

Área Agronomía y Recursos Naturales  
EEA INTA Sáenz Peña

## Informe técnico

# Erosión eólica potencial en suelos del oeste del Chaco

Departamento Almirante Brown



Ing. Agr. Julieta Rojas  
Lic. Yanina Goytía  
Contacto: [rojas.julieta@inta.gob.ar](mailto:rojas.julieta@inta.gob.ar)



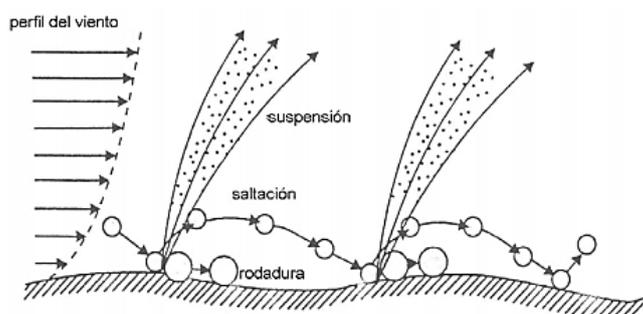
Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
**Argentina**

## Introducción

La **erosión eólica (EE)** es el fenómeno que produce la remoción del material superficial terrestre, la selección y el transporte por medio del viento. Es uno de los procesos de degradación de suelos más importantes y es una de las causas de la desertificación y el cambio climático. La pérdida de cobertura vegetal genera cada vez más tormentas de viento que arrastran el material sobre la superficie con serias consecuencias en el ambiente y la salud de las personas. Se estima que 549 millones de hectáreas de tierra cultivada en el mundo son afectadas por la EE (Lal, 2003).

Las pérdidas de suelo por EE tienen como resultado la disminución del horizonte A o capa arable, que es generalmente el que tiene la mayor concentración de nutrientes para el crecimiento vegetal. La **erodabilidad o susceptibilidad a la erosión** está determinada por la textura y el contenido de materia orgánica del suelo. Los suelos arenosos o de textura gruesa son más susceptibles a la EE por retener menos humedad, tener un mayor porcentaje de partículas más gruesas y agregados menos estables. Los suelos de textura media a fina son menos susceptibles, pero pueden emitir partículas respirables si los agregados se rompen por efecto de la degradación o el manejo. La EE provoca un efecto “in situ”, al degradar el suelo erosionado disminuyendo su calidad, y otro “ex situ”, que afecta al ambiente generando deposición y suspensión de partículas en la atmósfera. La degradación del suelo ocasionada por la EE se manifiesta en disminución del espesor del horizonte superficial, cambios en la textura, destrucción de la estructura por ruptura de agregados y pérdida de la fertilidad química por disminución de los contenidos de materia orgánica y nutrientes.

El proceso de EE se inicia cuando la velocidad del viento excede la **velocidad umbral** requerida para iniciar el movimiento de las partículas. Esta velocidad umbral puede variar según las características de la superficie del suelo: agregados erosionables, contenidos de humedad y rugosidad del terreno, o por la presencia de materiales que cubran la superficie del suelo, como cobertura (residuos yacentes o erectos), pedregosidad o canopeo. Las partículas, una vez puestas en movimiento por el viento, son transportadas por **rodadura, saltación y/o suspensión**, según el tamaño de partícula (Fig.1) y sedimentadas a menor o mayor distancia, dependiendo de su tamaño (Buschiazzo y Aimar, 2003).



