

## CONTROL DE LA EROSIÓN EÓLICA CON UN ESTABILIZADOR ARTIFICIAL EN UN TORRIPSAMMENTE USTICO

FERNANDO AVECILLA<sup>1\*</sup>; NANCY BELÉN RAMIREZ HABERKON<sup>2</sup>; SILVIA BEATRIZ AIMAR<sup>2</sup>  
& DANIEL EDUARDO BUSCHIAZZO<sup>1-2-3</sup>

Recibido: 07-11-15

Recibido con revisiones: 04-03-16

Aceptado: 25-04-16

### RESUMEN

La erosión eólica es uno de los principales procesos de degradación de suelos de ambientes áridos y semiáridos. Una alternativa de control de este proceso es la estabilización del suelo por medio de fijadores artificiales. En el presente estudio se analizó el grado de control de la erosión que produjo un estabilizador a base de acetato de polivinilo (cola vinílica), diluido en agua a distintas concentraciones. El estudio se realizó en un túnel de viento en un Torripsament Ustico. Se utilizaron tres concentraciones (0,5, 2 y 10% relación estabilizador-agua) con y sin inyección de la fracción de saltación, dos momentos de muestreo (5 y 10 minutos) y dos velocidades de viento (10,5 y 12 m s<sup>-1</sup>). Los resultados indicaron que la erosión fue significativamente menor en todos los tratamientos con agregado del estabilizador que en el suelo sin estabilizador. La erosión con concentraciones del estabilizador de 2 y 10% fueron menores ( $p < 0,05$ ) que a 0,5%, en los tratamientos con y sin saltación. El estabilizador aplicado al 2 y 10% mantuvo bajos niveles de erosión en ambos momentos de muestreo, lo que indica que la costra formada sobre la superficie del suelo es resistente al efecto abrasivo de las partículas de saltación. Se pudo deducir que una aplicación del estabilizador a una concentración del 2% permite controlar eficientemente la erosión en el suelo analizado, manteniendo las pérdidas de suelo en niveles bajos, durante al menos 10 minutos, aún con altas velocidades del viento. Debido a que el estabilizador es de bajo costo, posee bajo impacto ambiental y se encuentra disponible en el mercado, su uso para controlar la erosión eólica en pequeñas superficies, con fines ingenieriles en obras de construcción, estabilización de banquetas y superficies de caminos, es potencialmente factible.

**Palabras clave.** Erosión eólica, métodos de control, estabilizador sintético.

### WIND EROSION CONTROL WITH AN ARTIFICIAL STABILIZER IN AN USTIC TORRIPSAMMENT

#### ABSTRACT

Wind erosion is one of the main soil degradation processes of arid and semi-arid environments. Artificial stabilizers can be used for its control. We analyzed the efficiency of a polyvinyl acetate as a stabilizer for controlling wind erosion in an Ustic Torripsament. We performed a wind tunnel experiment under three stabilizer concentrations (0,5, 2 and 10% stabilizer: water ratio) with and without injection of the saltation fraction, two wind speeds (10,5 and 12 m s<sup>-1</sup>) and two sampling times (5 and 10 minutes). Results indicated that the erosion was lower with all the stabilizer concentrations in relation to the reference without stabilizer. The erosion with concentrations of the stabilizer of 2 and 10% were lower ( $p < 0,05$ ) than to 0,5%, in the treatments with and without saltation. The stabilizer concentration of 2 and 10% maintained low erosion levels in both moments of sampling, which indicates that the crust formed on the soil surface is resistant to the abrasive effect of the particles of saltation. It was deduced that an application of the stabilizer to a concentration of 2% allows to efficiently control the erosion in the soil tested, keeping the soil losses at low levels, for at least 10 minutes, even with high wind velocities. Because the stabilizer has low-cost, low environmental impact and is available on the market, its use to control wind erosion on small surfaces, with engineering purposes in construction, stabilization verges and road surfaces, it is potentially feasible.

