálculo de  $\mu_t$  en condiciones naturales. El Sensit, un dispositivo electrónico que posee un diodo sensible al impacto de partículas, ha sido utilizado por Stout y Zobeck (1996, 1997) y Stout (1998, 2003, 2004) para desarrollar un método de cálculo de  $\mu_t$ . Stout (2003, 2004) utiliza para ello la actividad de saltación (?), la velocidad media del viento ( $u$ ) y desviación standard de la velocidad media del viento.

Dado que no existe información sobre la velocidad umbral que rige para suelos de Argentina y ésta es muy escasa a nivel mundial, se plantea el objetivo de analizar los valores de

$\mu_t$  de series anuales y estacionales de viento obtenidos en condiciones de campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una parcela de 1 ha, ubicada en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Pampa (36.5°; 64°). El suelo del sitio de estudio fue un Haplustol Entico con una secuencia de horizontes A-AC-C-C<sub>k</sub> y textura franco arenosa (INTA *et al.* 1980).

Se utilizó una estación meteorológica automática para registrar la velocidad y la dirección del viento a 2 m de altura. Con un sensor piezoeléctrico (Sensit), ubicado a aproximadamente 3 cm sobre la superficie del suelo, se midió el impacto de partículas movilizadas por saltación, lo que permitió calcular la duración de cada tormenta erosiva. Todas las variables climáticas y los datos del Sensit se obtuvieron con una frecuencia de 1 minuto.

La velocidad umbral del viento ( $\mu_t$ ) se calculó mediante la ecuación de Stout (2004):

$$\mu_t = u - s * F^{-1}(\?) \quad (1)$$

donde:  $u$  es la velocidad media del viento en m/seg,  $s$  es la desviación standard de la velocidad media del viento  $\?$  es la actividad de saltación expresada como  $S/5$  min, donde  $S$  es el número total de minutos de saltación sobre el total de minutos muestreados,  $\?$  es un valor adimensional y  $F^{-1}$  es la inversa de la función de distribución normal standard de  $\?$ .

Los cálculos de  $\mu_t$  se realizaron para cada estación del año (verano, otoño, invierno y primavera) de los años 2003, 2004 y 2005, analizándose en total 360 tormentas, de las cuales 100 presentaron datos de velocidad umbral.

Los datos de  $\mu_t$  se compararon para cada estación, entre años y entre estaciones del año, por ANOVA simple. De ese análisis se excluyeron los datos de todos los otoños, época del año que no presentó suficientes valores de velocidad umbral.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La velocidad media de viento ( $u$ ) a 2 m de altura varió desde 0 m/seg. a 10.27 m/seg, con un valor medio de 3.35 m/seg y una desviación estándar de 0.66 m/seg. La dirección del viento varió entre  $0.01^\circ$  y  $354.53^\circ$  con una media de  $118.29^\circ$ , que corresponde al S-E, y una desviación estándar de  $32.11^\circ$  (Tabla 1).

Los valores de  $\mu_t$  oscilaron entre 0.03 m/seg a 31.23 m/seg, con una media de 6.68 m/seg y un desvío estándar de 0.64 m/seg (Tabla 1). El valor medio de  $\mu_t$  resultó algo mayor que el utilizado por la RWEQ (Fryrear *et al.* 1998), que es 5 m/seg a 2 m de altura, y menor al utilizado por la WEPS, fijado en 8 m/seg (Wagner 2004).

Tabla 1. Velocidad umbral ( $\mu_t$ ), velocidad media del viento ( $u$ ), dirección del viento y desvío estándar en tres años de muestreo.

Año	2003	2004	2005	Media	Desvío
$\mu_t$ (m/seg.)	7.40 <sup>a</sup>	6.48 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	6.68	0.64
$u$ (m/seg.)	3.98 <sup>a</sup>	2.66 <sup>b</sup>	3.39 <sup>a</sup>	3.35	0.66
Dirección	84.565	121.828	148.490	118.294	32.11

Valores con la misma letra no difieren significativamente (LSD,  $p < 0.05$ )

La Tabla 1 muestra que los tres años analizados presentaron valores semejantes de  $\mu_t$ , lo que indica que las condiciones ambientales existentes para erosionar el suelo a lo largo de todo el período analizado fueron similares y que, en principio, es posible utilizar un único valor anual de  $\mu_t$  en los modelos de predicción de la erosión eólica. La velocidad promedio,  $u$ , fue mayor en 2003 y 2005 (3.98 y 3.39 m/seg, respectivamente) que en 2004, aunque esta diferencia no influyó en el valor final de  $\mu_t$ .

Los valores de  $\mu_t$  no fueron diferentes entre épocas del año (Tabla 2), aunque los valores de invierno (5.24 m/seg) fueron menores que los de primavera (6.28 m/seg) y verano (7.03 m/seg). Esto indica que, excepto otoño, el resto del año posee similares condiciones para que se produzca erosión.

Debe aclararse que se excluyó otoño de esta comparación ya que, de un total de 62 tormentas analizadas en esta estación, sólo se detectó actividad de saltación y se obtuvo un valor de  $\mu_t$  para un número muy pequeño de tormentas ( $n=3$ ). Esto puede deberse a que esta época del año es la única que presenta balance hídrico positivo (INTA *et al.*, 1980), condición que mantiene al suelo húmedo más tiempo y hace necesaria una mayor velocidad de viento para iniciar el movimiento de las partículas.

