

Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos

Alberto Quiroga; Romina Fernández y Cristian Álvarez



Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos

Alberto Quiroga¹
Romina Fernández¹
Cristian Álvarez²

1 EEA INTA Anguil

2 AER General Pico



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación



Ministerio de Desarrollo Social
Presidencia de la Nación

Estación Experimental Agropecuaria Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas"
Centro Regional La Pampa-San Luis
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Programa Nacional Agua

Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos / Alberto Raúl Quiroga ... [et al.] ; compilado por Alberto Raúl Quiroga ; Romina Fernández ; Cristián Álvarez ; prólogo de Alfredo Bono. - 1a ed. - Anguil, La Pampa : Ediciones INTA, 2018.
123 p. ; 28 x 20 cm.

ISBN 978-987-521-937-3

1. Suelos. 2. Análisis del Suelo. 3. Agua. I. Quiroga, Alberto Raúl II. Quiroga, Alberto Raúl, comp. III. Fernández, Romina, comp. IV. Álvarez, Cristián, comp. V. Bono, Alfredo, prolog.

CDD 631.4

Diseño Gráfico

Dis. Gráf. Francisco Etchart

Impresión

Gustavo J. Moyano

Impreso en los talleres gráficos de la EEA INTA Anguil

“Ing. Agr. Guillermo Covas”

Tirada de 500 ejemplares

Julio de 2018



EDICIONES INTA

Centro Regional La Pampa-San Luis

EEA INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”

RN N°5 Km 580, CP 6326, Anguil, La Pampa, Argentina

PRÓLOGO

La provisión adecuada y suficiente de alimentos, energía y agua, serán los mayores desafíos de la humanidad en las próximas décadas. La demanda de alimentos se incrementará en el futuro, por lo que será necesario intensificar aún más la producción agrícola. Uno de los factores que tienen mayor influencia sobre la productividad de los cultivos es el agua, que en gran parte proviene de las lluvias, las que suelen ser insuficientes para los cultivos. Este libro procura interpretar y comprender cada aspecto del flujo del agua desde la caída como lluvia pasando a través del suelo hasta llegar a las plantas. Asimismo, incluye muchas interacciones del agua con las plantas, las raíces y el suelo, especialmente como afectan el rendimiento de los cultivos. En la actualidad muchos factores determinan los rendimientos de los principales cultivos agrícolas en la Argentina, los cuales se originan en cuestiones físicas. Las pérdidas de profundidad efectiva, materia orgánica, agua útil, son algunos de los problemas que vuelven críticos el desarrollo de los cultivos, a esto se suman las compactaciones subsuperficiales, la erosión y el encostramiento superficial. Todos los capítulos de este manual tratan sobre los problemas que de una u otra forma generan limitaciones en las propiedades físico-hídrica de los suelos, es decir, la

capacidad de los mismos para soportar el crecimiento de los cultivos. Son pocos los textos publicados en castellano que recopilan no sólo la información, sino también los conceptos básicos de la dinámica del agua sobre los sistemas de producción a partir del análisis y evaluación de indicadores físicos-hídricos de los suelos. Por lo tanto, esta publicación permite que el lector tenga una visión general y completa sobre esta temática. Los autores de los capítulos tienen larga trayectoria en cada uno de las especialidades que aquí se tratan. La gran mayoría de los resultados presentados han sido publicados previamente en revistas científicas nacionales e internacionales, y los autores son referentes en los temas desarrollados en cada capítulo. Esto, indudablemente garantiza la calidad de esta publicación. En síntesis, este manual resulta un importante aporte bibliográfico destinado, a estudiantes avanzados, de grado y posgrados, a docentes universitarios de agronomía y carreras afines, y a productores y profesionales de la actividad pública y privada.

Alfredo Bono

DEDICATORIA

A los técnicos de laboratorio y ayudantes de campo que con su trabajo, frecuentemente silencioso y anónimo, resultan claves en la generación de conocimiento. A todos ellos nuestro reconocimiento.