**Key words.** Wind erosion, control methods, synthetic stabilizer.

1 INCITAP (CONICET-UNLPam), Santa Rosa, La Pampa.

2 UNLPam, Santa Rosa, La Pampa.

3 INTA, Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Anguil, La Pampa.

\* Autor de contacto: ferave85@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

La erosión eólica es uno de los procesos de degradación del suelo más importante en muchas regiones del mundo. En la Argentina, cerca del 75% de la superficie está ocupada por regiones áridas y semiáridas, donde este proceso es altamente probable (Buschiazzo *et al.*, 2007).

Se han desarrollado diferentes métodos para mitigar la erosión eólica de los suelos, basados principalmente en la reducción de la velocidad del viento, la protección y el mantenimiento de la rugosidad y de la cobertura superficial. Las cortinas rompevientos, la rugosidad orientada, los cultivos en franja, el mantenimiento de rastrojos, la siembra de cultivos protectores para fijación de médanos y los estabilizadores artificiales de suelo son algunas de las alternativas más comunes (Skidmore & Hagen, 1977; Bravo *et al.*, 1995).

En los casos en los cuales es necesario un control inmediato de la erosión, el uso de una cobertura artificial puede ser una alternativa eficaz y económica. En la Argentina, se han realizado algunas experiencias con compuestos orgánicos naturales como tanino (Di Rado *et al.*, 2001), con bentonita y emulsiones asfálticas aunque se desconocen experiencias de control de la erosión con productos sintéticos, por lo tanto no se cuenta con estudios recientes con productos de bajo costo y bajo impacto ambiental. Los estabilizadores químicos del suelo deberían ofrecer una buena adherencia y una rápida infiltración, lo cual permitiría el establecimiento y desarrollo de cobertura vegetal que actúe de forma permanente en el control de la erosión. Además, deben ser no tóxicos, no contaminantes, adaptable a las condiciones climáticas y ambientales en el área tratada, altamente eficaz, duradero y de bajo costo (Han *et al.*, 2007).

Desde hace varios años distintos estabilizadores han sido utilizados para controlar la erosión eólica en distintas partes del mundo. Desde la década de 1930 hasta la actualidad se han probado estabilizadores con distintos propósitos (Babaev, 2001). Sin embargo, en la mayoría de los casos se utilizaron estabilizadores a base de derivados del petróleo, emulsiones de asfalto y aceites (Cheng *et al.*, 1991; Hu & Zhou, 1991; Zhu *et al.*, 2000; Babaev, 2001), los cuales representan un riesgo desde el punto de vista ambiental, además de ser productos menos accesibles en el mercado y de un alto costo económico. Recientemente, Han *et al.* (2007) utilizaron cuatro estabilizadores de polímeros líquidos (una emulsión de alcohol de polivinilo, una emulsión de acetato de polivinilo, una mezcla de agua y cloruro de calcio, y una mezcla de agua y urea) para evitar la voladura de los suelos alrededor de una carretera en el

desierto de Taklamakan, China, determinando su comportamiento tanto en túnel de viento como a campo. Con el mismo objetivo, Wang *et al.* (2009) probaron con un estabilizador a base de pasta de lignina obtenida de los residuos líquidos descartados en la industria del papel, logrando la estabilización de dunas de arena y la implantación de vegetación. Tomando en cuenta estos antecedentes, el presente estudio representa un avance en el conocimiento respecto al uso de estabilizadores artificiales para el control de la erosión eólica.

