

ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE DISTINTOS METODOS DE CUANTIFICACION DE LA EROSION EOLICA. IMPORTANCIA DE LA ESCALA

Stella M. Navone y Oscar J. Santanatoglia

Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos F.A.U.B.A.

RESUMEN

Se han aplicado tres métodos en la cuantificación o evaluación del proceso de degradación producido por erosión eólica a distintas escalas, en tres subregiones de la Provincia de La Pampa y en dos valles de la provincia de Catamarca.

Los tres métodos paramétricos empleados: FAO (1980); SOTER (1987) y ecuación de la erosión eólica (WEE) toman distintos datos respecto al clima, al suelo y a la vegetación para los cálculos en escalas chicas; en cambio para las de mayor detalle convergen Soter y la Ecuación de la erosión eólica en los datos referidos a suelos; FAO y SOTER para clima.

Se concluye que para la escala de reconocimiento el método más preciso es SOTER, en cambio para la de semidetalle el que se ajusta mejor a la realidad es el de la WEE.

Palabras claves: erosión eólica; evaluación de pérdidas de suelo, escalas

COMPARISON BETWEEN DIFFERENT METHODS OF WIND EROSION. THE IMPORTANCE OF THE SCALE.

ABSTRACT

Three parametric methods have been tested to evaluate wind erosion having different scales and objectives; in three areas from La Pampa and two valleys in Catamarca province.

All of them (SOTER, FAO and WEE) use different soil, climate and vegetation data in small scales; but detailed maps SOTER and WEE take into consideration the same soil data and FAO and SOTER the same climate data.

The efficiency of each method changes according to the evaluation scale. SOTER is the best for recognition maps, and WEE is the best for detailed maps.

Key words: wind erosion; quantitative approach; different scales.

INTRODUCCION

El inventario de los procesos degradatorios en nuestro país es de vital importancia, ya que es necesario contar con dicha información básica, para que se puedan desarrollar estrategias a nivel regional, provincial o de productor. Se busca aplicar las normas de conservación y manejo en cada caso, que permitan controlar y/o prevenir los desequilibrios agroecológicos producidos por el hombre.

Para que el diagnóstico de los procesos sea eficiente, debe ser usado el método adecuado para poder cuantificar los grados de degradación en cada escala de trabajo.

En las áreas analizadas en este estudio, ubicadas en la

región árida (Valles de la provincia de Catamarca) y semiáridas (subregiones de la Provincia de La Pampa) el proceso de degradación dominante es el de erosión eólica.

En nuestro país y en el mundo, se están utilizando diferentes métodos paramétricos para cuantificar los procesos de erosión eólica (Laya, 1984) (Del Valle, y Coronato, 1988).

El objetivo de este trabajo fue analizar como se ajustan distintos métodos paramétricos a la evaluación del proceso de erosión eólica en regiones, donde la fragilidad del sistema aumenta el fenómeno causa-efecto de un manejo inadecuado.

MATERIALES Y METODOS

Descripción general del área:

Este trabajo se ha desarrollado en la Provincia de La Pampa en tres subregiones: 1. Acumulaciones arenosas con mesetas residuales; 2. Planicies con tosca y 3. Mesetas y valles y en la Provincia de Catamarca en los valles de Fiambalá y Tinogasta.

1 Acumulaciones arenosas con mesetas residuales: el clima corresponde al régimen hídrico semiárido (De Fina et al., 1959). Dentro de esta subregión se trabajó en la unidad fisiográfica que corresponde a la Planicie suavemente ondulada. Los suelos están caracterizados por dos unidades cartográficas: una Asociación de **Haplustol Arídico** y **Haplustol Entico** en la cual aparece como vegetación dominante un bosque abierto de *Prosopis caldenia* (Morello, 1968). La otra unidad cartográfica está ocupada por **Haplustol Torriorténtico** con predominio de cultivos.