**Figura 1.** Procesos que impulsa el viento según tamaño de partículas y dan origen a la erosión.

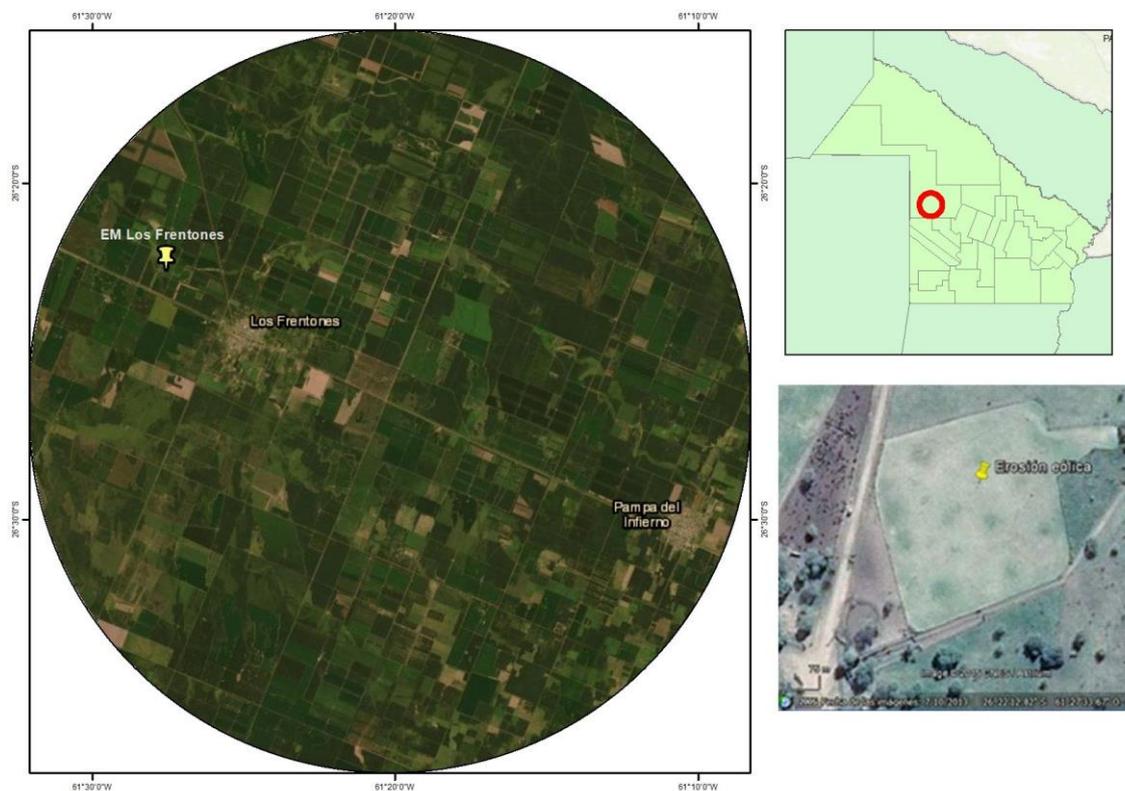
Las partículas entre 2 y 100  $\mu\text{m}$  pueden ser transportadas por suspensión a cientos o miles de kilómetros, pudiendo representar entre 3 y 38% del total del suelo erosionado que se puede visibilizar fácilmente en las tormentas de polvo. El material que inicia el proceso erosivo que se transporta por rodadura o saltación recorre distancias relativamente cortas, de cm a cientos de metros.

Respecto de la concentración de elementos en el material erosionado, esto está determinado por la textura del suelo del que proviene, **siendo los suelos de texturas finas los que producen material erosionable más enriquecido en materia orgánica y nutrientes** (Aimar, 2002).

El presente trabajo tiene como objetivo informar sobre los resultados obtenidos de la estimación cuantitativa del material erosionado por el viento y de la calidad física y química del mismo. Para ello se han tomado muestras de campo con colectores de partículas y se han obtenido datos meteorológicos, a partir del módulo de erosión eólica conducido por el INTA Sáenz Peña.

## Ubicación geográfica del sitio de medición y metodología

Las muestras se tomaron en una parcela de referencia ubicada a 13 km al NO de la localidad de Los Frentones, dentro del Departamento Almirante Brown ( $26^{\circ}22'13''$ , S;  $61^{\circ}27'34''$  W, Chaco, Argentina).



**Figura 2.** Ubicación del sitio de estudio e imagen satelital de la parcela de referencia.

El material del oeste de Chaco es derivado de los Andes bolivianos, correspondería a un loess típico con dominancia de cuarzo en su composición (Zarate, 2002). En la Región geomorfológica denominada Sáenz Peña, la llanura de loess está atravesada por paleocauces, también denominados caños, cuyos ambientes más importantes son las abras o pampas con isletas de bosques. Los suelos del centro y norte del área son de poco desarrollo y de texturas franco a franco arenoso y en los paleocauces prevalecen las texturas arenosas (Ledezma y Zurita, 1990). El suelo presente en la parcela es un Hapludol Típico, de textura arenosa con 6,4% de arcilla, 7,1% de limo y 86,5% de arena, con bajo contenido de materia orgánica (0,7%).

La medición de la erosión a campo se realizó en una parcela cuadrada (**parcela de referencia**) de 1 ha de superficie, mantenida sin cobertura ni rugosidad durante todo el período de muestreo, para que se produjera la erosión potencial máxima. **El material erosionado se recolectó en colectores BSNE (Big Spring Number Eight) ubicados en mástiles a 13,5, 50 y 150 cm de altura.** Estos colectores captan partículas movilizadas por suspensión y una parte de aquellas que lo hacen por saltación. Los mástiles se ubicaron en el punto medio de cada uno de los lados de la parcela, y en el centro de la misma se ubicó una estación meteorológica automática manual que registró datos cada 5 minutos (Figs. 3, 4 y 5).



**Figura 3.** Distribución de colectores y estación meteorológica en una parcela de referencia de 1 ha.

Se efectuaron labores con rastra de discos para controlar las malezas, con un último repaso con rastra de dientes en dirección N-S, para nivelar los surcos que deja el implemento antes mencionado, y para controlar el encostramiento de la superficie del suelo.

Con los datos de peso del material colectado por los colectores y los de la dirección del viento predominante durante la tormenta, se calculó la cantidad del material erosionado por unidad de

superficie en estudio. Para estimar la cantidad de material erosionado en cada tormenta (Q) se utilizó la fórmula desarrollada por Stout y Zobeck (1996).

**Se consideraron velocidades erosivas a aquellas mayores a 6,7 m/seg, equivalente a 24,12 km/h, de acuerdo a la velocidad umbral del viento para los suelos del centro de la Argentina** (de Oro y Buschiazzo, 2008). Las duraciones de las tormentas erosivas se calcularon en base a la sumatoria de minutos con vientos superiores a la velocidad umbral en cada evento y sitio.