El objetivo del trabajo fue evaluar, para un suelo de textura arenosa franca susceptible a ser erosionado, el efecto de la aplicación de un estabilizador artificial sintético a base de acetato de polivinilo y determinar la dosis adecuada del mismo a fin de controlar las tasas de pérdida de suelo por erosión eólica, teniendo en cuenta distintas velocidades de viento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó un suelo de textura arenosa franca (Soil Survey división Staff, 1993) con presencia de clastos >2 mm, situado en la localidad de Hilario Ascasubi, perteneciente al partido de Villarino en el sur de la provincia de Buenos Aires (39°23'S; 62°27'O) (Tabla 1) y clasificado como Torripsament Ustico (Sánchez *et al.*, 1998). En los últimos años, vinculado a períodos extensos de pronunciadas sequías, los suelos de esta región han sufrido frecuentes procesos de erosión eólica los que han causado un alto impacto ambiental ocasionando disminución de espesor de los horizontes A por pérdida de materiales, afectando la cobertura de alambrados, perjudicando la salud humana por el desarrollo de alergias y disminuyendo la visibilidad en zonas urbanas y rurales, lo que ha sido causal de accidentes de tránsito (Pezzola *et al.*, 2011, 2012).

Se tomó una muestra compuesta superficial de los primeros 2,5 cm sin disturbar sobre un área homogénea de aproximadamente 1 ha, constituida por cuatro submuestras de aproximadamente 30 kg.

Se determinó la composición granulométrica por el método de la Pipeta de Robinson (Gee & Bauder, 1986), la materia orgánica por el método de Walkley y Black (Walkley y Black, 1934), y carbonatos por medio del Calcímetro de Scheibler (Schichting *et al.*, 1995).

Se determinó la estabilidad estructural de los agregados en seco (EES) y la fracción erosionable (FE) en una submuestra secada al aire y tamizada con un tamiz rotativo (Chepil, 1962). Debido a que el suelo presentó clastos >2 mm (6,7%) es que la determinación de EES dio valores relativamente altos (82%) y erróneos para su interpretación.

Tabla 1. Principales características del suelo estudiado.  
Table 1. Main characteristics of the studied soil.

	Parámetros	Contenido
Distribución del tamaño de partículas (g kg <sup>-1</sup> )	Arcilla (<0,002 mm)	92,5
	Limo (0,002-0,053 mm)	99,7
	Arena muy fina I (0,053-0,074 mm)	55,2
	Arena muy fina II (0,074-0,105 mm)	80,7
	Arena fina (0,105-0,250 mm)	569,4
	Arenas medias y gruesas (0,250-2 mm)	102,5
	Clastos (>2 mm) (%)	6,7
MO (g kg <sup>-1</sup> )		20,8
CaCO <sub>3</sub> (g kg <sup>-1</sup> )		6,5
FE (%)		84,3
EES (%)		82

FE: fracción erosionable; EES: estabilidad estructural de los agregados en seco; MO: materia orgánica.

Por otra parte, para otra submuestra del suelo original se separó manualmente la fracción de saltación (van Pelt *et al.*, 2010) mediante tamizado en seco usando tamices de aberturas de 200 y 500 µm (Avecilla *et al.*, 2015).

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un túnel de viento de 8 m de longitud. El mismo consta de dos secciones: una de acondicionamiento del perfil del viento (2 m) y una sección de trabajo (6 m). Funciona con un motor a explosión marca Honda GX 670 de 24HP. Para mayor detalle sobre la construcción y resultados de calibración del túnel de viento puede ser consultado el trabajo de Mendez *et al.* (2006).

Las muestras de suelo se colocaron en bandejas desmontables de chapa (0,195 m<sup>2</sup> de superficie: 97,5 cm de largo x 20 cm de ancho x 2,5 cm de profundidad) ubicadas a lo largo de toda la sección de trabajo del túnel.

En algunos tratamientos, la fracción de saltación del suelo (200-500 µm) se agregó por gravedad desde una tolva ubicada en la parte media de la sección de simulación del túnel, con un caudal de 0,0055 kg m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> (van Pelt *et al.*, 2010).

