IV SIMPÓSIO ABC
ARGENTINA-BRASIL-CUBA
Sistemas de Produção e Sustentabilidade Agrícola:
Experiências na Argentina, Brasil e Cuba
Realização
Apoio

SUSCEPTIBILIDAD DEL SUELO A LA EROSIÓN EÓLICA EN LA PAMPA MEDANOSA CORDOBESA: EVALUACIÓN A PARTIR DE UN NUEVO ÍNDICE.

Wind Erosion Susceptibility in The Pampa Medanosa Cordobesa Region: Evaluation from a New Index.

Catalina BOZZER[1]; José Manuel CISNEROS[2] & Oscar GIAYETTO[3]

[1]Doutoranda do Programa de Pós-graduação Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária (UNRC-UFRRJ). bozzercatalinina@gmail.com
[2]Professor Titular Uso y Manejo de Suelos. Dpto. Ecología Agraria. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).
[3]Professor Titular Cultivos Oleaginosos. Dpto. Producción Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC).

Resumen: El objetivo de este trabajo fue identificar aquellos indicadores de calidad de suelo con mayor sensibilidad al uso de la tierra en la Pampa Medanosa Cordobesa, para luego construir un índice capaz de reflejar el deterioro ambiental. Se evaluaron sistemas de producción puramente agrícolas y sistemas de producción mixtos agrícola-ganaderos. Se realizó un análisis discriminante canónico que evidenció una mayor sensibilidad al uso de la tierra de las variables carbono orgánico y fracción erodable, con ellas se construyó un índice de tipo aditivo y multiplicativo: índice de resistencia a la erosión eólica del área medanosa (IREEAM). El mismo logró representar a través de sus componentes el principal proceso degradativo de la región: la erosión eólica. Se observó que la estabilidad de los suelos de los sistemas de producción mixtos es cercana a la exhibida por los sistemas de producción agrícola. Los valores ambientales máximos y mínimos del IREEAM encontrados en dos situaciones de referencia de mínimo y máximo deterioro fueron 87,4% y 8,7%, respectivamente. Este índice podría ser de utilidad para el establecimiento de metas ambientales en estrategias de gestión ambiental y para la evaluación de la sustentabilidad de las actividades agropecuarias; constituyéndose en criterio ambiental que contribuya a la toma de decisiones en el medio rural.

Palabras-clave: ambientes semiáridos; carbono orgánico; fracción erodable.

Abstract: This research was conducted to identify those soil quality indicators more sensitive to land use in a sandy environment in semi-arid region of the Argentinian Pampas: The Pampa Medanosa Region and build with them a new index capable of detecting environmental degradation by the main local degradation process: wind erosion. The prevalent anthropic ecosystems inside the region were evaluated, these were agricultural production systems and crop-livestock systems. The sensitivity of a group of indicators using a canonical discriminant analysis, it showed that organic carbon and erodible fraction were the indicators with upper more sensitivity to land use. Using the selected indicators an additive and multiplicative local index was performed: the wind erosion resistance index of the sandy area (IREEAM). It was able to represent the main degradation process present in the region: wind erosion. It was used in comparing crop-livestock systems and purely agricultural systems, detecting that the soil stability in crop-livestock systems is close to that exhibited by the agricultural production systems, which could be indicating that livestock cycle does not cover the necessary times for

soil recovery after agricultural cycles. The index was applied to natural lands to obtain reference values, information that could be useful for the establishment of environmental goals in designing sustainable soil management strategies and in the agricultural activities sustainability evaluation.

Keywords: semi-arid environment; organic carbon; erodible fraction.

Introducción

En Argentina, particularmente, en el sur de la provincia de Córdoba, la superficie sembrada con cultivos agrícolas registró un incremento desde 100.000 Ha a 900.000 Ha en los últimos 30 años (SIS-RIAN, 2018). Los interrogantes científicos actuales se orientan a dilucidar en qué medida estos cambios son capaces de inducir consecuencias irreversibles sobre el sistema suelo.

El objetivo del trabajo fue identificar aquellos indicadores de calidad de suelo más sensibles a los cambios de uso de la tierra ocurridos en la Pampa Medanosa, capaces de reflejar procesos de degradación; para luego construir con ellos un índice de calidad de suelo.