Se muestrearon 138 tormentas y se seleccionaron 5 que difirieron en cuanto a velocidad del viento y duración del evento erosivo para el análisis físico y químico del material. Todos los análisis se desarrollaron sobre muestras compuestas por la mezcla de los materiales recolectados en los 4 colectores posicionados a la misma altura (Aimar, 2016).



**Figura 4.** Colectores BSNE en la parcela de referencia.



**Figura 5.** Estación meteorológica en el centro de la parcela.

## Factor Climático y Erosión Eólica

La erosión eólica afecta a los suelos con mayor o menor medida según sus características genéticas y el uso del suelo como por variaciones climáticas representadas por eventos extremos de viento, temperaturas y precipitaciones. El viento ejerce sobre el suelo la denominada **fuerza erosiva**. Esta fuerza debe ser analizada a lo largo del año, considerando su magnitud, dirección y sentido.

El Factor climático (factor C) representa la influencia de la velocidad del viento y la humedad relativa en la ecuación matemática de la erosión eólica, cálculo que está supeditado a la cantidad y calidad de la información meteorológica disponible.

Con datos de la Estación Meteorológica ubicada en Los Frentones, administrada por el INTA EEA Sáenz Peña y ubicada en cercanías de la parcela, se calculó el factor C para cada uno de los años de medición disponibles (2008-2016).

En la fórmula para calcular el factor C se utilizan datos de velocidad media del viento expresados en metros por segundo (m/seg) tomados a 2 metros de altura y promedios mensuales de precipitaciones (Tabla 1). Si bien el valor de velocidad máxima del viento no se involucra en la fórmula, éste es un dato proporcionado por la Estación Meteorológica ubicada en la parcela de referencia y que permitió observar en los años de análisis ráfagas de viento de más de 50 km/h (Tabla 1).

Los máximos valores de Factor C se registraron en años donde la precipitación fue de 908.8 mm (2009) y 904.5 (2014), valores cercanos al promedio anual de la serie de datos obtenida en Los Frentones (907 mm anuales). Si bien la velocidad media anual del viento no fue sumamente elevada, se presentaron velocidades máximas o ráfagas muy por encima de las velocidades consideradas erosivas, siendo el año de mayor factor C (2009) el que presentó las ráfagas más altas, con un promedio de velocidades máximas de 63 km/h y una máxima 96.6 km/h.

**Tabla 1.** Factor C para EM Los Frentones.

Año	Factor C	Precipitación media anual	Velocidad media anual del viento (km/h)	Velocidad máxima del viento (km/h) - Ráfagas
2008	0,63	798	6,58	83,7
2009	1,61	908,8	7,55	96,6
2010	0,38	798,06	4,6	69,2
2011	0,12	738,1	3,1	75,6
2012	0,60	900,3	7,5	75,6
2013	0,04	754,4	2,06	56,3
2014	0,63	904,5	5,7	61,2
2015	0,25	1119,2	4,7	59,9
2016	0,02	1245,4	3,3	56,3

La frecuencia y cantidad de la serie de datos varió en los años de medición, afectando el cálculo del Factor C.

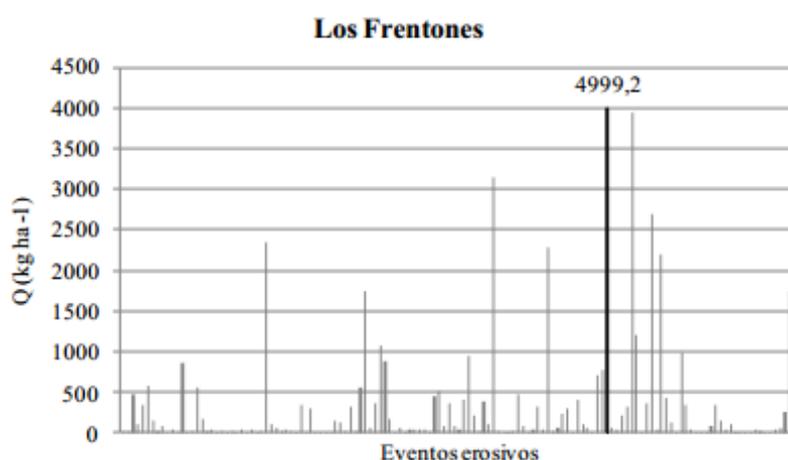
## Pérdida de suelo

Se cuantificó una pérdida total por erosión eólica de **46,89 toneladas (t) o megagramos (Mg) de suelo** en el período entre 31/08/2007 y 3/11/2010. La cantidad total de suelo erosionada cada año se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Pérdida de material en el período evaluado en kg/ha y t/ha.

	2007 (a partir del 31/08)	2008	2009	2010	Total
(kg/ha)	6.960,04	6.733,84	30.204,63	3.033,74	46.932,25
(t/ha)	6,96	6,7	30,23	3,03	46,89

La mayor pérdida de suelo ocurrió el 18 de agosto de 2009 con una erosión de **4.999,2 kg/ha (4,9 t/ha)** en una única tormenta, con dirección predominante de viento NE (Fig. 6). Hubo 138 eventos erosivos en los 4 años analizados, de los cuáles el 59 % correspondieron a pérdidas de menos de 100 kg/ha. En 11 eventos erosivos (8% del total) las magnitudes erosionadas superaron los 1000 kg (1 t/ha) de pérdida de suelo.



