

CALIDAD DE LOS SUELOS DEL NORTE DE SANTA FE. EFECTO DE LA GEOMORFOLOGÍA Y EL USO DE LA TIERRA

OLGA SUSANA HEREDIA; LIDIA GIUFFRÉ; FLORENTINO JAVIER GORLERI & MARTA ELVIRA CONTI

Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, UBA. Av. San Martín 4453, Bs. As., Argentina.

E-mail: heredia@agro.uba.ar

Recibido: 22/04/06

Aceptado: 09/11/06

RESUMEN

En el norte de la provincia de Santa Fe existen escasos trabajos a escala detallada de las propiedades del suelo, cuyo conocimiento es importante a la hora de tomar decisiones para el uso más adecuado del mismo a nivel predial. En este trabajo se plantea como objetivo analizar el efecto de la geomorfología y el uso de la tierra sobre las propiedades físico-químicas en suelos de la cuña boscosa santafesina. Se evaluaron los tipos de suelos presentes en distintos ambientes geomorfológicos, se clasificaron taxonómicamente, y se analizaron: textura, carbono oxidable (Cox), fósforo extractable (Pe), reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica (CE). Las situaciones analizadas fueron: pastizal natural (Ai); chacra nueva, 2 años de uso agrícola (Ch2); chacra vieja, 20 años de uso agrícola (Ch20); monte (M); quebrachal (Qu) y espartillar (Es). Se realizó un ANVA entre las distintas situaciones. Los suelos son Argiudoles típicos, Albaqualfes y Epiqualfes, con diferente contenido de arcilla, pH y CE. Al comparar los suelos por su posición en el paisaje, todos se caracterizan por poseer texturas finas, con síntomas de hidromorfismo a distintas profundidades del perfil, bajo contenido de Pe a excepción del monte y pH moderadamente ácido a neutro en superficie alcalinizándose en profundidad, y se diferencian en el espesor del horizonte superficial y en el contenido de sales. Los suelos de posiciones del paisaje positivas (monte) se encuentran más desarrollados y si bien son en general de textura fina, presentan menor contenido de arcillas que los de posiciones negativas del paisaje, como el quebrachal y el espartillar. El uso agrícola disminuye los valores de Cox y pH en el corto plazo y solo en el largo plazo disminuye el Pe. El Cox disminuyó 29,1% en la situación Ch2 y 46,7% en la situación Ch20 con respecto a la Ai. Los suelos son deficientes en Pe y su disminución fue de un 35,9% en la situación de mayor uso, sin presentar diferencias entre las otras 2 situaciones. En el caso del pH el valor de la situación prístina (Ai) fue de 6,7, pasando a 6,1 y 5,6 como resultado de la agriculturización, y también se observa una pérdida importante de suelo: la profundidad del horizonte A que en la situación prístina fue de 22 cm de espesor, en la chacra vieja es sólo de 16 cm. Dentro de la situación geomorfológicamente homogénea, en los casos Ai, Ch2 y Ch20, el uso de la tierra define el impacto sobre las variables determinantes de la calidad de estos suelos.

Palabras clave. Propiedades físico-químicas de los suelos, bosque Chaqueño, Molisoles, Alfisoles.

SOIL QUALITY IN THE NORTH OF SANTA FE. EFFECT OF GEOMORPHOLOGY AND LAND USE

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effect of the geomorphology and the land use on soil physical-chemical properties in the Chaco forest in Santa Fe, Argentina. Soils were classified according to Soil Taxonomy and characterized by several properties: texture, organic carbon (OC), extractable phosphorus (Pe), soil reaction (pH) and electrical conductivity (CE). An ANOVA was performed for the treatments land use and land position. The situations evaluated were: natural pasture (aibal) (Ai), 2 yr agricultural use (Ch2), 20 yr agricultural use (Ch20), monte (M), quebrachal (Qu) and espartillar (Es). The soils were Typic Argiudolls, Albaqualfs and Epiqualfs, with different clay content, pH and CE. In general, soils had fine textures, hydromorphic symptoms at different depths, and low Pe contents. pH values varied from moderately acid to neutral in surface, and increased at deeper horizons. The soils also differed in surface horizon thickness and in salt content. Soils in positive landscape positions were more developed and had lower clay content than soils in negative positions of the landscape like the quebrachal and the espartillar. Land use affected OC, pH and Pe. The OC diminished 29.1% in the situation Ch2 and 46.7% in the situation Ch20. Pe decreased 35.9% in the situation Ch20. The pH value in the pristine situation (Ai) was 6.7, and diminished to 6.1 and 5.6 as a result of the agriculturization. The depth of A horizon decreased from 22 in Ai, to 16 cm in Ch20 situation. In geomorphological homogeneous situations Ai, Ch2 and Ch20 the land use defined the soil quality.