El material movilizado por saltación se recolectó con colectores de tipo BSNE (Fryrear, 1986) ubicados a cinco alturas (0,05; 0,17; 0,385; 0,585 y 0,79 m) en la parte final de la sección de trabajo. El material recolectado luego de cada simulación se pesó a la cuarta cifra decimal. El transporte de masa horizontal (Q), se determinó mediante la ecuación (1) integrando la curva exponencial de ajuste de la cantidad de material en función de la altura:

$$Q = \int_0^1 a^{bz} dz \tag{Ec. 1}$$

donde, Q es el transporte de masa horizontal (en kg m<sup>-2</sup>) a la altura z, variable que refiere al total del material recolectado por los cinco colectores BSNE luego de cada simulación, Q es el flujo de masa en la superficie (z=0) y b representa la tasa de decaimiento respecto a la altura. Los detalles metodológicos se describen en Panebianco *et al.* (2010).

La velocidad del viento se midió con un anemómetro de presión a cuatro alturas (0,05; 0,17; 0,385 y 0,585 m), obteniéndose de este modo un perfil vertical de la velocidad del viento y el cálculo de la velocidad de fricción (Roney & White, 2006). La velocidad de fricción se determinó con la ecuación (2):

$$\mu^* = \frac{K(\mu_{z_2} - \mu_{z_1})}{\ln(Z_2 - Z_1)} \tag{Ec. 2}$$

donde, µ\* es la velocidad de fricción del viento en m s<sup>-1</sup>; K es la constante de Von Karman (0,4); u<sub>z1</sub> y u<sub>z2</sub> son las velocidades del viento a las alturas Z<sub>1</sub> y Z<sub>2</sub> a 0,05 y 0,585 m respectivamente. Adicionalmente, la velocidad del viento de referencia, velocidad libre, se midió por medio de un anemómetro de cazoletas ubicado en la sección posterior del túnel, a una altura de 0,85 m sobre la superficie del túnel.

El estabilizador utilizado fue el acetato de polivinilo, conocido comercialmente como "cola o adhesivo vinílico" de base acuosa. Es un polímero, obtenido mediante la polimerización del acetato de vinilo (CH<sub>3</sub>-COO-CH=CH<sub>2</sub>), un éster. Se empleó la cola vinílica marca FORTEx tipo A-20, que se presenta comercialmente como una emulsión de color blanca, comúnmente aplicada como adhesivo para materiales porosos, en especial la madera. Es un compuesto considerado como "no tóxico" (Suzarte *et al.*, 2004).

Se utilizaron tres concentraciones de estabilizador por dilución en agua: 0,5% ( $E_1$ ), 2% ( $E_2$ ) y 10% ( $E_3$ ) (relación adhesivo-agua). Desde 1 m de altura y por medio de un aspersor se aplicó el estabilizador sobre las muestras de suelo a razón de 0,476 L  $\text{min}^{-1}$ , la aplicación efectiva fue de 0,237 L  $\text{m}^{-2}$ . Al finalizar la aplicación las muestras de suelo se dejaron secar al aire durante 12 horas. El estabilizador al ser aplicado sobre el suelo formó una costra superficial permeable, incorporándose a los primeros micrones y actuando como un cementante o aglutinador de las partículas del suelo. Una mayor concentración permitió formar una costra con mayor espesor. Además, se probó la permeabilidad del mismo mediante la aplicación de agua, con el mismo caudal de aplicación que se utilizó durante la operación con el estabilizador. Se comprobó la infiltración del agua a través de la costra.

Se asumió y comprobó que la incorporación de agua sin estabilizador sobre la superficie del suelo no cambió el comportamiento del suelo, lo cual implica que el efecto sobre las pérdidas de suelo fue atribuido sólo al estabilizador.

Las simulaciones en el túnel se realizaron a dos velocidades de viento, las que alcanzaron 10,5 m  $\text{seg}^{-1}$  (velocidad media =  $V_1$ ) y 12 m  $\text{seg}^{-1}$  (velocidad alta =  $V_2$ ) y correspondieron respectivamente a velocidades de fricción ( $u^*$ ) de 0,39 m  $\text{seg}^{-1}$  (DE: 0,05); y de 0,43 m  $\text{seg}^{-1}$  (DE: 0,03). Además, para todas las concentraciones del estabilizador y a la velocidad de viento  $V_2$  se realizó un tratamiento con inyección de la fracción de saltación.