El área muestra elegida para analizar con mayor detalle (1:60.000) está representada por el establecimiento Lobocó, con una superficie de 5.000 hectáreas, ubicado en el Departamento de Conhelo (Navone et al., 1989).

Las precipitaciones en esta zona varían entre 480 mm y 600 mm y la deficiencia hídrica es de 180 mm en el verano.

Las direcciones dominantes del viento son N-NE y E siendo la primavera la época de mayor intensidad.

2. Planicies con tosca: el clima corresponde al régimen subhúmedo seco (De Fina et. al., 1959); con una deficiencia anual de 160-200 mm y una precipitación media de 550 a 600 mm.

A esta unidad fisiográfica le corresponden dos unidades cartográficas de suelos: a) una Asociación de **Haplustol Entico** y **Típico** donde predominan los pastizales de *Stipa spp*; b) una Asociación de **Haplustol Petrocálcico** y **Haplustol Entico** con

pequeñas áreas de bosques de *Prosopis caldenia*; *Geoffrea decorticans* (INTA, 1980).

El área muestra representativa de esta zona, que fue estudiada a nivel de semidetalle, es el establecimiento El Brillante.

En cuanto a los vientos, los del sector N-NE aportan masas de aire húmedo.

3. Mesetas y valles: en ella se eligió para trabajar la unidad fisiográfica de Pendientes ocupada por una asociación de **Ustortente Típico** y **Haplustol Entico**, con una vegetación de arbustal mixto de *Larrea divaricata*, cuyo uso es ganadero. Aquí el área muestra, está representada por la estancia Quitralcó, en el departamento de Utracán. El mapa de suelos se realizó a escala 1:60.000.

En la Provincia de Catamarca, los valles de:

1. Fiambalá: es un valle tectónico asimétrico, el modelado actual evoluciona en un clima árido, con precipitaciones distribuidas casi exclusivamente en el período estival.

2. Tinogasta: es una extensa depresión cubierta por sedimentos del cuaternario. En ambos valles predominan los vientos S-SE con una velocidad media entre 20 y 70 km por hora; en invierno es frecuente un viento fuerte y muy seco llamado localmente "Zonda".

Las características edáficas y de vegetación de estas áreas se pueden observar en la **Tabla 1**.

METODOS APLICADOS

Para evaluar la erosión eólica se utilizaron tres métodos paramétricos, cuyos resultados fueron comparados con las observaciones directas hechas a campo.

Tabla 1: Características de los Valles de Fiambalá y Tinogasta

Geoforma	U.C.	U. Taxonómica	% Cober. Veget.	Especie Vegetal
Abanico	3	Torriortente Típ.	1	Larrea sp.
Aluvial	13	Torriortente Lít.	4	Larrea sp.
Glacis	11	Calciortid Típ.	1	restos
Playas	1 y 5	Torriortente Típico	2	Prosopis Alba
Valles	9	Torripsamente Tip. Torrifluent	5	Larrea sp.
Dunas	10	Torripsamente Ustérico	8	Prosopis sp.
Dunas	8	Torripsamente Típico	5	Bulnesia sp. Cassia sp.
U.C. Unidad cartográfica				

a) **Observaciones directas:** durante el recorrido de las áreas muestra, se evaluaron los siguientes factores:

* Suelo: profundidad, textura

* Relieve: formas

* Vegetación: tipo, composición y porcentaje de cobertura

* Formas eólicas: presencia y dimensión de montículos eólicos, presencia de médanos activos y fijos, presencia de mantos de deposición en plantas o arbustos, áreas deflacionadas

* Porcentaje areal de suelos afectados.

De acuerdo a estos parámetros, los grados fueron grave, severo, moderado, leve y nulo (Etchevehere, 1973).

b) **Métodos paramétrico:** son aquellos que permiten cuantificar las pérdidas por erosión eólica.