Key words. Physico-chemical properties, Chaco forest, Molisols, Alfisols.

INTRODUCCIÓN

El manejo sustentable de los recursos naturales debe basarse en el conocimiento de sus características y funcionalidad. En el norte de la provincia de Santa Fe existen escasos trabajos a escala detallada de las propiedades del suelo, cuyo conocimiento es importante a la hora de tomar decisiones para el uso más adecuado del mismo a nivel predial, y disponer de instrumentos eficaces de orientación del desarrollo del territorio, la regulación de la utilización, ocupación y transformación de su espacio físico, en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.

El norte santafecino es una prolongación de lo que algunos autores llaman Parque Chaqueño Oriental (Ragonese & Castiglione, 1970). El NE de Santa Fe se ubica en la zona de clima subtropical, con precipitaciones medias de 1.235,3 mm anuales según las mediciones, presentando gran variabilidad (763 a 1.783,8 mm, INTA-EERA Reconquista, 2006).

Gasparri & Grau (2006) afirman que el incremento en la demanda por nuevas tierras agrícolas se ha intensificado en la provincia, por lo que comprender la influencia que tienen aspectos económicos y ambientales sobre la evolución del paisaje de esta región argentina es de utilidad para la planificación territorial, ya que distintas estructuras de paisaje presentan distintas opciones de manejo y conservación del ecosistema.

Los principales cultivos de la región son girasol, soja, maíz y algodón. Esta zona tiene como actividad principal la ganadería de cría extensiva, donde la agricultura de

“commodities” presenta altos riesgos, por lo que el conocimiento detallado de los recursos naturales se vuelve de importancia a la hora de pensar en producciones alternativas y sustentables.

El carbono de la materia orgánica del suelo representa el 80% del “pool” de carbono terrestre y es considerado importante para mitigar el efecto invernadero (Bolin & Sukumar, 2000). Existen numerosos trabajos que muestran que la intensificación de las prácticas agrícolas bajo laboreo genera reducciones en los contenidos de MO y otros nutrientes, en el tamaño de agregados, y pérdidas en la capacidad de captación y aprovechamiento del agua (Heredia *et al.*, 2004; Quiroga *et al.*, 2005).

En este trabajo se plantea como objetivo analizar el efecto de la geomorfología y el uso de la tierra sobre las propiedades físico-químicas en un campo del distrito de Villa Ana, en la cuña boscosa santafesina, como un primer paso para relacionar la calidad de los suelos con un futuro ordenamiento territorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El establecimiento en estudio, se encuentra ubicado en el distrito de Villa Ana, partido de General Obligado, norte de la provincia de Santa Fe, a los 28° 30' latitud sur y 60° 25' longitud oeste. Su superficie es de 1.957 hectáreas, y tiene la particularidad de incluir casi todas las situaciones que puede presentar la región fitogeográfica conocida como cuña boscosa santafesina.

En el mismo se definieron las siguientes situaciones (Figura 1):

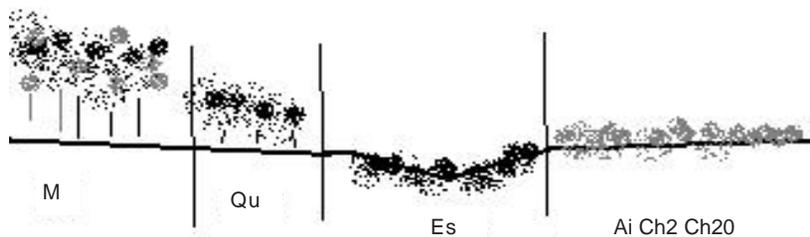


Figura 1. Ubicación de las situaciones estudiadas en el relieve. Pastizal natural (Ai), chacra nueva (Ch2) chacra vieja (Ch20), monte (M), quebrachal (Qu) y espartillar (Es).