LISTA DE AUTORES

Silvia Aimar. Facultad de Agronomía. UNLPam

Cristian Álvarez. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Agencia de Extensión Rural General Pico

José Andriani. Jubilado INTA. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros

Daniel Buschiazzo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Patricia Carfagno. INTA. Instituto de Suelos. Centro de Investigación de Recursos Naturales

Juan Cruz Colazo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria San Luis

Juan Jose De Battista. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay

Maximiliano Joaquín Eiza. INTA. Instituto de Suelos. Centro de Investigación de Recursos Naturales

Romina Fernández. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Ileana Frasier. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Franco Frolla. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave

Carolina Gaggioli. Facultad de Agronomía. UNLPam

Juan Alberto Galantini. CERZOS UNS-CONICET

Florencia Gómez. Estudiante de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UNLPam

Perla Imbellone. Instituto de Geomorfología y Suelos - Centro de Investigaciones en Suelos y Agua de Uso Agropecuario. UNLP

Silvia Imhoff. CONICET-Universidad Nacional del Litoral

Hugo Krüger. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave

Mariano Méndez. Facultad de Agronomía. UNLPam

Elke Noellemeyer. Facultad de Agronomía. UNLPam

Agustín Oderiz. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Jorge de Orellana. Profesor emérito Universidad Nacional del Litoral

Miguel Pilatti. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral

Alberto Quiroga. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Eduardo de Sá Pereira. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Agencia de Extensión Rural Coronel Suarez

María Carolina Sasal. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Parana

Eric Scherger. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Mauricio Uhaldegaray. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil

Marcelo Wilson. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Parana

Josefina Zilio. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave

INDICE

1. Guía de descripción e interpretación de suelos hidromórficos Perla Imbellone	09
2. Perfil cultural: Un método para evaluar el estado de la estructura del suelo Juan J. De Battista, María Carolina Sasal y Marcelo Wilson	21
3. Medición de la infiltración en el suelo. Infiltrómetro de anillo simple y simulador de lluvias Maximiliano Eiza y Patricia Carfagno	25
4. Medición de la erosión eólica Juan Cruz Colazo, Mariano Méndez y Daniel Buschiazzo	37
5. Un indicador de compactación relacionado con el agua del suelo Hugo Krüger, Franco Frolla y Josefina Zilio	45
6. Constantes hídricas y retención de agua en el suelo José Andriani	51
7. Intervalo hídrico óptimo: Indicador de calidad física de los suelos Silvia Imhoff, Romina Fernández, Alberto Quiroga, Elke Noellemeyer, Miguel Pilatti y Jorge de Orellana	63
8. Estabilidad de agregados del suelo Josefina Zilio, Silvia Aimar, Hugo Krüger y Franco Frolla	73
9. Propuesta de indicadores a fin de evaluar cambios en la porosidad y compactación de los suelos Romina Fernández, Alberto Quiroga, Ileana Frasier, Agustín Oderiz, Mauricio Uhaldegaray, Cristian Álvarez, Eric Scherger y Elke Noellemeyer	83
10. Contribución a la evaluación de un recurso clave en la sustentabilidad de los suelos. Abundancia y distribución de raíces Ileana Frasier, Romina Fernández, María Gómez, Carolina Gaggioli, Cristian Alvarez, Agustín Oderiz, Mauricio Uhaldegaray, Eric Scherger, Elke Noellemeyer y Alberto Quiroga	95
11. Consumo de agua de los cultivos. Coeficiente de cultivo y evapotranspiración de referencia como indicadores en el cálculo del consumo de agua José Andriani	103
12. Costo hídrico de la captura de carbono por los cultivos de cobertura; aspectos cualitativos y cuantitativos Eduardo de Sá Pereira y Juan Alberto Galantini	113

4

Medición de la erosión eólica

1. IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE LA EROSIÓN EÓLICA

Las razones para medir erosión eólica son: 1) determinar el impacto de la erosión eólica sobre la degradación física y química de los suelos, 2) determinar el impacto de la erosión eólica sobre el ambiente (atmósfera y océanos) y la salud a través de la emisión de partículas finas, 3) desarrollar y evaluar tecnologías de control, 4) desarrollar, calibrar y validar modelos de predicción, y 5) identificar las áreas críticas para la conservación a través de políticas y programas (Stroosnijder, 2005). La medición puede realizarse cuantificando directamente las tasas de erosión en condiciones controladas o naturales utilizando instrumental específico; e indirectamente, a través de la medición de sus efectos, en general comparando cambios en la morfología de los suelos, la vegetación, en terreno o con el uso de sensores remotos.