Para este estudio se utilizaron tres de ellos: FAO (1980), SOTER (PNUP-INTA, 1987), Ecuación de pérdida de suelo por erosión eólica (Woodruff and Siddoway, 1965).

En la **Tabla 2** se presentan en forma simplificada los datos que toma cada uno de los métodos en las distintas escalas para determinar las pérdidas por erosión eólica.

FAO: los factores que considera en la evaluación de la erosión eólica son:

a) Clima: para el cálculo se usa

$$C: 1/100 \frac{V^3 (PET-P) \cdot n}{PET}$$

PET: evapotranspiración potencial

p: precipitación

n: número de días de erosión eólica

V: velocidad del viento

b) Suelo: existe una correlación entre la textura del suelo y lo que se denomina "Grupos de erosionabilidad eólica" definidos por Lyles (1975).

C) Factores humanos: incluye tierras de cultivo y vegetación

SOTER: la ecuación ha sido modificada en este método y resulta: $E: Cw \cdot Is \cdot U$

donde E: pérdida del suelo en tn/ha

CW: factor climático

Is: erodabilidad en tn/ha

U: rugosidad del suelo

Esta ecuación da la pérdida potencial de suelo, suponiéndolo desnudo.

El factor I de erodabilidad se estima a partir de una tabla en la que se agrupa el porcentaje de agregados mayor a 0,84 mm de acuerdo a las texturas superficiales (Skidmore, 1988).

Ajustando el dato obtenido de pérdida potencial con el factor de vegetación se obtiene la pérdida de suelo por erosión actual.

Tabla 2: Datos que considera cada método paramétrico

Met.	Clima		Suelo		Vegetación	
	1:500.000	1:100.000	1:50.000	1:100.000	1:500.000	1:100.000
F A O	Velocidad viento; Evapot. pot. n: días posibles erosión	$C=34, 8V^3$ PE^2	Clase textural: gruesa, media, fina	a partir de Familia % mayor a 0,84 mm	Tipo: cobertura; y fisonomía	ídem escala chica
S O T E R	ídemFAO	ídem WEE	Por tabla a partir clase textural % mayor 0,84 mm	Fracción mayor 0,84 mm medido a campo	Tipo y estado fenológico	Idem esca- la chica
W E E	Temp; P. V viento (P/E) Evapot. pot.	Idem escala chica	Fracción mayor 0,84 mm	Idem tamiz	caract.	

Los rangos de pérdida de suelo que establece cada método son los siguientes:

Pérdida en kg m⁻² año⁻¹ Grado de erosión eólica

	FAO	SOTER-WEE
menor de 1	nula a ligera	ídem
1 a 5	moderada	moderada
5 a 20	alta	severa
mayor de 20	muy alta	grave

Ecuación de erosión eólica: (Woodruff and Siddoway, 1965)

E: F (I,K,C,L,V) en donde

- I: índice de erodabilidad del suelo
- K: factor de rugosidad de la superficie
- C: factor climático
- L: longitud del potrero desprotegido
- V: cubierta vegetal

La ecuación está proyectada para que sirva a los siguientes propósitos: a) determinar la erosión potencial de un potrero en particular; b) determinar las condiciones de rugosidad, cubierta vegetal, protección de barreras, etc., necesarias para reducir la erosión a una cantidad tolerable.

El C que utiliza la ecuación es $C = 34 \cdot \frac{8 V^3}{(PE)^2}$
 PE= Evapotranspiración potencial

El valor de viento corregido a una altura estándar de 30 pies (V). El índice de erodabilidad se obtuvo mediante el empleo de la tabla correspondiente (Chepil et al., 1962,1963) ; a partir del tamizado en seco de los agregados (Lyles et al., 1970).

Se compararon los datos obtenidos a través de un análisis estadístico.

Los métodos usados se aplicaron sin modificaciones de los originales.