**Figura 6.** Pérdida de material (Q) en cada evento erosivo registrado en Los Frentones. Tomado de Aimar (2016).

Estas pérdidas superaron los **valores considerados como tolerables que de acuerdo al tipo de suelo se han establecido entre 8 y 12 t/ha** (Chepil, 1958). Es importante resaltar que en 2007 el valor fue cercano al límite tolerable medido sólo durante 4 meses, por lo cual podría haber sido mayor en todo el año. En 2008 en tanto, hubo meses sin registro meteorológico.

En los últimos años se propusieron modificaciones al concepto de **erosión tolerable** que tradicionalmente se relacionó con la función productiva de los suelos, proponiendo que las tasas actuales de pérdida deberían ser relacionadas con la tasa de formación de los suelos y aquellas en la que no se produzca el deterioro o pérdida de alguna de sus funciones. Para Europa, Verheijen *et al.*,

(2009), **proponen un límite tolerable de erosión de 0,3 a 1,4 t/ ha/año**, valor superado en Chaco en todos los años evaluados.

Aunque la velocidad media del viento en el O de Chaco es menor a la de zonas del país como la Patagonia, Aimar (2016) estableció que suelos loésicos y arenosos de Argentina situados en lugares con menor velocidad promedio de viento tuvieron mayores pérdidas de suelo por EE, indicando la influencia de las características intrínsecas del suelo.

Los valores de pérdida de cada tormenta por año, la dirección predominante del viento, la velocidad promedio del viento, la velocidad media en el período de excedencia y la máxima en el período de excedencia se presentan en las Tablas 3, 4, 5 y 6.

**Tabla 3.** Cantidades erosionadas y parámetros de las tormentas - Año 2007 (Aimar, 2016).

Fecha de la tormenta	Pérdida material (kg/ha)	Dirección del viento	Velocidad promedio (km/h)	V, media período de excedencia (km/h)	V, máxima período de excedencia (km/h)	Humedad (%)	Temperatura Media (°C)
31-ago-07	12,4	SE	10,7	10,7	16,6	46,5	13,1
03-sep-07	19,07	NE	19,9	19,9	23,7	46,9	19,4
04-sep-07	483,87	NW	29,5	29,5	35,8	34,6	30,2
05-sep-07	102,53	NW	22,7	22,7	27,8	31,3	31,4
08-sep-07	348,15	NE	22,5	22,5	28,7	54	26
10-sep-07	581,36	NE	24,9	24,9	32,3	31,7	32,3
14-sep-07	140,87	SW	21,5	21,5	21,5	55,6	26,6
21-sep-07	29,3	SE	19,7	19,7	24,4	54	23,3
25-sep-07	90,01	SE	23,6	23,6	27,8	60,6	15,1
26-sep-07	3,56	NE	s.d.	s.d.	21,6	46,6	14,9
27-sep-07	32,51	SE	s.d.	s.d.	23,3	56,1	11,9
28-sep-07	0,84	SW	s.d.	s.d.	22,6	48,3	17,3
02-oct-07	<b>854,71</b>	NE	24	24	27,6	46,1	27,2
03-oct-07	7,92	NE	NO	NO	21	56,9	27,4
04-oct-07	23,55	NE	20,7	20,7	24,4	57,5	29,2
05-oct-07	559,06	NE	26,9	26,9	36,1	47,3	31,5
06-oct-07	165,77	SE	21,4	21,4	31,8	66	24,9
19-oct-07	22,48	NE	20,3	20,3	24,2	61,9	20,4
25-oct-07	47,39	SE	23	23	26,6	70,2	25,1
26-oct-07	2,24	SE	21,5	21,5	26,6	53	30,2
27-oct-07	15,56	SE	21,6	21,6	30,1	58,2	27,4
28-oct-07	0,11	SE	20,1	20,1	23,8	69,2	25,8
30-oct-07	24,72	SE	22,8	22,8	26,4	57,2	29,4
31-oct-07	1,55	SE	19,3	19,3	21,4	68,1	28,3
06-nov-07	38,77	SE	21,8	21,8	26,4	61,8	21,8
08-nov-07	4,11	NW	20,9	20,9	29,2	48,5	26,8
14-nov-07	34,1	SE	20,8	20,8	26,3	63,6	21,2
15-nov-07	9,98	NE	12,9	22,6	28,3	45,7	18,2
16-nov-07	15,95	SE	10,1	19,8	26	49,6	20,4

17-nov-07	<b>2356,15</b>	NE	16,2	26,2	35,1	53,1	29,4
18-nov-07	116,35	SE	10,5	22	29,1	49,1	33,2
19-nov-07	64,7	NE	9,9	22,5	23,6	63,6	27,5
21-nov-07	16,68	SW	7,7	19,8	24,5	56,6	28,8
22-nov-07	46,53	NE	11	20	27,5	42,3	29
27-nov-07	26,24	SE	8,5	24,5	24,8	59,1	23
28-nov-07	5,34	SW	6,1	s.d.	21,4	43,2	27,3
01-dic-07	342,95	NE	8,5	21,4	25	42,1	31,8
03-dic-07	1,59	NE	9,1	21	24,1	74,5	31,9
13-dic-07	302,99	SW	8,7	20,9	23,9	80,2	s.d.
14-dic-07	3,77	SW	12,1	20,1	25,1	62,2	s.d.
20-dic-07	4,31	NW	6,4	21,2	23,1	87,5	s.d.