2. MEDICIÓN DIRECTAS DE LA EROSIÓN EÓLICA

i) Medición a campo

El cálculo de las tasas de erosión eólica requiere: a) delimitar la superficie que es fuente de sedimentos, b) contemplar las variaciones que produce el viento, y c) estimar la totalidad de sedimentos erosionados desde la superficie hasta una altura establecida. Para cumplir con los dos primeros aspectos, el diseño de la parcela de medición y las características de los dispositivos de recolección son importantes, mientras que para el último punto, es necesario el uso de modelos matemáticos que relacionen la distribución vertical de sedimentos recolectados en alturas discretas.

Los aspectos más importantes de la parcela de medición son la forma y el tamaño (Zobeck et al.,

2003). En la práctica, los diseños rectangulares o cuadrados son los más utilizados ya que son compatibles con las prácticas de manejo realizadas por los productores. El tamaño está relacionado con la distancia de recolección del sedimento. La misma debería maximizarse ya que la distancia afecta el transporte eólico, regulando el fenómeno de saltación y limitando la capacidad de transporte del viento. Los bordes de las parcelas de medición son importantes para poder establecer la superficie de control en la cual los flujos ingresan y egresan. Una opción es establecer un borde donde no se produzca erosión, lo cual puede lograrse mediante la siembra de cultivos anuales o perennes, la aplicación de residuos, uso de estabilizantes o prácticas de labranzas. Sin embargo muchas veces en la práctica es difícil obtener esta superficie no erosionable. En estos casos colectores deben ser instalados para medir los sedimentos que ingresan a la superficie de control. Los diseños propuestos para la medición son parcelas cuadradas de 1 ha. Otro aspecto importante es la ubicación de los mástiles en la parcela. Es importante considerar que en cada mástil se colocan al menos 3 colectores a distintas alturas para poder obtener un perfil de distribución de material transportado por el viento con la altura. La ubicación de mástiles en el centro de los bordes permite la simplificación del cálculo en función de las distintas direcciones de viento (Fig. 1). En aquellos ambientes en donde se conozca la dirección predominante de los vientos erosivos y la misma sea relativamente constante, puede utilizarse un esquema mínimo de 2 mástiles, uno de ingreso y otro de salida.

Los colectores instalados en el mástil deben tener la capacidad de orientarse en la dirección

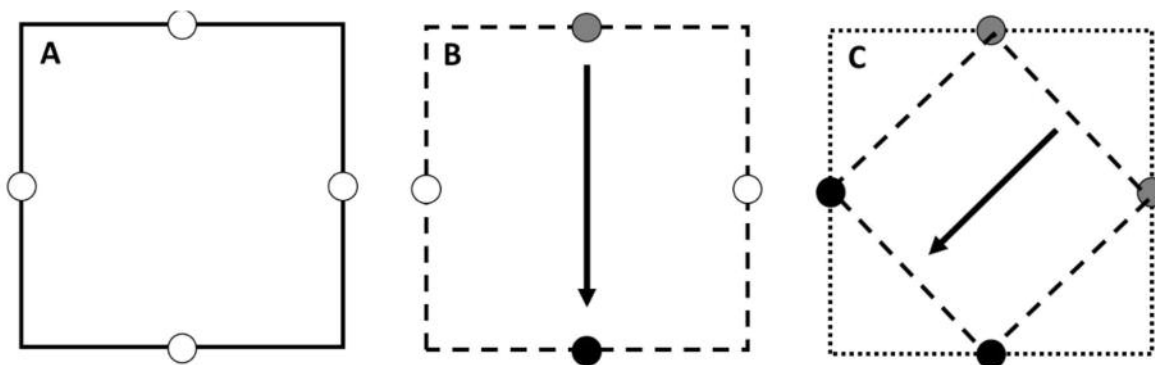


Figura 1. A. Diseño cuadrado de una parcela de medición, con baterías de colectores en el centro de sus lados. B-C. Esquemas cuando los vientos erosivos son (Flecha) provenientes del cuadrante superior. El círculo gris representa los colectores considerados como entrada y los negro aquellos de salida. La superficie con línea rayada es la considerada como superficie de medición.

del viento predominante. Esto se logra con una veleta adosada al mástil, el cual posee un sistema de pivot que le permite girar. El tipo de colector va a depender del objetivo. El colector debe ser isocinético, eficiente y no selectivo. Esto significa que el diseño del colector no debe generar una diferencia de velocidad en su orificio de entrada con respecto al flujo externo, y que debe capturar gran parte del sedimento que se mueve con el viento, sin mayores diferencias por la velocidad del viento y tamaño de partículas.