Debe destacarse además que las determinaciones visuales "estiman" la erosión acumulada en el tiempo y los métodos paramétricos establecen la pérdida anual que se produce.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los métodos paramétricos se observan en la **Tabla 3**, la valoración de ellos se presentó en Materiales y metodos y los resultados cualitativos de los mismos y los de la observación directa en la **Tabla 4**.

Clima

Escala 1:50.000 a 1:100.000: FAO toma el índice de agresividad climática del método de la WEE; por lo tanto el valor del factor climático es el mismo para ambos

métodos, y como SOTER emplea el mismo que FAO, los tres métodos paramétricos a esta escala convergen en la obtención del factor climático.

Suelo

Escala 1:500.000: los tres métodos se diferencian en la determinación de este factor.

FAO engloba varias texturas en tres grupos según Lyles (1975), mientras que SOTER a partir de la textura obtiene mediante una tabla, diferenciaciones por tamaño de agregados. Por último el I de la ecuación exige la obtención de muestras a campo; y la clasificación de ellas por tamaño de agregados mayores a 0,84 mm en un equipo apropiado.

Escala 1:50.000 a 1:100.000: el método de FAO estima los valores de erosionabilidad a partir de las familias de suelos dominantes mediante tablas elaboradas a tal fin. Los otros métodos los obtienen mediante tamizado en seco de las muestras extraídas a campo.

Vegetación

Escala 1:500.000: en el análisis de este factor FAO toma en cuenta, tipo y cobertura; SOTER tipo y estado fisiológico y no analiza la cobertura; mientras que para esta escala la ecuación universal evalúa riesgo de erosión que no incluye vegetación.

Escala 1:50.000: los tres métodos paramétricos utilizan los datos tomados a campo.

Análisis del proceso de erosión

Riesgo: los métodos de FAO y SOTER utilizan el mismo factor climático en el análisis pero distintos valores edáficos, resultando mayores los resultados de SOTER.

Según el análisis estadístico realizado se observa que existe una correlación lineal entre las pérdidas de suelo potenciales estimados por los distintos métodos utilizados, a escala de reconocimiento.

Dicha relación es de 0,94 entre SOTER y WEE; 0,6 entre SOTER y FAO; 0,11 entre FAO y WEE. Para la pérdida actual FAO y SOTER la correlación es de 0,53.

En la escala de **semidetalle**, al converger los tres métodos paramétricos en un mismo índice de agresividad climática, la pérdida en kg m⁻² se debe al factor de erosionabilidad del suelo; siendo igual en SOTER y WEE; por lo tanto, se hallan los mismos valores de riesgo de erosión, empleando los dos métodos. En cambio es distinto según FAO porque utiliza para la obtención de I

Tabla 3: Pérdidas de suelo en kg m⁻² año⁻¹ por erosión eólica según distintos métodos.

Subregio	Unidad	FAO			SOTER			WEE	
		Climat.	Riesgo E	ER. Actua	Climat	Riesgo	Actual	Climat	Riesgo
Acumulaciones	Médanos	48,68	17,08	2,55	48,68	29,75	11,97	6,56	45,17
	Planicie Medanosa c/tosca	48,68	6,08	0,056	48,68	8,76	0,88	6,56	11,76
Planicie c/tosca	Planicie limo-aresas	48,68	6,08	0,18	48,68	8,76	0,88	6,56	11,76
	Realicó Arata	135,32	16,92	11,84	135,32	24,35	17,07	9,15	16,47
	Castex Winifr.	135,32	47,32	33,18	135,32	24,35	12,07	9,15	16,47
Mesetas y Valles	Médanos y Valles Trannsv.	225,4	78,82	11,9	225,4	15,57	4,62	9,9	13,6
	Mesetas relicto	225,4	28	4,2	225,4	67,22	3,36	9,9	57,8
	Pendient. Valles Transv.	225,4	28	0,28	225,4	67,22	3,36	9,9	57,8
	Meseta terminal	225,4	28	4,2	225,4	67,22	3,36	9,9	57,8
	Meseta plana	225,4	41,78	29,12	225,4	28	14	9,9	25
	Meseta inclinada	225,4	28	19,74	225,4	67,22	3,36	9,9	57,8
Valle Fiambala y Tinogasta	De playa	50	17,51	17,51	50	34,75	34,75	66,6	39,6
	Dunas	50	17,51	8,75	50	15	1,5	66,6	17,8
	Glacis	50	6,25	4,62	50	9,05	0,9	66,6	5,34
	Valle	50	6,25	3,12	50	9,05	0,9	66,6	7,17
	Conos	50	4,2	2,17	50	9,05	0,9	66,6	17