Los 12 tratamientos desarrollados fueron los siguientes:  $TV_1$ : testigo (suelo desnudo, sin aplicación de estabilizador) a  $V_1$ ;  $TV_2$ : testigo y  $V_2$ ;  $E_1V_1$ : aplicación de estabilizador al 0,5% y  $V_1$ ;  $E_1V_2$ : aplicación de estabilizador al 0,5% y  $V_2$ ;  $E_1V_2S$ : aplicación de estabilizador al 0,5% y  $V_2$  con inyección de fracción de saltación;  $E_2V_1$ : aplicación de estabilizador al 2% y  $V_1$ ;  $E_2V_2$ : aplicación de estabilizador al 2% y  $V_2$ ;  $E_2V_2S$ : aplicación de estabilizador al 2% y  $V_2$  con inyección de fracción de saltación;  $E_3V_1$ : aplicación de estabilizador al 10% y  $V_1$ ;  $E_3V_2$ : aplicación de estabilizador al 10% y  $V_2$ ;  $E_3V_2S$ : aplicación de estabilizador al 10% y  $V_2$  con inyección de fracción de saltación;  $V_2S$ : a  $V_2$ , sólo inyección de la fracción de saltación (colocación de papel de lija en las bandejas). Este último tratamiento permitió evaluar solamente el efecto del material de saltación en los tratamientos  $E_xV_2S$ . Cada tratamiento fue repetido tres veces. Cada simulación duró 10 minutos. A los 5 minutos se detuvo la simulación, se pesó el material recolectado por los BSNE y luego, con los colectores limpios, se continuó con los 5 minutos restantes, repitiendo la operación de pesada. Así se obtuvo el transporte de masa horizontal ( $Q$ ) a distintos intervalos de tiempo, permitiendo evaluar la resistencia del estabilizador.

Los valores de  $Q$  fueron comparados entre tratamientos mediante un test de comparación de medias ANOVA, utilizando el método de comparación LSD Fisher con un  $\alpha = 0,05$ .

Para realizar este análisis se utilizó el software INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra que los valores de  $Q$  de los tratamientos testigo (T) fueron los más elevados (5,6 kg  $\text{m}^{-2}$  para  $V_1$  y 7,1 kg  $\text{m}^{-2}$  para  $V_2$ ) e iguales entre sí ( $p < 0,05$ ).

A  $V_1$ ,  $Q$  alcanzó valores de 0,036 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_1$ , 0,018 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_2$ , y 0,006 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_3$ , valores que fueron diferentes entre sí. Esto indica que  $Q$  fue mayor a menores concentraciones del estabilizador. A  $V_2$ ,  $Q$  fue 0,223 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_1$ , 0,046 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_2$  y 0,008 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_3$ , siendo similar en  $E_2$  y  $E_3$  pero diferente de  $E_1$ . A ambas velocidades,  $Q$  fue significativamente menor en todos los tratamientos con estabilizador que en T. Estos resultados indican que, en los tratamientos con estabilizador,  $Q$  fue 155 a 930 veces menor que en el testigo a una baja velocidad de viento y 32 a 882 veces menor a la velocidad más alta.

En los tratamientos donde se agregó la fracción de saltación ( $E_xV_2S$ ),  $Q$  varió de 2,196 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_1$  a 0,005 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_3$  (0,533 kg  $\text{m}^{-2}$  en  $E_2$ ), siendo diferente entre  $E_1$  y los otros dos tratamientos ( $E_2$ - $E_3$ ). El efecto de la saltación, en general, aumentó  $Q$  con respecto a los tratamientos sin saltación.

En los tratamientos con saltación y  $V_2$ ,  $Q$  se redujo de 3 a 130 en  $E_3$  y  $E_1$  con respecto al testigo ( $TV_2$ ). Esto indica que el estabilizador agregado a bajas concentraciones ( $E_1$ ) fue menos eficiente que a concentraciones medias y altas para controlar la erosión.