Si bien existe una gran cantidad de colectores, los dos más utilizados en estudios de campo son los BSNE (Big Spring Number Eight) y los MWAC (Modified Wilson And Cook) (Fig. 2). Los BSNE son colectores de forma trapezoidal, contruidos de acero galvanizado y con una gran capacidad de recolección dado que tiene un orificio de entrada de 10 cm². Mayor detalle sobre estos colectores puede encontrarse en Aimar et al. (1998). Los MWAC son de plásticos y cuentan con un orificio de entrada y salida de 1 cm². La principal ventaja radica en su bajo costo y la facilidad de construcción. Mientras que su principal desventaja es que poseen baja capacidad de recolección de sedimento producto de la pequeña superficie de entrada del colector haciendo necesario largos periodos de muestreo para coleccionar cantidades suficiente de material. Estudios comparativos de la capacidad de colección de BSNE y MWAC para material transportado por saltación y suspensión (PM10) han sido llevadas a cabo por Mendez et al. (2011) y Mendez et al. (2016).

Es importante obtener diferentes alturas de muestreo para determinar la relación matemática del flujo de sedimentos con la altura y así determinar el transporte horizontal de masa, es decir la cantidad de material transportada por el viento (Aimar et al., 1998; Stout & Zobeck, 1996). En estudios de campo, en donde predominan los procesos de saltación, es importante la recolección de material dentro del primer metro de altura, ya que más del 90% del material se mueve en dicho



Figura 2. Mástiles con arreglo de colectores BSNE (izquierda) y MWAC (derecha).

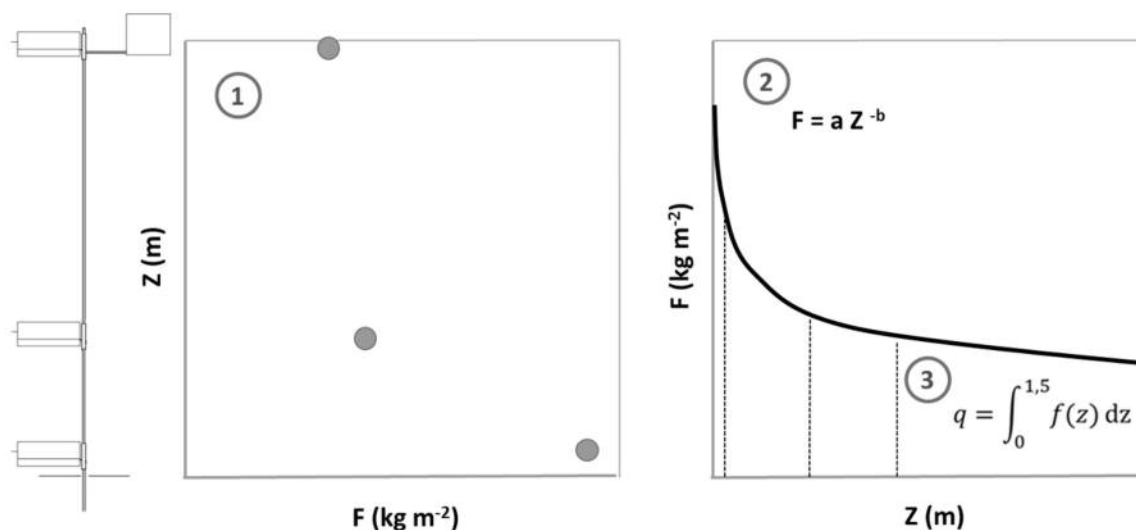


Figura 3. Proceso de cálculo de las tasas de erosión eólica. 1. Cálculo del flujo (F) en cada uno de los colectores de medición una altura Z . 2. Ajuste a un modelo mediante regresión. 3. Cálculo del flujo de masa horizontal mediante la integración de modelo.

intervalo. También, se debería colocar, por lo menos un colector a una altura mayor, para muestrear partículas que se mueven en suspensión.

El arreglo y número de colectores depende de la precisión deseada, a mayor número de colectores por mástil, la precisión aumenta, sin embargo el costo económico también lo hace. Es por ello, que se han llevado adelante investigaciones que comparan la combinación de diferentes arreglos y metodologías de cálculo. En función de los mismos se han sugerido esquemas mínimos de 3 colectores ubicados a una altura de 13,5 cm, 50 cm y 150 cm para conformar las redes de medición (Buschiazzo & Zobeck, 2005; Panebianco et al., 2010).