una estimación a partir de la textura de las familias de suelos.

Estadísticamente, para riesgo de erosión, SOTER y FAO se correlacionan linealmente en un 84%; SOTER y WEE en 100% y FAO con WEE en un 69%.

De lo dicho se desprende que cuando los métodos tienen por lo menos uno de los factores analizados en común (I,C) presentan una alta correlación. Cuando ello no ocurre, la correlación es nula; ésto es lo que sucede

cuando se compara FAO con WEE en escala de reconocimiento.

Erosión actual: para la escala de reconocimiento sólo se puede comparar la erosión actual en FAO y SOTER.

Si bien este último hace una mejor diferenciación en los tipos fisonómicos de vegetación natural, no toma en cuenta el porcentaje de cobertura; por lo tanto los valores de erosión actual de SOTER agrupan en un mismo rango

Tabla 4: Determinación cuantitativa de las pérdidas de suelo por erosión eólica

Escala	Unidad Cartográfica	FAO		SOTER		WEE	Obs.
		Riesgo	Actual	Riesgo E.	Er. Actual	Riesgo	directa
1: 500000	De los médanos	alta	moderada	grave	severa	grave	severa
	De las planicies	moderada	ligera	moderada	moderada	severa	moderada
1: 60000	7	muy alta	alta	grave	grave	grave	muy grave
	1-10	alta	3-8-9 alta 2-6 ninguna	severa	1-2-4-5-6 10 moderada 3-8-9 grave	severa	severa
1: 500000	Planicie c/tosca	alta	alta	severa	severa	severa	severa
1: 100000	X	muy alta	alta	grave	moderada	grave	grave
	YZ	alta	alta	severa	severa	severa	severa
1: 500000	De medanos y valles	muy alta	alta	grave	severa	grave	severa
	Mesetas	muy alta	moderada	grave	moderada	grave	severa
1:1000000	1-2	muy alta	muy alta	severa	severa	severa	severa
1: 500000	Playa	alta	alta	grave	grave	grave	grave
	Dunas	alta	alta	severa	moderada	severa	severa
	Glacis	alta	moderada	severa	moderada	severa	moderada
	Conos	moderada	moderada	severa	moderada	severa	moderada
1: 100000		alta	alta	severa	severa	grave	grave
		3-4 moderada 9-11-12 alta	3-4-6 moder/alta	moderada	moderada	mod/severa	2-8 severa 3-6-11 leve 9-12 moderada

situaciones muy distintas y por este motivo también son más bajos que los de FAO en zonas con menor porcentaje de vegetación, cometiéndose un error importante.

En la escala de semidetalle no se observa un comportamiento determinado en los valores de erosión actual comparando los métodos de FAO y SOTER; esto se debe a que ninguno de ellos es muy exacto cuando se los compara con los datos obtenidos a campo.

En relación a la ecuación de pérdida por erosión eólica:

-1. Al utilizarse la WEE debe en todas las escalas recurrirse a campo pues no se pueden usar antecedentes de otros trabajos, ya que en los levantamientos tradicionales de suelos no se determina el porcentaje de agregados mayores que 0,84 mm.