Figure 1. Land position of study situations. Natural pasture (Ai), 2yr agricultural land use (Ch2), 20 yr agricultural land use (Ch20), monte (M), quebrachal (Qu), espartillar (Es).

Ai-Pastizal natural (aibal), es el recurso forrajero de la región, formado por un tapiz denso de gramíneas de carbono cuatro compuesto por el espartillo amargo o aibe (*Elyonorus muticus* (Spreng.) Kuntze), *Leptochloa chloridiformis* (Hack.) Parodi, *Setaria geniculata* (Lam.) Beauv, *Stipa* sp., y leguminosas que vegetan entre estas matas. Se considera que el ambiente es el menos húmedo de la región. Ubicado en un relieve normal a subnormal, en las lomas, es imperfectamente drenado, sin erosión. Esta situación se considera el control de la chacra nueva y vieja al evaluar el efecto del uso agrícola.

Ch2- **Chacra nueva** (2 años de uso agrícola), corresponde a un área que 2 años antes era el aibal. Su relieve es normal, en posición de loma. Al momento del muestreo se encontraba con cultivo de girasol (*Heliantus annuus* L.), presentando como antecesor el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merr).

Ch20- **Chacra vieja** (20 años de uso agrícola), relieve normal, posición loma. Este lote originalmente corresponde al aibal que fue incorporado a la agricultura y utilizado intensamente durante los últimos 20 años para cultivos extensivos, especialmente soja, maíz y verdes de invierno. Al momento de tomar las muestras era ocupado por soja.

Las situaciones Ch2 y Ch20 son trabajadas bajo el sistema de labranza convencional.

M-Monte, ocupa las áreas más altas del relieve, pobremente drenado. Alternando con extensos pastizales (abras), presenta un monte alto y denso con especies como: *Caesalpinia paraguayensis* (L.), *Patagonula americana* L., *Tabebuia ipê* (Vell) Toledo y *Schinopsis balansae* Engl., *Gleditsia amorphoides* Gris., *Prosopis* sp. L., *Eugenia uniflora* L., *Acacia praecox* (Griseb.), *Geoffroea decorticans* (Gill.) Burkart, (APN, 2004) entre otros. Se utilizan en forma extensiva para ganado, especialmente en invierno donde hay forraje. Estas tierras desmontadas han demostrado ser altamente productivas para la ganadería.

Qu-Quebrachal, crecen especies arbóreas xerófitas y de muy lento desarrollo predominando el quebracho colorado (*Schinopsis balansae* Engl.), *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron, *Prosopis alba* Gris., *Caesalpinia paraguayensis* (L.), *Prosopis affinis* Spreng., y *Acacia caven* (Molina) Molina. El estrato arbustivo está representado por *Acacia praecox* Griseb.. En los espacios abiertos se puede encontrar un tapiz poco denso de gramíneas como *Bothriochloa laguroides* (DC) Herter, *Stipaneesiana* Trin et Rupr. y *Chloris* sp. Sw. y en los abundantes charcos se encuentran especies de alto valor forrajero como gramilla de agua (*Leersia*

hexandra Sw.) y otros pastos de hábitos acuáticos. El relieve es normal a subnormal, y el suelo se encuentra pobremente drenado.

Es- **Espartillar** (zona de influencia del A° Las Garzas). Estas tierras son de muy lenta permeabilidad y pendiente suave, y se encuentran sometidas a inundaciones periódicas producidas por el desborde del mencionado arroyo. En ellas se extiende un pajonal sin árboles con manchones de *Spartina argentinensis* Parodi, *Echinochloa helodes* (Hack.) Parodi y *Distichlis spicata* (L.) Greene. Son de bajo valor forrajero, el pajonal es quemado varias veces al año por los lugareños para que el ganado pueda aprovechar el rebrote tierno de los pastos duros.