**Tabla 4.** Cantidades erosionadas y parámetros de las tormentas - Año 2008 (Aimar, 2016).

Fecha de la tormenta	Pérdida de material (kg/ha)	Dirección del viento	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad media en período de excedencia (km/h)	Velocidad máxima en período de excedencia (km/h)	Humedad (%)	Temperatura Media (°C)
11-feb-08	6,5	SE	9,5	20,4	30,1	64,4	27,1
18-feb-08	8,99	SW	5,7	20,02	24,1	65,7	29,7
05-mar-08	141,18	SE	3,5	24,6	26,4	68,5	31,1
12-sep-08	138,12	NE	7,2	21	25,2	37,3	16,2
17-sep-08	19,41	SE	5,5	19,3	22,5	33,9	14,8
22-sep-08	331,88	SW	4,6	19,3	22,6	46,2	14,5
24-sep-08	23,14	NE	7,2	NO	23,1	41,8	20,7
02-oct-08	562,69	NE	9,2	21,5	25,7	43,4	25
07-oct-08	<b>1740,26</b>	SE	8,7	22,6	27	43,4	21,2
08-oct-08	69,69	NE	12,4	20,4	24,6	33,1	23,7
10-oct-08	375,07	NE	8,7	22,8	25,6	39,7	23,3
21-oct-08	<b>1085,43</b>	NE	14,5	24,5	34	43,4	30
10-nov-08	874,77	NE	8,1	24,6	24,8	67,3	26,1
12-nov-08	168,89	SE	6,8	19,7	24,4	65,5	23,4
13-nov-08	4,2	SW	4,4	19,8	22,9	58,1	23,8
17-nov-08	55,49	SE	8,5	21,9	25,4	59,1	20,8
19-nov-08	6,46	NE	6	19,3	23,3	46,7	21,4
26-nov-08	40,1	NE	8,5	20,6	26,1	46,6	26,8
01-dic-08	40,98	SW	12	19,8	23,6	60,1	246
02-dic-08	32,44	SW	12,3	20,05	28,5	56,6	23,1
04-dic-08	46,55	SW	6,3	19,8	24	42,8	22
05-dic-08	4	SW	5,7	n.d.	21,7	42,5	23,9
12-dic-08	445,61	SE	7,5	15,1	26,3	53,6	28,6
26-dic-08	511,99	SW	6,4	21,3	23,9	48,3	28,9

**Tabla 5.** Cantidades erosionadas y parámetros de las tormentas - Año 2009 (Aimar, 2016).

Fecha de la tormenta	Pérdida material (kg/ha)	Dirección del viento	Velocidad promedio (km/h)	V, media período de excedencia (km/h)	V, máxima período de excedencia (km/h)	Humedad (%)	Temperatura Media (°C)
05-ene-09	76,78	SE	7,7	20,1	23,8	50,6	25,3
20-feb-09	368,75	NE	5,5	21,2	24,2	68	26,7
24-feb-09	89,7	SW	6,8	19,7	22,6	68,1	25,2
27-feb-09	35,45	SW	3	n.d.	21,5	62,6	23,1
02-mar-09	405,45	NE	7,6	21,4	28,8	52,2	29,5
03-mar-09	<b>954,12</b>	NE	12,7	22	31,7	51,9	32,5
06-mar-09	213,52	SW	7,9	20,3	24,6	62	27,2
11-mar-09	25	SW	2	s.d.	23,1	72	22,3
16-mar-09	395,53	NW	5	22,3	25,1	54,2	26,7
19-mar-09	109,33	SE	4,9	20,1	25,2	62,7	24,6
28-mar-09	<b>3144,75</b>	SW	3,3	22,6	25,2	67,3	24
23-abr-09	15,38	NE	4,9	n.d.	20,7	68,4	23,3
28-abr-09	9,36	NE	3,1	n.d.	21,5	64,9	21
04-may-09	10,18	NE	3,7	n.d.	20,7	50,9	21,5
19-may-09	12,76	NW	6,1	22	24,9	68,6	18,7
20-may-09	475,4	NE	9,7	24,4	36,9	70	24
21-may-09	76,09	NW	12,3	20,9	27,3	52,8	26,5
26-may-09	1,1	NE	5,5	19,8	23,8	72,2	22
04-jun-09	51,14	NW	8,4	19,8	27,6	56,3	11,6
16-jun-09	333,45	NW	8,1	21,2	26,6	61	15,7
18-jun-09	35,12	NE	8,6	19,9	28,2	66,9	15
29-jun-09	<b>2278,46</b>	NE	7,8	25,6	27,3	61,6	14,4
30-jun-09	20,36	N E	5,2	n.d.	25,4	54,5	11,2
07-jul-09	55,37	NE	6	19,6	23,4	58,3	19,5
08-jul-09	242,53	SW	12,6	20,2	24,8	64,4	20,8
13-jul-09	309,48	NW	8,5	20,7	27	54,9	11,9
17-jul-09	10,46	SW	4,2	n.d.	20,9	45,3	10,5
22-jul-09	407,42	SW	6,2	20,1	24,6	64,7	15,9
23-jul-09	115,12	SW	14,6	20	25,8	37,4	9,5
28-jul-09	54,36	NW	3,7	20,3	23,6	43,9	6,1
30-jul-09	2,77	SW	3,7	n.d.	21,7	42,1	9,3
5-ago-09	704,29	NE	6,4	22,9	26,5	47,6	14,2
12-ago-09	785,38	NE	9,7	22,2	27,5	49,4	15,6
18-ago-09	<b>4999,18</b>	NE	12,2	23,7	29,5	39,3	21
20-ago-09	66,62	SW	9,6	20,2	25,9	61,5	14,2
24-ago-09	47,31	NE	5,8	19,7	23,6	50,4	16
26-ago-09	215,04	NE	9	21,1	26,7	57	22,9
28-ago-09	323,66	NE	10,7	20,8	28,5	42,1	26,8
31-ago-09	<b>3935,5</b>	NE	17,8	26,3	34,3	31,7	30,4
7-sep-09	<b>1215,4</b>	SW	9,1	24,2	26,1	65,5	20,6
9-sep-09	4,8	SE	16,1	23,5	29,9	41,6	15,5