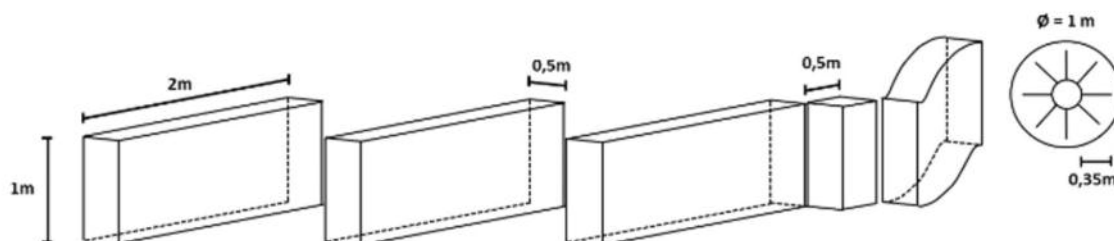
El flujo de masa horizontal (FMH) es la cantidad de material que se mueve en un plano vertical a distintas alturas y surge de dividir cantidad de material recolectado en diferentes alturas por la superficie de entrada del colector. Con el uso de software es posible ajustar estos valores a un modelo matemático y luego integrar (Fig. 3). En general el ajuste con modelos exponenciales han mostrado un mejor desempeño (Panebianco et al., 2010). Una vez calculado el FMH integrado el valor se multiplica por el ancho de la parcela y se obtienen el transporte horizontal de masa es decir los valores de pérdida de suelo expresados en Mg ha^{-1} .

Para seleccionar los puntos de ingreso y egreso de material a la parcela se pueden utilizar dis-

positivos especiales que registran el inicio de la actividad de saltación, y por lo tanto de la erosión, lo que permite identificar la dirección de viento y la duración del evento erosivo. El más utilizado ha sido el denominado Sensit (de Oro & Buschiazzo, 2009). En caso de no contar con este instrumento, es recomendable realizar un análisis de frecuencia de las direcciones que exhiben velocidades máximas por encima de $5 - 8 \text{ m s}^{-1}$ (Panebianco, com. pers.). La frecuencia de medición dependerá de los objetivos y del costo de visita a la parcela. Lo recomendable es tomar muestras luego de cada evento erosivo. Cuando las parcelas se encuentran en lugares alejados, lo aconsejable son visitas con un intervalo no mayor a 15 días, en especial en las épocas más erosivas. A medida que aumenta el intervalo entre mediciones se hace más difícil asociar la información meteorológica a los resultados.

Como la erosión eólica es un fenómeno atmosférico se recomiendan mediciones de ciertas variables meteorológicas. La estación meteorológica debería poseer un anemómetro y una veleta, sensores de temperatura, radiación solar, humedad, pluviometría, y por supuesto un "data logger" para registrar los datos. Todos estos instrumentos se encuentran disponibles comercialmente y pueden ser configurados en las estaciones automáticas disponibles. En la mayoría de los lotes agrícolas con coberturas a baja altura, una altura de medición de 2 m es adecuada (Zobeck et al.,

A



B



Figura 4. A) Diagrama de los componentes del túnel de viento portátil. B) Vista del túnel de viento portátil y detalles de 1) Placas deflectoras, 2) Placa criba y 3) Hélice. Tomado de Colazo et al. (2016).

2003). El intervalo de medición de los instrumentos meteorológicos depende del objetivo de medición. Para medir niveles de erosión anuales o estaciones intervalos de medición de 1 hora son apropiados, mientras que para escalas de evento la resolución debería ser de 5 min. También depende del compromiso entre la capacidad de almacenamiento del registrador y la posibilidad de descargar los datos del mismo.

ii) Túnel de viento

Cuando es necesaria la medición en condiciones controladas, ya sea para establecer una relación (por ejemplo entre la erosión eólica y parámetros del suelo) o para el desarrollo de modelos de predicción es necesario el uso de túneles de viento. Los túneles de viento para el estudio de la erosión eólica están diseñados para poder desarrollar velocidades de viento erosivas, poder simular las condiciones ambientales y así escalar los resultados a condiciones reales. Para mayor información puede considerarse Colazo et al. (2016) (Fig. 4).