-2. Con la ecuación anteriormente citada, se sobreestima el factor climático ya que su cálculo incluye todos los días aún aquellos en los que no existe posibilidad de erosión.

-3. Este método subestima la erosión para los suelos cuya textura superficial es franco-limosa, tal como se observa en la unidad cartográfica I 1 del Valle de Fiambalá, porque son considerados no erosionables agregados o partículas mayores que 0,48 mm.

En relación a los métodos SOTER y FAO:

-4. El más preciso es SOTER ya que toma en cuenta cada clase textural y no grupos de textura y es el que más se aproxima a los valores de pérdida estimada mediante método visual.

-5. Los métodos SOTER y FAO sobreestiman valores

de pérdida al considerar solamente las clases texturales (SOTER), o en el caso de FAO los grupos de textura y no los porcentajes de agregados mayores a 0,84 mm.

-6. SOTER subestima la erosión actual porque sólo toma en cuenta tipo fisonómico y no cobertura vegetal. Este efecto resulta más evidente en zonas áridas y semiáridas donde el porcentaje de cobertura vegetal sea menor al 50%, dando valores que no reflejan la realidad.

CONCLUSIONES

Se concluye que a escala de reconocimiento el método más preciso es SOTER para determinar riesgo de erosión y FAO para erosión actual. En cambio, para trabajar en semidetalle, el más eficiente es la ecuación de pérdida de suelos por erosión eólica.

REFERENCIAS

- Chepil, W.S. y N.P. Woodruff. 1963. The Physics of wind erosion. *Adv. in Agron.* 15: 211-302.
- Chepil, W.S.; F. Siddoway y D. Armbust. 1962. Climatic factor for estimating wind erodability of farm fields. *J. Soilwater Conserv.* 17: 160-165.
- Etcheverhere, P.. 1973: Normas de reconocimiento de suelos. Segunda edición actualizada. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación - INTA- Departamento de suelos. Publicación 152.
- De Fina, A.; Garbosky ;y L. Isabella. 1959. Difusión geográfica de los cultivos índices de la provincia de Catamarca y sus causas. Buenos Aires, INTA-Instituto de Suelos y Agrotecnia. Publicación 63.
- Del Valle, H.F.; F. Coronato. 1988. Evaluación de los procesos degradativos de las cuencas hidrográficas de la provincia de Chubut. Aplicación Metodológica Provisional de F.A.O. "Metodología regional del proceso de desertificación". 2-66.
- FAO 1980. Sistema para la vigilancia del Medio Ambiente. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de las tierras. Roma, 86 pp.
- INTA 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. 350 p.
- Laya, H.; ;H. Kruger; L. Sánchez; J.C. Silenzi. 1984. Resultados de observaciones directas sobre acciones eólicas en la Patagonia. Metodología regional del proceso de desertificación. Universidad Nacional del Comahue-Provincia de Neuquén: 68-125.
- Lyles, L.J. Dickerson and L. Disrud. 1970. Modified rotary sieve for improved accuracy. *Soil Sci.* 109: 207-210.
- Lyles, L. 1975. Possible effects of wind erosion on soil productivity. *J. Soil Water Conserv.* 30: 279-283.
- Morello, J. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. Instituto Miguel Lillo: Opera Lilloana II, San Miguel de Tucumán.
- Navone, S.y O. Santanatoglia. 1989. Evaluación de los grados de erosión eólica en una zona árida mediante digitalización de imágenes satelitarias. Actas del IV Congreso de la Sociedad de especialistas latinoamericanos en percepción remota. Volumen III: 1359-1365.
- PNUD-INTA. 1987. Metodología provisional para determinar la degradación de las tierras. SOTER. pág. 15-42.
- Skidmore, E.L. 1988. Wind erosion. En: Lal, R. *Soil Erosion Research Methods.* pág. 203-233. Washington D.C.
- Woodruff, N.P. and F.H. Siddoway. 1965. A wind erosion equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 602-608.