Se efectuó un muestreo dirigido, considerando una unidad representativa del suelo de cada situación de paisaje y uso de la tierra. Se realizaron calicatas y se clasificaron los suelos según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003). Se extrajeron muestras compuestas de suelos en el perfil en las que se determinó textura por el método de Bouyoucos, carbono oxidable (Cox, Walkley-Black), fósforo extractable (Pe, Bray-Kurtz N° 1), reacción del suelo (pH en agua 1:2,5) y conductividad eléctrica (CE, potencimetría) (Page, 1982).

Como análisis estadístico se realizó un ANVA y un test de comparación de medias (test de Tukey) con el programa InfoStat (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se resume la secuencia de horizontes de los suelos evaluados y su clasificación taxonómica.

En la Figura 2 se muestran los perfiles de algunas de las variables estudiadas, de acuerdo a las situaciones geomorfológicas.

El espartillar presenta los mayores contenidos de Cox debido a la mayor acumulación de agua en el perfil lo que afecta la mineralización de la materia orgánica. Los suelos con mayor contenido de arcilla corresponden a los perfiles en las posiciones más negativas del paisaje que afectan el drenaje y la aireación del suelo (Conti, 2000).

Tabla 1. Secuencia de horizontes y clasificación de los suelos estudiados.

Table 1. Soil profile, horizons and soil classification in study soils.

| Situación | Clasificación taxonómica | Secuencia de horizontes | Profundidad HA (cm) | Clase textural del horizonte superficial |
|--------------|--------------------------|--|---------------------|--|
| Aibal | Argiudol típico | A ₁ -B _{t1} -B _{t2} -BC-C | 22 | Franco arcillo limoso/F. arcilloso |
| Chacra nueva | Argiudol típico | A _p -AB-B _{t1} -B _{t2} -C _{k1} -C _{k2} | 21 | Franco arcilloso |
| Chacra vieja | Argiudol típico | A _p -AB-B _{t1} -B _{t2} -BC _k -C _{k1} -C _{k2} | 16 | Franco arcilloso |
| Monte | Epiacualf típico | E-B ₁ -BC-IIIC-IIIC | 8 | Franco arcillo limoso |
| Quebrachal | Albacualf típico | A ₁ -B _{t1} -B _{t2} -B _{tk} -BC _k | 9,5 | Arcillo limoso/Franco arcillo limoso |
| Espartillar | Natracualf típico | A ₁ -B _{tn} -BC-C _k | 19 | Arcilloso |

La CE de los suelos varió en superficie entre 0,22 y 2,33 dS m^{-1} , los mayores valores se encuentran en las situaciones de quebrachal y espartillar (Figura 2). En profundidad la CE aumenta, en las posiciones positivas del paisaje la salinidad no afecta el normal desarrollo de las plantas, mientras que en el quebrachal estos valores son moderadamente salinos.

Según su posición en el paisaje los suelos se caracterizan por poseer texturas finas, con síntomas de hidromorfismo a distintas profundidades del perfil, bajo contenido de P extractable a excepción del monte y pH moderadamente ácido a neutro en superficie alcalinizándose en profundidad, se diferencian en el espesor del horizonte superficial y en el contenido de sales.

Puede apreciarse que hubo una pérdida de 6 cm de suelo en 20 años lo que constituye un indicador importante de deterioro del suelo. En término promedio estaría indicando una pérdida de 36 $\text{Mg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ de suelo, valor de pérdida de suelo semejante a los encontrados en la Región Pampeana (SAGyP, 1995; Casas 1998).

En la Figura 3 puede observarse que el uso de la tierra ha tenido un fuerte impacto sobre el pH, el Cox y el Pe de 0-20 cm.

Se puede apreciar cómo la incorporación de suelos a la agricultura produce una caída importante de las tres variables analizadas, siendo la más significativa la de Cox que presentó una disminución del 29,1% en la situación Ch2 y del 46,7% en la situación Ch20. Casanovas *et al.* (1995) trabajando con un Argiudol típico de Balcarce, encontraron un descenso en el contenido de materia orgánica durante los primeros años de cultivo bajo agricultura convencional con pérdidas del 80% del C más lábil. Una tendencia semejante fue encontrada por Sánchez *et al.* (2006), en un Torriortent típico de Santiago del Estero.