15-sep-09	366,86	NE	6,7	21,6	25,2	42,9	17
28-sep-09	<b>2684,04</b>	SW	11,1	23,7	27,5	56	18,4
30-sep-09	36,66	SW	8,8	19,8	23,4	35,8	12,5
04-oct-09	<b>2202,61</b>	NW	4,4	19,3	23,3	38,7	14
05-oct-09	321,41	NW	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
06-oct-09	426,81	SW	24,1	24,1	39,2	56,7	24,1
08-oct-09	127,53	SE	11,9	21,2	25,7	52,8	21,1
09-oct-09	10,59	NW	7,9	n.d.	23,1	40,1	23,6
10-oct-09	<b>996,44</b>	NW	19,2	30,7	35,5	44,5	29
14-oct-09	351,95	NW	13,5	23,7	32,7	35,8	24,8
16-oct-09	39,27	SE	15,7	21,7	28,4	42,4	21,9
16-dic-09	8,57	NE	7,7	n.d.	20,9	50,5	29

**Tabla 6.** Cantidades erosionadas y parámetros de las tormentas - Año 2010 (Aimar, 2016).

Fecha de la tormenta	Pérdida material (kg/ha)	Dirección del viento	Velocidad promedio (km/h)	Velocidad media en período de excedencia (km/h)	Velocidad media en período de excedencia (km/h)	Humedad (%)	Temperatura Media (°C)
28-ene-10	6,88	NW	3,4	n.d.	21,5	58,2	28,7
29-ene-10	4,39	NE	3,9	n.d.	20,9	26,9	27,9
04-feb-10	88,21	NE	7,1	22,6	31,6	51,3	33
05-feb-10	335,35	NE	6,4	20,8	26,5	78	26,2
06-feb-10	160,13	NE	11,2	23,9	31,8	51,9	33
09-sep-10	38,18	NE	7,8	20,4	27,7	49,1	23,5
10-sep-10	97,69	NE	12	20,9	27,8	43,8	26,6
16-sep-10	1,34	SW	6,6	20,6	27	62	18,6
17-sep-10	0,91	SE	8,5	n.d.	24,3	48,9	21,8
18-sep-10	0,67	NW	7,8	19,7	27,3	53,9	18,4
20-sep-10	1,1	SW	6,3	n.d.	22,1	49,3	23
04-oct-10	41,45	SE	7,5	20,2	24,6	60,6	21
06-oct-10	22,49	NE	8,9	20	27,3	51	23,7
11-oct-10	4,11	NW	5,5	n.d.	22,8	53,5	21,3
19-oct-10	0,65	NW	8,8	22	25,4	60,2	20,9
20-oct-10	48,7	NW	8,9	19,3	25,8	42,2	24,3
28-oct-10	69,7	NE	7,6	20,8	26,2	59,4	22,9
29-oct-10	266,52	NE	11,9	20,6	28,3	39,8	30
01-nov-10	<b>1752,8</b>	SW	8,8	25,7	31,3	42,6	22,2
03-nov-10	92,44	NE	7,8	21,2	27	38,4	25