Diversos autores han propuesto la selección de una cantidad mínima de indicadores, afirmando que no existe un set universal, sino que este está en función del ambiente (BREJDA et al., 2000; RAIESI, 2017). Existen antecedentes de índices de calidad de suelos construidos para el sur de la provincia de Córdoba. Cantero et al. (1986) diseñaron el VIART (Valor Indicativo de Aptitud Relativa de la Tierra) para el departamento Río Cuarto, conformado por un gran número de variables indicadoras. Su estructura es de carácter multiplicativo y aditivo. Este, no implementa la normalización de datos ya que utiliza escalas de valoración porcentuales. Por otro lado, Cantú et al. (2007), propusieron un índice cuantitativo realizado para Molisoles de moderado desarrollo de una cuenca pedemontana del SO de la provincia de Córdoba. De estructura multiplicativa, implementando la normalización de los datos y seleccionando a su criterio las variables indicadoras de su composición en función de su facilidad de medición y de las características del ambiente. Un tercer grupo de autores, Campitelli et al. (2010), propusieron para el centro de Córdoba, la selección de variables indicadoras a través de un análisis de componentes principales (ACP) en el que los indicadores más sensibles se observan ante la maximización de la variabilidad total existente.

En el presente trabajo se efectúa la selección de un set de indicadores de un modo similar al llevado adelante por Campitelli et al. (2010) pero a través de un análisis discriminante canónico (ADC) para detectar aquellas variables sensibles únicamente al uso y manejo de tierras. Se estandarizan los datos como lo propone Cantú et al. (2007) pero empleando una función representativa del comportamiento de cada variable indicadora en el sistema suelo. Y finalmente, se constituye un índice aditivo y multiplicativo, capaz de reflejar la susceptibilidad de los suelos de la región a su principal proceso de degradación: la erosión eólica.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Región de la Pampa Medanosa (Fig.1), un ambiente de gran fragilidad ecológica y naturalmente susceptible a la erosión por acción del viento (GORGAS y TASSILE, 2006). Las situaciones evaluadas fueron: a) sistemas de producción puramente agrícolas bajo siembra directa (A); b) sistemas de producción mixta agrícola-ganaderos en los que la agricultura bajo siembra directa y la ganadería rotan sobre los mismos lotes (Mx); c)

situaciones de vegetación espontánea, representativas de una condición natural y referente del mínimo deterioro (N); y d) situaciones de médano (Md), representativas de la máxima degradación.

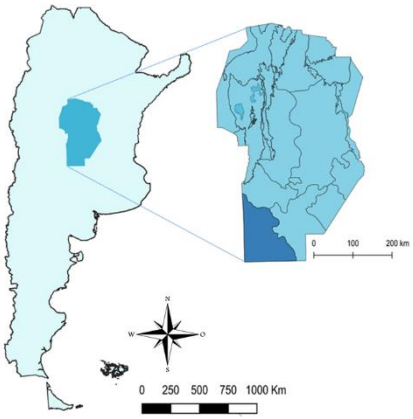

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.

El estudio incluyó un total de 153 sitios de muestreo. Las determinaciones analíticas fueron: pH actual (relación suelo: agua 1:2,5) determinado por el método potenciométrico; fracción erodable (FE; agregados <0,84 mm de diámetro) por tamizado (CHEPIL y WOODRUFF, 1963); textura por el método del hidrómetro de Day (1965); densidad aparente, por el método propuesto por Alvarez et al. (2012); contenido de carbono orgánico total (COT) por el método de Walkley Black (NELSON y SOMMERS, 1982); cationes intercambiables y capacidad de intercambio catiónica (CIC) por extracción con acetato de amonio a pH 7, la cuantificación de los cationes se realizó mediante titulación con EDTA (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K) (SAMLA, 2004); contenido de fósforo extractable (P) por el método de Bray–Kurtz 1 (BRAY y KURTZ, 1945).

Se empleó un análisis discriminante canónico (ADC) para seleccionar los componentes del índice y determinar su peso ponderal constituyendo la siguiente ecuación (BREJDA et al., 2000; RAIESI, 2017).

$$I = \sum_{i=1}^{n} [C_i * Var_i] * 100$$

donde Ci y Vari son el coeficiente de ponderación y el valor normalizado del indicador i-ésimo, respectivamente.

Fue necesario crear funciones de estandarización para independizar los indicadores retenidos por el ADC dándoles valores entre cero y uno. Los valores del índice obtenidos fueron sometidos a un análisis de la varianza mediante el uso de modelos lineales mixtos. Se realizó una prueba LSD de Fisher con un nivel de significancia α=0,05. El software estadístico empleado fue InfoStat (DI RIENZO et al., 2017).

Resultados y Discusión

La utilización del análisis discriminante canónico (ADC) permitió identificar aquellos indicadores con mayor sensibilidad a los cambios en su uso y manejo a través de la visualización de la contribución relativa de estos a la segregación de los usos de la tierra en el espacio discriminante. En la Figura 2, puede observarse que las situaciones de monte (N) presentan una marcada ganancia en el carbono orgánico (CO). Se visualizan también

reducciones en el contenido de P. Las situaciones de médanos (M) se asocian a un incremento en la fracción erodable (FE). Presentando las situaciones bajo agricultura (A) una tendencia al mismo comportamiento. Ambas situaciones denotan incrementos en la proporción de la fracción arena. Las situaciones agrícolas (A) y agrícola-ganaderas (Mx) se separan por la variable potasio (K), que discrimina las situaciones antrópicas sobre el eje vertical, indicando que las situaciones Mx expresan mayores contenidos de K que las A. Se observa una correlación negativa entre el K y la FE.