3. MEDICIONES INDIRECTAS DE LA EROSIÓN

El grado de erosión puede ser estimado por los efectos que en el mediano y largo plazo ocurren en el suelo. En la región central del país, la posibilidad de contar con sitios cultivados y sin cultivar en un relieve plano permitió estimar la reducción del horizonte superficial por erosión eólica luego de la deforestación de la vegetación natural (Fig. 5). En la provincia de La Pampa, esta disminución fue de 7 a 10 cm (Colazo, 2012). En la provincia de San Luis, con una historia de uso inferior estos valores variaron entre 3 y 5 cm (Colazo et al., 2015). La intensidad de la erosión eólica también puede ser estimada por aspectos cualitativos, como los cambios texturales producidos en el horizonte superficial debido a la remoción selectiva de partículas (Colazo & Buschiazzi, 2015). Esta selección además, puede reflejarse en cambios en la proporción de minerales livianos y pesados de arenas y limos (Aimar, 2002; Buschiazzi & Taylor, 1993; Colazo et al., 2008). En la Patagonia en donde las tasas de erosión son muy altas, los niveles de erosión han sido estimados por el nivel de

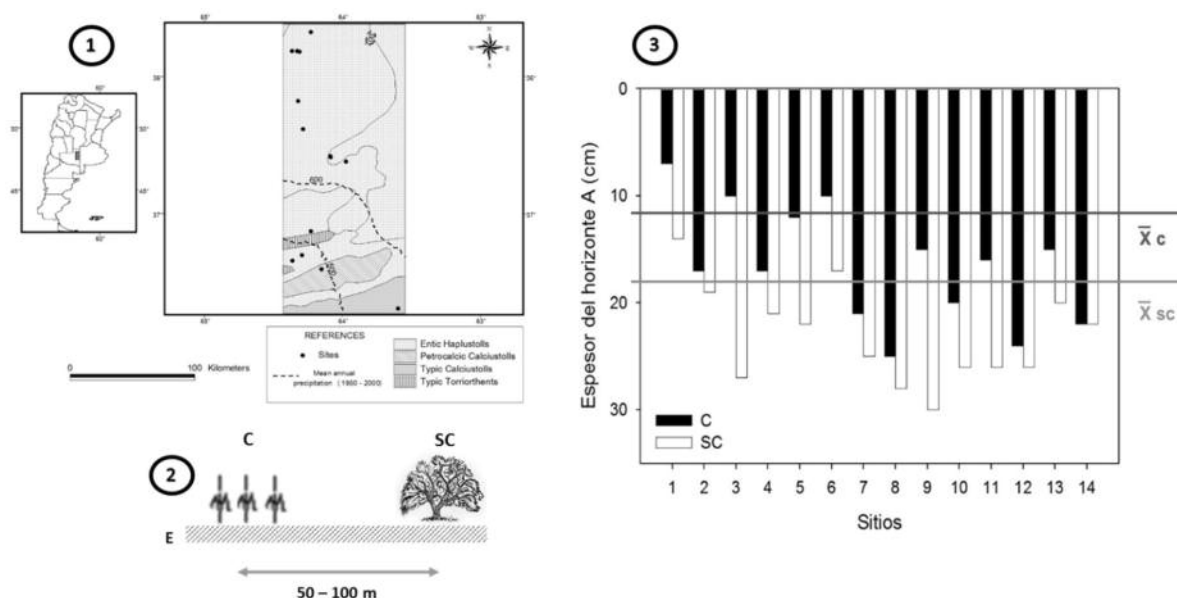


Figura 5. Estimación de la disminución del espesor del horizonte A en suelos de la región central de Argentina. 1. Sitios de estudios compuestos por pares de suelos. 2. Esquema de cada par de suelo, compuesto por un sitio cultivado (C) y sin cultivar (SC) bajo un relieve plano. 3. Espesor del horizonte A en cada sitio y tratamiento y valores medios. Adaptado de Colazo (2012).

las raíces que quedan descubiertas y la presencia de pavimentos de desierto en la superficie del suelo (Chartier et al., 2009; Rostagno & Degorgue, 2011). En estos ambientes, la utilización de sensores remotos ha permitido el monitoreo de geoformas asociadas a la erosión eólica, como son las dunas y los médanos, en escalas temporales y espaciales de muy alta resolución (del Valle et al., 2008).

4. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

Las tasas de erosión pueden expresarse de manera relativa o absoluta. Las primeras son útiles para conocer la eficiencia de una práctica de control con relación a una práctica tradicional o a una condición de máxima erosividad. El grado de reducción de los niveles de erosión ante incrementos progresivos de un factor permite además poder identificar valores críticos en estas relaciones (Fig. 6).