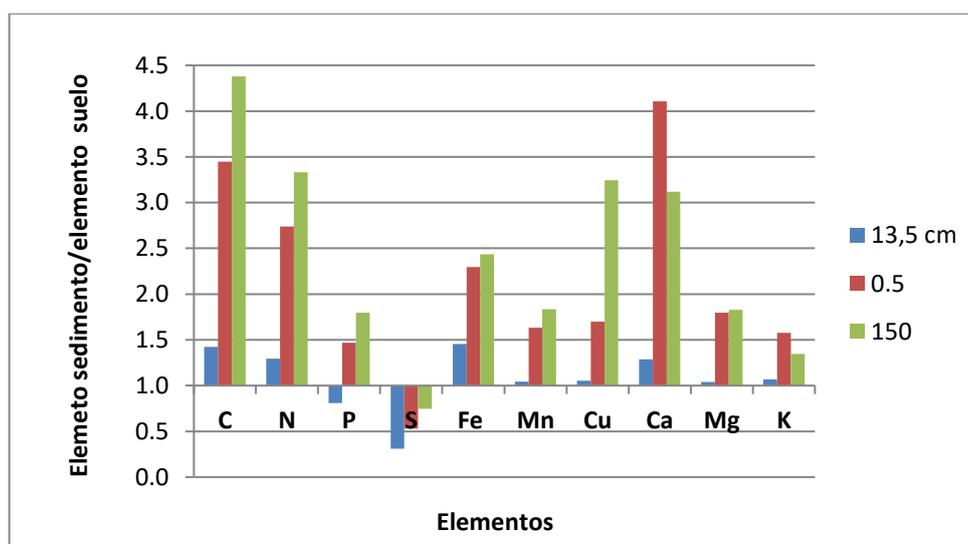
## Elementos presentes en el material erosionado

La **tasa de enriquecimiento** (TE) es un parámetro utilizado para comparar la calidad entre el sedimento erosionado y el material parental, que surge de la relación de un determinado nutriente o fracción textural del polvo respecto al del suelo de los 2.5 cm superficiales del horizonte erosionado.

Los resultados obtenidos por Aimar (2016) establecen que:

- El material transportado estuvo enriquecido en partículas finas (principalmente limos y arenas finas, de 2 a 100  $\mu\text{m}$  de diámetro).
- Las tasas de enriquecimiento aumentaron con la altura (mayor tasa de enriquecimiento en la altura de 1,50 m).
- Los volúmenes transportados de partículas finas aumentaron con la velocidad máxima de viento y en suelos menos evolucionados.

Respecto al carbono orgánico (CO), la EE impacta el pool de carbono del suelo activo o lábil; en eventos erosivos prolongados o con vientos muy erosivos, se perderían lentamente el pool compuesto por complejos arcillo húmicos (Doetterl *et al.*, 2012). Esto afecta directamente al suelo, a la fertilidad y es parte de los procesos de degradación de tierras y que más se relacionan actualmente con el cambio climático. La EE contribuye a la redistribución de C en el paisaje, y se ha informado que, en zonas erosionadas, la cantidad de CO es significativamente menor que en áreas de deposición (Ritchie *et al.*, 2007). Esto se puede explicar porque las fracciones orgánicas forman agregados de baja densidad que son más susceptibles a ser transportados por erosión. Si bien el suelo original de Los Frentones tiene bajo contenido de materia orgánica (0.7%), el material que es transportado a 150 cm de altura presentó concentraciones de C de más de 4 veces superior al suelo del cuál proviene (Figura 7). La misma tendencia se observó también para los restantes elementos nutrientes considerados, ya que, a excepción del azufre (S), el material erosionado se encontró enriquecido en nitrógeno (N), fósforo (P), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), para todas las alturas evaluadas (Figura 7).



**Figura 7.** Tasa de enriquecimiento de carbono y nitrógeno del material erosionado en relación al suelo original en Los Frentones.

En general el material que se transporta a mayor altura está más enriquecido, pudiendo llegar a concentraciones de más del triple respecto al suelo original, para el N, Cu y Ca, del doble para el Fe y para los restantes elementos, el material erosionado está enriquecido en un 50 % (Figura 7), señalando que efectivamente se erosiona la fracción más rica del suelo.

C, N, Ca y Cu serían los elementos con mayores tasas de enriquecimiento en el material que se erosiona, lo que indicaría un mayor riesgo de erosión de estos elementos fuera del área de aporte.

En la Tabla 7 se presenta la concentración de elementos en el material que se erosiona expresada en kg del elemento con respecto a 1 tonelada de material. Se analizó el material recolectado a las tres alturas consideradas de 5 tormentas que variaron en cuanto a las características climáticas del evento erosivo y en consecuencia a la pérdida de material y que son las siguientes:

- **4/9/2007:** 483,87 kg/ha
- **1/12/2007:** 342,95 kg/ha
- **22/9/2008:** 331,88 kg/ha
- **7/10/2008:** 1.740,26 kg/ha
- **26/12/2008:** 511,99 kg/ha

**Tabla 7.** Elementos totales (kg de elemento/t de suelo), en las muestras erosionadas a 13,5, 50 y 150 cm en Los Frentones.