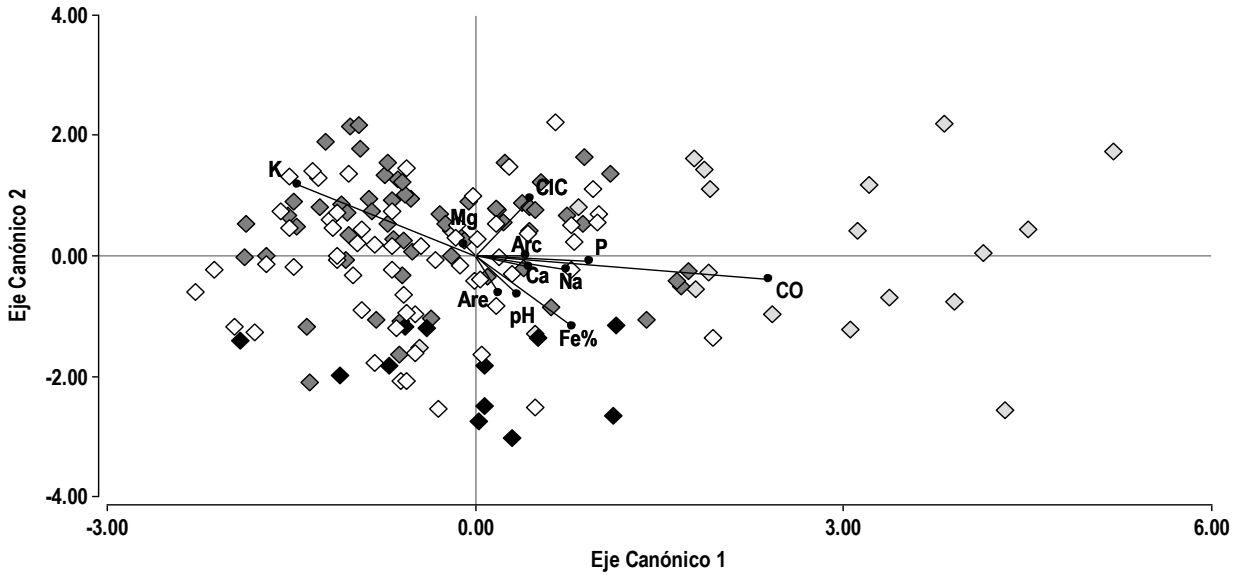

Figura 2. Contribución relativa de las variables analizadas a la discriminación entre las situaciones observadas: en color blanco situaciones de producción agrícola; en negro situaciones de médano; en gris claro situaciones naturales y en gris oscuro situaciones de producción mixta agrícola-ganadera. Variables: carbono orgánico (CO); fósforo extractable (P); fracción erodable (Fe%); pH; arena (Are); arcilla (Arc); capacidad de intercambio catiónico (CIC); calcio (Ca); sodio (Na); magnesio (Mg); potasio (K).

En el plano discriminante constituido por las dos primeras funciones canónicas expresó el 92% de la variabilidad debida al uso y manejo de la tierra. Se efectuó, por lo tanto, la selección de las variables entre aquellas retenidas por estas dos funciones. En la primera función, el CO fue el indicador que expresó la mayor sensibilidad. En la segunda las variables K y FE fueron las que presentaron los mayores coeficientes canónicos. Estas variables presentaron correlación negativa (r^2= -0,49), en consecuencia, solamente una la FE fue seleccionada para la composición del índice.

Los pesos ponderales extraídos del ADC fueron normalizados a uno, y asignados a cada una de las variables indicadoras estandarizadas que componen el índice. El nuevo índice fue denominado IREEAM (índice de resistencia del suelo a la erosión eólica para el área medanosa cordobesa), dado que los indicadores que resultaron seleccionados para conformarlo son claves en la estimación de la susceptibilidad de los suelos a degradarse por este proceso. La expresión matemática del IREEAM es la siguiente:

$$\text{IREEAM} = \{ [CO * 0{,}671] + [FE * 0{,}329] \} * 100$$

La situación N presentó el mayor valor medio de IREEAM ($p<0,001$) le siguieron Mx y A que no fueron diferentes entre sí, y finalmente, la situación Md. El empleo del IREEAM al comparar sistemas de producción mixtos y agrícolas reales sugirió que la estabilidad de los suelos de los sistemas de producción mixtos es cercana a la exhibida por los sistemas de producción agrícola, esto podría estar indicando que el manejo de los sistemas de producción mixtos, durante su ciclo agrícola, es similar al de los agrícolas puros; con una dimensión temporal demasiado extensa y un período de pasturas que no logra cubrir los tiempos necesarios para la recuperación del suelo. De todas formas, se observó que los sistemas mixtos presentaron valores mayores de IREEAM que los sistemas puramente agrícolas, lo que podría sugerir una tendencia diluida por efecto de las diferentes texturas; indicando la necesidad de repetir el estudio suprimiendo la variabilidad que pudiera estar atribuida a la textura del horizonte superficial.