Los valores de  $Q$  fueron, en  $E_3$ , similares a ambas velocidades (0,006 y 0,008 kg  $\text{m}^{-2}$  a  $V_1$  y  $V_2$ , respectivamente), mientras que en  $E_2V_2$ , fueron 155% mayores que en  $E_2V_1$ , y en  $E_1V_2$  520% mayores que en  $E_1V_1$ . Esto indica que existiría un umbral de concentración del estabilizador por debajo del cual se produce erosión.

$Q$  presentó valores similares en  $E_3V_2$  y en  $E_3V_2S$ , lo que indica que el estabilizador aplicado a altas concentraciones fue eficiente para controlar la erosión, aun sufriendo el impacto de partículas transportadas por saltación. Los valores de  $Q$  de  $E_2V_2$  fueron menores que los de  $E_2V_2S$ , por lo cual, a concentraciones intermedias, el proceso de saltación produjo el rompimiento de la costra formada por el estabilizador lo que incrementó la erosión. Por otro lado, en  $E_1V_2S$ , el valor de  $Q$  fue mayor (90%) que en  $E_1V_2$ , lo que indica que el efecto abrasivo de las partículas provocó la degradación total de la costra formada por el estabilizador.

Tabla 2. Flujo de masa horizontal (Q) para los distintos tratamientos.  
Table 2. Horizontal mass flux (Q) for the different treatments.

Tratamiento	Q (kg m <sup>-2</sup> )			DE (Q <sub>total</sub> )
	5'	10'	Total	
TV <sub>1</sub>	4,534	1,065	5,599*	1,793
TV <sub>2</sub>	5,917	1,139	7,056*	1,970
E <sub>1</sub> V <sub>1</sub>	0,029	0,007	0,036*	0,007
E <sub>2</sub> V <sub>1</sub>	0,014	0,004	0,018**	0,007
E <sub>3</sub> V <sub>1</sub>	0,004	0,002	0,006***	0,002
E <sub>1</sub> V <sub>2</sub>	0,108	0,115	0,223*	0,077
E <sub>2</sub> V <sub>2</sub>	0,026	0,020	0,046**	0,056
E <sub>3</sub> V <sub>2</sub>	0,005	0,003	0,008**	0,001
E <sub>1</sub> V <sub>2</sub> S	1,104	1,092	2,196*	0,677
E <sub>2</sub> V <sub>2</sub> S	0,193	0,340	0,533**	0,348
E <sub>3</sub> V <sub>2</sub> S	0,053	0,001	0,054**	0,092

Los asteriscos (\*) indican diferencias significativas dentro del mismo tratamiento ( $p < 0,05$ ) para Q<sub>total</sub>.  
DE: desvío estándar.

La simulación de distintos tiempos de simulación permitió evaluar la estabilidad de la costra protectora del suelo formada por el estabilizador. En los tratamientos testigo, durante los primeros 5 minutos y a ambas velocidades, se movilizó entre un 80 y un 85% del material erosionado. Algo similar ocurrió en los tratamientos con concentraciones bajas del estabilizador (E<sub>1</sub>), aun a velocidades bajas del viento (V<sub>1</sub>). Esto indica que, a bajas concentraciones del estabilizador, se produjo un rápido rompimiento de la costra, provocando una elevada erosión. Similares tendencias se encontraron en E<sub>2</sub>V<sub>1</sub> pero con menores valores de erosión, indicando que la costra tuvo mayor resistencia al efecto del viento. A las concentraciones más altas (E<sub>3</sub>V<sub>1</sub>) los valores de Q fueron similares en ambos momentos de muestreo lo que indica una alta estabilidad de la costra a altas concentraciones del estabilizador.