El Pe disminuyó un 35,9% en la chacra vieja y no presentó diferencias entre la situación Ai y Ch2. Esto concuerda con un trabajo anterior efectuado en Hapludertes de Entre Ríos, donde en períodos cortos de cambio de uso de la tierra no se notaron diferencias significativas en los contenidos de las formas inorgánicas extractables

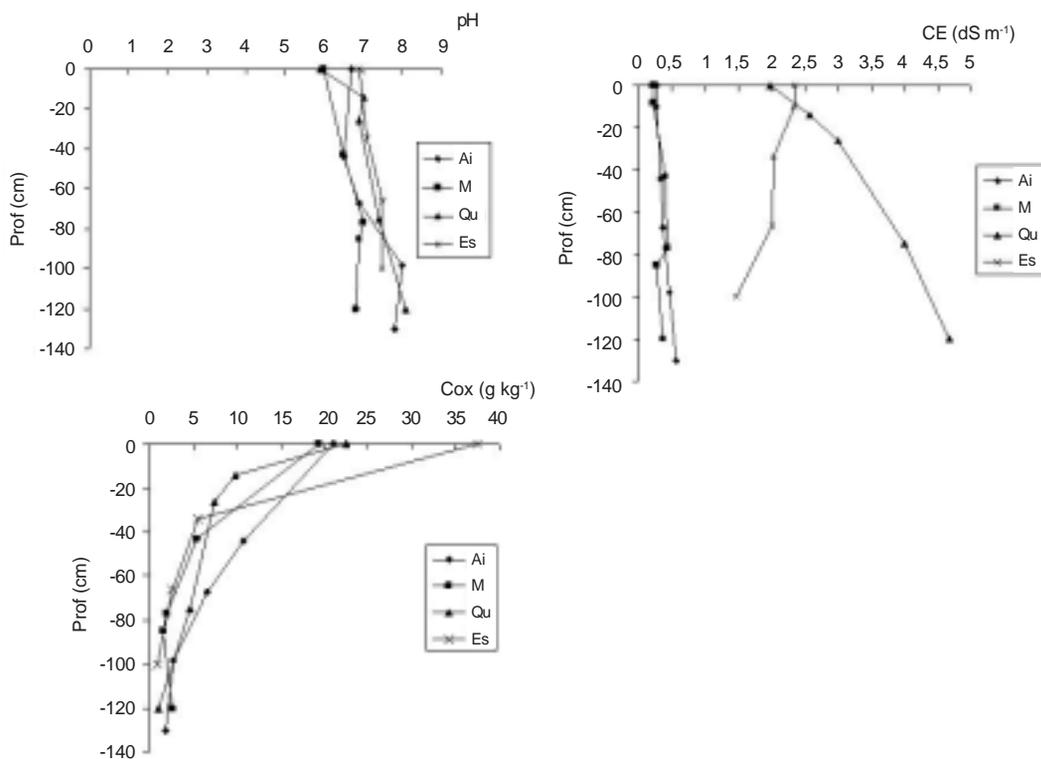


Figura 2. Variación en el perfil del suelo del Cox, la CE y el pH según la morfología.

Ai: Patizal natural, M: monte, Qu: quebrachal y Es: espartillar.

Figure 2. Variation of pH, EC and OC in different morphological. Ai: natural pasture, (M) monte, (Qu) quebrachal and (Es) espartillar.