El valor de referencia de la situación con mínimo deterioro es 87,14% y el valor de referencia de aquella con el máximo deterioro es 8,67%. Porcentuales que representan los valores críticos ambientales del IREEAM encontrados para la región.

Conclusiones

Los indicadores con mayor sensibilidad al uso de la tierra en la región resultaron ser el carbono orgánico total, la fracción erodable y el potasio; este último no conformó el IREEAM por estar correlacionado con la fracción erodable. El IREEAM resultó entonces compuesto por dos indicadores claves para inferir sobre la susceptibilidad a la mayor problemática local que es la erosión eólica. Su empleo al comparar sistemas de producción mixtos y agrícolas reales detectó que la estabilidad de los suelos de los sistemas de producción mixtos es cercana a la exhibida por los sistemas de producción agrícola, lo que podría estar indicando que el ciclo ganadero no logra cubrir los tiempos necesarios para la recuperación del suelo.

Agradecimientos

Este estudio se realizó con fondos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Córdoba y de la Fundación Maní Argentino.

Referencias Bibliográficas

ALVAREZ, R., BERHONGARAY, G., DE PAEPE, J., MENDOZA, M. R., STEINBACH, H. S., CARIDE, C., & CANTET, R. Productividad, fertilidad y secuestro de carbono en suelos pampeanos: efecto del uso agrícola. Anales de la Academia Nacional de Agronomia y Veterinaria. 2012.Tomo LXVI., 381-426, 2012.

BALZARINI, M., C. BRUNO, M. CÓRDOBA, & I. TEICH. (2015). Herramientas en el análisis estadístico multivariado. Córdoba, Argentina, 2015.

BRAY, R. H., & L. T. KURTZ. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. **Soil science,** 59(1), 39-46, 1945.

BREJDA, J. J., T. B. MOORMAN, D. L. KARLEN, & T. H. DAO. Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators I. Central and Southern High Plains **Soil Science Society of America Journal**, 64(6), 2115-2124, 2000.

CAMPITELLI, P., A. AOKI, O. GUDELJ, A. RUBENACKER, & R. SERENO. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. **Ciencia del suelo**, 28(2), 223-231,2010.

CANTERO, A., E. BRICCHI, V. BECERRA, J. CISNEROS, & H. GIL. Zonificación y descripción de las tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba). Ed. UNRC, Rio Cuarto, Argentina, 80pp, 1986.

CANTÚ, M. P., A. BECKER, J. C. BEDANO, & H. F. SCHIAVO. Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. **Ciencia del suelo**, 25(2), 173-178, 2007.

CHEPIL, W. S., & N. P. WOODRUFF. The Physics of Wind Erosion and its Control. **Advances in agronomy** (Vol. 15, pp. 211-302): Elsevier,1963.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In C. A. e. a. Black (Ed.), Methods of soil analysis (Vol. 1, pp. 545-567). Madison: American Society of Agronomy Inc.1965.

DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, & C. W. ROBLEDO. InfoStat (Version 2017). Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 2017.

JARSÚN, B., J. A. GORGAS, E. ZAMORA, ... **Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba:** Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000. Córdoba, Argentina: Agencia Córdoba Ambiente DACYT-SEM, INTA EEA Manfredi, 2006.

NELSON, D. W., & L. E. SOMMERS. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In A. Page, R. Miller & D. Keneey (Eds.), Methods of Soil Analysis.Chemical and Microbiological Properties. Part 2. (2 ed.). Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. 1982.

RAIESI, F. A minimum data set and soil quality index to quantify the effect of land use conversion on soil quality and degradation in native rangelands of upland arid and semiarid regions. **Ecological Indicators**, 75, 307-320, 2017.

SAMLA. Sistema de Apoyo Metodológico a Laboratorios de Análisis de Suelo, Agua, Vegetales y Enmiendas Orgánicas.: SAGPYA, ACCS. 2004.

SIS-RIAN. Red de Información Agropecuaria Nacional. Sistema de Información Secundaria (SIS) Visitada 26/09/2018. En http://sis-rian.inta.gob.ar/