A la velocidad alta de viento (V<sub>2</sub>) y concentraciones bajas e intermedias del estabilizador (E<sub>1</sub>-E<sub>2</sub>), Q fue mayor luego de 10 minutos que de 5 minutos de simulación. Esto indica que la costra protegió al suelo un tiempo limitado en estas condiciones debido a que el viento produjo su destrucción luego de 10 minutos. A concentraciones elevadas del estabilizador (E<sub>3</sub>) Q se mantuvo bajo y no cambió significativamente con el tiempo, lo que indica que la costra se mantuvo estable y protegió el suelo en forma eficiente.

Con el agregado de material de saltación, a bajas concentraciones del estabilizador, (E<sub>1</sub>V<sub>2</sub>S), Q fue mayor que en el tratamiento sin saltación (E<sub>1</sub>V<sub>2</sub>), con valores simila-

res de Q a distintos intervalos de tiempo. Esto indica que bajas concentraciones del estabilizador no fueron eficientes para prevenir el efecto abrasivo de las partículas saltadoras sobre la costra formada por el estabilizador. A la velocidad alta, el proceso de saltación destruyó la costra formada por el estabilizador a concentraciones intermedias (E<sub>2</sub>V<sub>2</sub>S), pero en menor magnitud que a bajas concentraciones (E<sub>1</sub>V<sub>2</sub>S). Solamente a altas concentraciones (E<sub>3</sub>V<sub>2</sub>S) la costra se mantuvo estable.

Los resultados obtenidos permiten deducir que con una concentración del 2% la erosión eólica puede mantenerse en niveles bajos, durante al menos 10 minutos, aún con altas velocidades del viento. A esta concentración es posible obtener 50 L de estabilizador con 1 kg de cola vinílica, volumen que permite cubrir un área de 210 m<sup>2</sup>. El uso de esta sustancia resulta efectivo, es de bajo costo y no posee riesgos ambientales por lo que puede ser utilizado para controlar erosión eólica en pequeñas superficies. Además, podría aplicarse con fines ingenieriles en el control del levantamiento de polvo en las obras, en banquetas y superficies de caminos, control de taludes, etc.

En futuros estudios deberá evaluarse la estabilidad en el tiempo del estabilizador. Es necesario realizar pruebas a mayor escala (en parcelas a campo), a fin de probar y determinar su degradación por radiación solar o por efectos de lluvias, la resistencia de la costra a ser fracturada por emergencia de plántulas y la vida media del producto en