Los resultados expresados de manera absoluta nos indican si los niveles de erosión se encuentran por debajo o encima de valores considerados como tolerables. También brindan la posibilidad de validar y calibrar modelos de predicción (Buschiazzi & Zobeck, 2008). En general, se acep-

ta un valor umbral de $8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, sin embargo, no todos los suelos son iguales ni tienen la misma tasa de formación, por lo que este valor umbral debería ser discutido para cada situación en particular.

En el largo plazo, con variaciones climáticas y cambios en el uso de la tierra, el uso de indicadores nos permite estimar el grado de deterioro. Si bien son estimaciones indirectas, las mismas pueden relacionarse con disminuciones en el rendi-

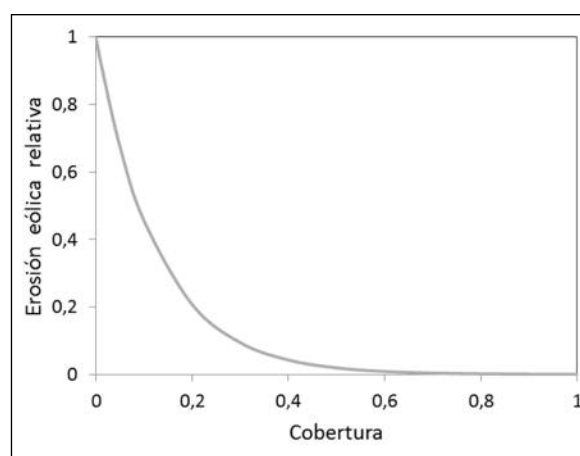


Figura 6. Relación entre la erosión eólica relativa (con coberturas sin cobertura) y el nivel de cobertura. Datos de Mendez (2010).

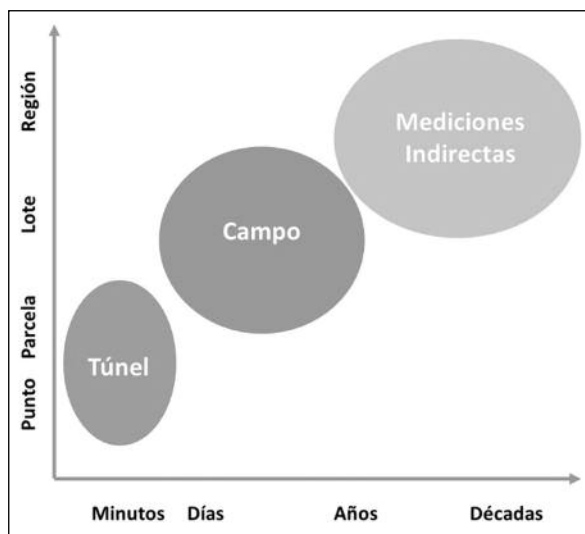


Figura 7. Escala espacial y temporal de los diferentes enfoques de medición de la erosión eólica.

miento de los cultivos (Bakker et al., 2004), lo que permite inferir los costos económicos de la erosión. De la misma manera, la pérdida de fracciones finas pueden relacionarse con el potencial del suelo para almacenar agua y secuestrar carbono (Colazo & Buschiazzo, 2015). Es importante aclarar que las metodologías que infieren de manera indirecta el grado de erosión, deben interpretarse cuidadosamente. Por ejemplo, en suelos sin cultivar, la vegetación natural actúa como sumidero de partículas de suelos adyacentes, por lo que la comparación de resultados con suelos cultivados puede conducir a errores (Iturri et al., 2016).

CONCLUSIONES

La metodología de medición de la erosión eólica dependerá de los objetivos y de la escala espacio – temporal utilizada (Fig. 7). Así las relaciones entre factores que regulan el proceso, pueden ser estudiadas en condiciones controladas en túneles de viento. Las mediciones de campo, serán útiles para cuantificar las pérdidas de suelo durante uno o varios eventos, permitiendo además calibrar los modelos de predicción. Por último, la medición de los efectos sobre el suelo, utilizando indicadores o técnicas de sensores remotos contribuye a dilucidar la evolución de este fenómeno en mayores escalas espacio-temporales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aimar, S. 2002. Estimaciones Cualitativas y Cuantitativas

de Pérdidas por erosión eólica en suelos de la Región Semiárida Pampeana Central. Tesis para optar al grado de Magister en agronomía. UNS, Bahía Blanca. 143 pp.