La dirección y velocidad del viento también variaron entre épocas del año (Tabla 2). En verano y primavera la dirección predominante fue Sur-Este ( $144.741^\circ$  y  $132.23^\circ$  respectivamente) y para las estaciones de invierno y otoño fue Este ( $112.175$  y  $109.002$ , respectivamente). La velocidad media del viento en orden decreciente fue verano  $3.32$  m/seg, primavera  $3.05$  m/seg, invierno  $2.48$  m/seg y otoño  $1.91$  m/seg, quedando en evidencia nuevamente que otoño es la estación menos riesgosa desde el punto de vista de la erosión eólica.

No existieron diferencias interanuales de  $\mu_t$  entre estaciones (Tabla 2), lo que confirma la uniformidad de este parámetro a lo largo del año.

Tabla 2: Velocidad umbral promedio ( $\mu_t$ ) de cada estación en cada año y promedio de tres años, velocidad media del viento ( $u$ ) y dirección del viento ( $^\circ$ ) en tres épocas del año.

		Estación del año			
		Verano	Invierno	Primavera	Otoño
$\mu_t$ (m/seg.)	2003	6.79 <sup>a</sup>	7.51 <sup>a</sup>	7.40 <sup>a</sup>	nd
	2004	6.68 <sup>a</sup>	6.32 <sup>a</sup>	6.49 <sup>a</sup>	nd
	2005	7.50 <sup>a</sup>	6.43 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	nd
	Promedio	7.03 <sup>a</sup>	5.24 <sup>a</sup>	6.28 <sup>a</sup>	nd
$u$ (m/seg., 2003–2005)		3.32 <sup>a</sup>	2.48 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>	1.91 <sup>c</sup>
Dirección Vto. ( $^\circ$ , 2003-2005)		144.741 <sup>a</sup>	112.175 <sup>b</sup>	132.231 <sup>a</sup>	109.002 <sup>b</sup>

Valores con la misma letra no difieren significativamente (LSD,  $p<0.05$ ), nd = sin datos.

## **CONCLUSIÓN**

La dirección del viento predominante durante los 3 años de estudio fue de 118.3° (dirección S-E) y el valor de  $u$  fue 3.35 m/seg. Excepto otoño, todas las épocas del año poseen valores de velocidad umbral relativamente bajos (en promedio 6.68 m/seg.) lo que indica que existe una similar susceptibilidad de los suelos a erosionarse por el viento en la mayor parte del año. El valor de velocidad umbral fue mayor que el fijado por la RWEQ y menor que el fijado por la WEPS. El otoño resulta la única estación libre de erosión.

La velocidad umbral que debería considerarse en los modelos predictivos de erosión eólica para Haplustoles Enticos de Argentina es 6.68 m/seg.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Este trabajo fue financiado por CONICET (PIP-CONICET 2004, N° 6413) y Facultad de Agronomía, UNLPam (Proyecto 8/96). Los autores agradecen al Ing. Agr. Francisco Babinec por su colaboración en el análisis estadístico de los datos.**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Bagnold R. 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London. 265 pgs.
- Casagrande G y Vergara G. 1996. Características climáticas de la región .En: Labranzas en la región semiárida argentina. Buschiazzo D.E., Panigatti, J. y Babinec F. (eds.), INTA, pgs. 11-17.
- Dregne H. 1986. Desertification of arid lands. En: Physics of desertification. F. El-Baz and M. H. A. Hassan (eds). Dordrecht, The Netherlands: Martinus, Nijhoff.
- Fryrear D; Ali Saleh J; Bilbro H; Schomberg J y Zobeck T. 1998. Revised Wind Erosion Equation (RWEQ). Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS, Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory. Technical Bulletin N° 1
- INTA, Gob. de La Pampa, UNLPam. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. INTA, Buenos Aires 487 pgs.

- Iversen J y Rasmussen K. 1994. The effects of surface slope on saltation threshold. *Sedimentology* 41: 721-728.
- Stout J. 1998. Effect of averaging time on the apparent threshold for aeolian transport. *Journal of Arid Environment* 39: 395-401.
- Stout J. 2003. Seasonal variations of saltation activity on a high plains saline playa: yellow lake, Texas. *Physical Geography* 24: 61-76.
- Stout J. 2004. A method for establishing the critical threshold for aeolian transport in the field. *Earth Surface Processes and Landforms* 29: 1195-1207.
- Stout J y Zobeck T. 1996. The Wolfforth field experiment: a wind erosion study. *Soil Sci.* 161: 616-632.
- Stout J y Zobeck T. 1997. Intermittent saltation. *Sedimentology* 44: 959-970.
- Wagner L. 2004. The Wind Erosion Prediction System (WEPS). Wind Erosion Research Unit, USDA-ARS. Manhattan, Kansas, USA.
- Zingg A. 1953. Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. *Proceedings 5<sup>th</sup> Hydraulic Conference Bulletin* 34:111-135.