el suelo. Han *et al.* (2007) probaron varios parámetros relacionados a la resistencia de la costra formada por el acetato de polivinilo y encontraron una respuesta satisfactoria de dicho producto, inclusive por encima de otros estabilizadores utilizados, describiendo a la costra formada como muy dura, flexible y capaz de soportar un peso importante. Además, midieron la resistencia del acetato de polivinilo al envejecimiento por medio de radiación ultravioleta (longitud de onda de 340 nm, intensidad de 50 mW cm<sup>-2</sup>) durante 300 hs, encontrando que el acetato tuvo la mejor resistencia, con una pérdida de resistencia de 0%, comparado con el 11 y 40% de los otros estabilizadores.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avecilla, F; JE Panebianco & DE Buschiazzo. 2015. Variable effects of saltation and soil properties on wind erosion of different textured soils. *Aeolian Research* 18: 145-153.
- Babaev, AG. 2001. Shifting sand stabilization in Deserts of Soviet Union (translated by Hu, MC), China Ocean Press, Beijing, China. 104-115 pp.
- Bravo, O; A Quiroga; J Silenzi; S Alcalde & E Adema. 1995. Efectos del cultivo en franjas perennes sobre la estructura y carbono orgánico en suelos de la región semiárida pampeana. *Rev. Fac. Agr. UNLP* 71: 15-20.
- Buschiazzo, DE; S Abascal & TM Zobeck. 2007. Wind erosion in tillage systems in the semiarid Pampa of Argentina. *J Arid Environ.* 69: 29-39.
- Cheng, DY; XL Zhao & GD Kang. 1991. Experiment and research of shifting sand stabilization with asphalt emulsion. Research of shifting sand control (2), Ningxia People's Publishing House, Yingchuan. 335-358 pp.
- Chepil, WS. 1962. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical soil analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 4-6.
- Di Rado HR; VE Fabre & FD Miño. 2001. Estabilización de Suelos con Tanino. *Revista Internacional Información Tecnológica* 12(2): 7-14.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2002. InfoStat versión 1.1. FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Fryrear, DW. 1986. A field dust sampler. *J Soil Water Conserv.* 41: 117-120.
- Gee, GW & JW Bauder. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, Arnold (ed), *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 383-411 pp.
- Han, Z; T Wang; Z Dong; Y Hu, Y & Z Yao. 2007. Chemical stabilization of mobile dune fields along a high way in the Taklimakan Desert of China. *J Arid Environ.* 68: 260-270.
- Hu, YD & J Zhou. 1991. Experiment and research of shifting sand stabilization with sodium silicate. Research of shifting sand control (2), Ningxia People's Publishing House, Yingchuan. 358-365 pp.
- Mendez, MJ; JC De Dios Herrero & DE Buschiazzo. 2006. Desarrollo de un túnel de viento portátil para la medición de erosión eólica: XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta-Jujuy. 371 pp.
- Panebianco, JE; DE Buschiazzo & TM Zobeck. 2010. Calculation of the horizontal mass flux with different models for wind erosion quantification purposes. *Earth Surf. Process. Landforms* 35: 1548-1555.
- Pezzola NA; CI Winschel; RJ Agamennoni; ML Enrique & H Giorgetti. 2012. Cuantificación de la erosión bioclimática en ambientes semiáridos: caso partido de Patagones en el sur de la prov. de Buenos Aires utilizando percepción remota. IX Jornadas Nacionales de Geografía Física, Bahía Blanca, 2012. 124-129 pp, ISBN 978-987-1648-32-0.
- Pezzola, NA; RJ Agamennoni; R Sanchez; CI Winschel; ML Enrique & H Giorgetti. 2011. Estimación expeditiva de suelos erosionados del partido de Patagones - Pcia. Bs. As. <http://inta.gov.ar/documentos/estimacion-expeditiva-de-suelos-erosionados-del-partido-de-patagones-pcia.-bs.-as/>
- Roney, JA & BR White. 2006. Estimating fugitive dust emission rates using an environmental boundary layer wind tunnel. *Atmos. Environ.* 40: 7668-7685.
- Sánchez, RM; NA Pezzola & JV Cepeda. 1998. Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA E.E.A. Hilario Ascasubi. [www.patagones.gov.ar/descargar/Edafoclima\\_Inta\\_Ascasubi.pdf](http://www.patagones.gov.ar/descargar/Edafoclima_Inta_Ascasubi.pdf)
- Schlichting, E; HP Blume & K Stahr. 1995. *Bodenkundliches Praktikum. Pareys Studentexte* 81. Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin, Germany. 295 pp.
- Skidmore, EL & LJ Hagen. 1977. Reducing wind erosion with barriers. *Trans. ASAE* 20: 911-915.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. Soil conservation service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18: Washington, DC.
- Suzarte, A; González, R & A Arias. 2004. Toxicidad del acetato de vinilo (monómero) Revista *CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 35(1): 53-56. Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Ciudad de La Habana, Cuba. ISSN: 0253-5688.
- Van Pelt, RS; TM Zobeck; MC Baddock & JJ Cox. 2010. Design, construction, and calibration of a portable boundary layer wind tunnel for field use. *Trans. ASAE* 53: 1413-1422.
- 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.
- Wang, H; F Penning de Vries & Y Jin. 2009. A win-win technique of stabilizing sand dune and purifying paper mill black-liquor. *J Environ Sci.* 21: 488-493.
- Zhu, ZD; XL Zhao & YQ Lin. 2000. Sand control engineering. China Environmental Science Press, Beijing, China. 117-135 pp.