Fecha de la tormenta	Altura colector BSNE	C	N	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	Ca	Mg	K	As
		kg elemento/t de suelo											
<b>4/9/2007</b>	13,5	11,41	1,06	0,36	1,89	12,57	0,19	0,02	0,52	0,17	1,18	4,63	< 0,1
	50	33,05	2,64	0,82	3,11	22,07	0,31	0,06	3,54	1,50	5,30	9,57	< 0,1
	150	30,15	2,47	1,10	3,00	19,05	0,30	0,15	6,36	0,87	4,84	8,06	< 0,1
<b>1/12/2007</b>	13,5	6,94	0,68	0,37	1,74	13,02	0,17	0,02	1,01	0,16	3,41	4,97	< 0,1
	50	8,29	0,81	0,31	1,90	15,17	0,19	0,03	4,65	0,14	3,22	5,24	< 0,1
	150	21,03	2,16	0,36	2,62	18,21	0,26	0,05	6,86	0,04	2,54	8,29	< 0,1
<b>22/9/2008</b>	13,5	3,79	0,43	0,18	2,48	7,34	0,15	0,03	0,45	0,18	2,15	3,78	< 0,1
	50	9,62	0,94	0,52	4,39	13,49	0,27	0,02	8,07	0,28	3,68	10,96	< 0,1
	150	14,78	1,13	0,53	6,78	15,50	0,33	0,02	14,04	0,41	4,18	9,15	< 0,1
<b>7/10/2008</b>	13,5	3,52	0,71	0,29	1,24	8,52	0,17	0,01	1,98	0,12	2,10	9,81	< 0,1
	50	9,73	1,21	0,48	2,64	14,16	0,30	0,01	18,94	0,22	3,53	16,42	< 0,1
	150	12,73	1,17	0,61	4,75	15,96	0,31	0,02	36,73	0,26	4,01	8,54	< 0,1
<b>26/12/2008</b>	13,5	4,33	0,35	0,22	1,41	7,64	0,16	0,01	6,84	0,12	2,18	10,20	< 0,1
	50	12,06	1,24	0,43	3,95	12,68	0,26	0,02	41,71	0,22	3,31	7,18	< 0,1
	150	13,68	1,41	0,55	5,09	13,59	0,29	0,02	56,03	0,22	3,78	8,16	< 0,1

Abreviatura de elementos: carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y arsénico (As).

A partir de estos valores se puede concluir que sólo prácticas intensivas de manejo de suelos orientadas a generar cobertura pueden frenar la erosión y generar un proceso de mejora basado en el aporte de materia orgánica y su conservación. Mediciones realizadas cerca de la parcela de referencia en un cultivo de soja en pie, confirmaron que en un lote con 90% de cobertura de rastrojo (80% rastrojo yacente y 10% erecto), **la erosión potencial de la parcela con el suelo descubierto fue 95,4 % mayor que la del suelo con rastrojo** (Aimar, 2010).

Esto tiene grandes consecuencias ambientales y económicas en el corto y mediano plazo ya que cada kg de nutriente erosionado representa pérdida de fertilidad, de productividad vegetal y de funciones ecosistémicas de suelo como filtro, sumidero de carbono y reserva de biodiversidad.

## Agradecimientos

A la Dra. Silvia B. Aimar por el procesamiento de muestras y datos y la facilitación de toda la información recogida a partir de su trabajo de tesis. A Noelia Zuk por la recolección de muestras luego de cada tormenta y a José Gómez (EEA INTA Sáenz Peña) por la colaboración en la recolección de datos meteorológicos.

## Referencias

Aimar SB. 2016. Calidad del material erosionado por el viento en suelos de Argentina. Tesis de Doctorado. UNC. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4170>

Aimar, SB. 2010. Erosión eólica de un suelo de Chaco bajo barbecho de soja. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Lugar: Rosario.

Aimar S. B. 2002. Estimaciones cualitativas y cuantitativas de pérdidas por erosión eólica en suelos de la Región Semiárida Pampeana central. Tesis de Magíster en Agronomía. Universidad Nacional del Sur. 143 pp.

Aimar S. B., Rojas J., Guevara G. and Buschiazzo D. E. 2010. Nutrient losses by wind erosion in an Entic Haplustoll on Chaco, Argentina. VII International Conference on Aeolian Research 106

Buschiazzo D. E. y Aimar S. B. 2003. Erosión eólica: Procesos y Predicción. En: Viento, Suelo y Planta. Golberg y Kin, Eds. INTA. 21-34

Chepil W. S. 1958. Sedimentary characteristics of dust storms: I. Sorting of wind-eroded soil material. Am. Journal of Sci. 255: 12-22.

Doetterl S., Six J., Van Wesemael B. and Van Oost K. 2012. Carbon cycling in eroding landscapes: geomorphic controls on soil organic C pool composition and C stabilization. Global Change Biology. 18: 2218-2232.

Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. Environment International 29 (4): 437-450.

Lyles, L. Erosive wind energy distributions and climatic factors for the West. (1983). Journal of Soil and Water Conservation. 38-2:106-109.

Ledesma L.L. y Zurita J.J. 1990. En: Atlas de Suelos de la República Argentina, Provincia de Chaco, Editores: Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca; INTA. Pp. 250-331.

Panebianco, J.E.; Del Valle, H.F.; Godagnone, R.E. & Buschiazzo, D.E. (2008). Erosión Eólica Potencial de suelos de Argentina. Efecto de registros climáticos de distintos períodos. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Ritchie J. C., McCarty G. W., Venteris E. R. and Kaspar T. C. 2007. Soil and soil organic carbon redistribution on the landscape. *Geomorphology* 89: 163-171.

Verheijen F. G. A., Jones R. J. A., Rickson R. J. and Smith C. J. 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews* 94: 23-38.