- Aimar, S; D Buschiazzo & N Peinemann. 1998. Cuantificaciones de la erosión eólica en la región semiárida pampeana central argentina (RSPC). En: Golberg A & A Kin (Eds.), Viento, Suelo y Plantas. Ediciones INTA. 37-44 pp.
- Bakker, M; G Govers & M Rounsevell. 2004. The crop productivity – erosion relationship: an analysis based on experimental work. *Catena* 57: 55-76.
- Buschiazzo, D & V Taylor. 1993. Efecto de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región semiárida pampeana central. *Revista Ciencia del Suelo* 10: 46-53.
- Buschiazzo, D & T Zobeck. 2005. Airbone horizontal mass flux calculated with different equations. *ASAE Paper* 052049.
- Buschiazzo, D & T Zobeck. 2008. Validation of WEQ, RWEQ and WEPS wind erosion for different arable land management systems in the Argentinean Pampas. *Earth Surf Proc Land* 33: 1839-1850.
- Colazo, J. 2012. Selección de indicadores de sostenibilidad relacionados con la erosión eólica para la región Semiárida Central Argentina. Tesis para optar al grado de doctor en agronomía. UNS, Bahía Blanca. 141 pp.
- Colazo, J & D Buschiazzo. 2015. The impact of agriculture on soil texture due to wind erosion. *Land Degrad. Develop* 26: 62-70.
- Colazo, J; M Osterrieth & D Buschiazzo. 2008. Sorting of silicophytoliths by wind erosion in two soils of a semiarid environment in Argentina. In: Abstracts of 7th International Meeting on Phytolith Research– 4th South American meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, Argentina.
- Colazo, J; O Barbosa; J de Dios Herrero & E Colazo. 2015. Degradación de suelos en la provincia de San Luis por efecto de la agriculturización. In: Actas de las II Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos.
- Colazo, J; M Méndez; L de Oro; F Avecilla; J Panebianco & D Buschiazzo. 2016. Diseño de un túnel de viento portátil para el estudio de la erosión eólica. *Revista Ciencia de Suelo* 34: 341-347.
- Chartier, M; C Rostagno & F Roig. 2009. Soil erosion rates in rangelands of northeastern Patagonia: A dendrogeomorphological analysis using exposed shrub roots. *Geomorphology* 106: 344–351.
- de Oro, L & D Buschiazzo. 2009. Threshold wind velocity as an index of soil susceptibility to wind erosion under variable climatic conditions. *Land Degrad. & Develop* 20:

14-21.

- Del Valle, H; C Rostagno; P Coronato; P Bouza & P Blanco. 2008. Sand dune activity in north-eastern Patagonia. *J. Arid Environ.* 72: 411-422.
 - Iturri, L; F Avelilla; G Hevia & D Buschiazso D. 2016. Comparing adjacent cultivated and "virgin" soils in wind erosion affected environments can lead to errors in measuring soil degradation. *Geoderma* 264: 42-53.
 - Mendez, M. 2010. Medición y predicción de la erosión eólica en la región semiárida argentina. Tesis para optar al grado de doctor en agronomía. UNS, Bahía Blanca.
 - Mendez, M; R Funk & D Buschiazso. 2011. Field wind erosion measurements with Big Spring Number Eight (BSNE) and Modified Wilson and Cook (MWAC) samplers. *Geomorphology* 129: 43-48.
 - Mendez, M; R Funk & D Buschiazso. 2016. Efficiency of Big Spring Number Eight (BSNE) and Modified Wilson and Cook (MWAC) samplers to collect PM10, PM2.5 and PM1. *Aeolian Research* 21: 37-44.
 - Panebianco, J; D Buschiazso & T Zobeck. 2010. Comparison of different mass transport calculation methods for wind erosion quantification purposes. *Earth Surf. Process. Landforms* 35: 1548-1555.
 - Rostagno, C & R Degorgue. 2011. Desert pavements as indicators of soil erosion on aridic soils in north-east Patagonia (Argentina). *Geomorphology* 134: 224-232.
 - Stout, J & T Zobeck. 1996. The Wolfforth field experiment: A wind erosion study. *Soil Sci.* 161: 616-632.
 - Stroosnijder, L. 2005. Measurement of erosion: It is possible? *Catena* 64: 162-173.
 - Zobeck, T; G Sterk; R Funk; J Rajot, J Stout & S Van Pelt. 2003. Measurement and data analysis methods for field-scale wind erosion studies and model validation. *Earth Surf. Process. Landforms* 28: 1163-1188.
-