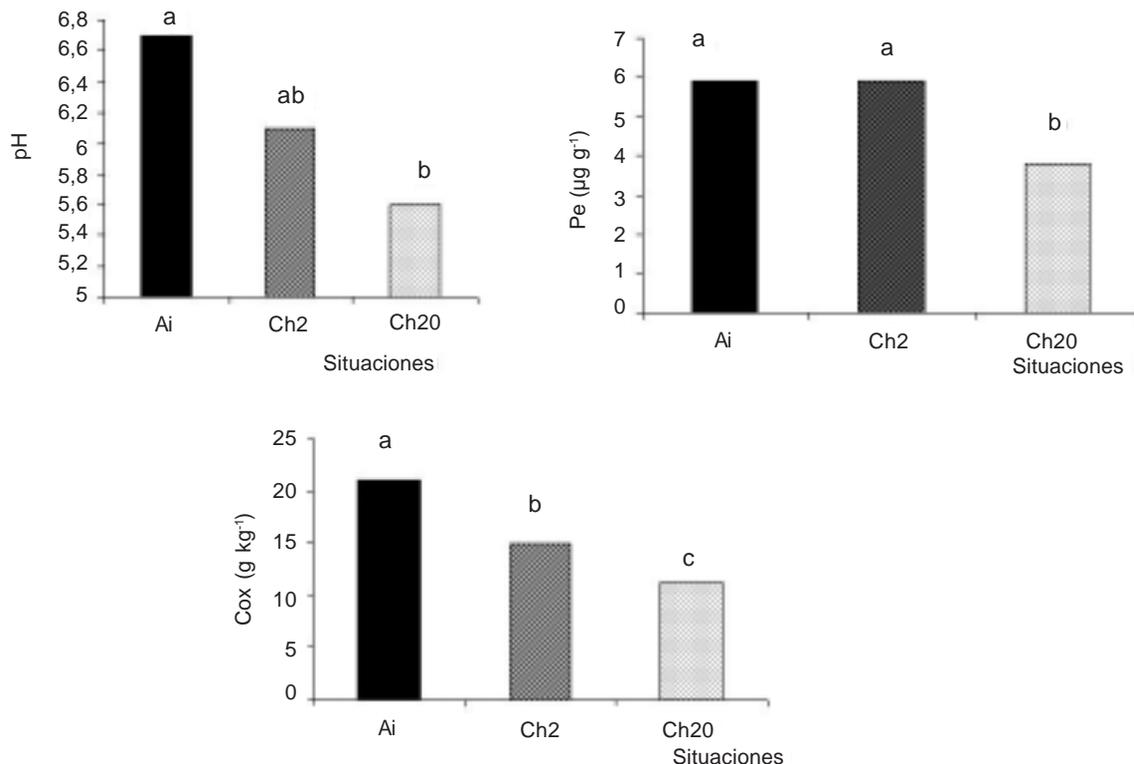


Figura 3. Propiedades edáficas en tres situaciones con distinto uso de la tierra. Donde Ai: pastizal natural o aibal, Ch2: chacra nueva, Ch20: chacra vieja. Letras distintas indican diferencias significativas entre uso de la tierra (test Tukey $p < 0,05$)

Figure 3. Edaphic properties in different situation of land use. Were Ai: aibal, Ch2: 2yr agricultural land use, Ch20: 20 yr agricultural land use. Different letters are significantly different among land use (Tukey $p < 0.05$).

del nutrimento (Heredia *et al.*, 2004). Al someter los suelos a cultivos los mayores efectos se notan en la disminución del P total, inorgánico y extraíble (Giuffré *et al.*, 1997).

Casanovas *et al.* (1995) coinciden en afirmar que la pérdida de MO durante los primeros años de agricultura convencional es más alta que en los años siguientes. Leifeld & Kögel-Knabner (2005) encontraron que la MO total y su distribución en profundidad es un indicador temprano apropiado para evaluar el efecto del uso de la tierra. La CE varió entre 0,16 a 0,26 dS m^{-1} , no habiendo diferencias entre las situaciones evaluadas.

Dentro de la situación geomorfológicamente homogénea Ai, Ch2 y Ch20, el uso de la tierra define el impacto sobre las variables determinantes de la calidad de estos suelos.

Conocer las características productivas y limitaciones que presentan los suelos de los distintos ambientes resulta de utilidad a la hora de decidir su uso y realizar actividades sustentables en regiones marginales del territorio. El estudio debe comprender un análisis ambiental y productivo de la región, análisis de variables productivas, ambientales y socioeconómicas e integración de las actividades agropecuarias y forestales.

CONCLUSIONES

La geomorfología muestra que los suelos de posiciones del paisaje positivas se encuentran más desarrollados y si bien son de textura fina presentan menor con-

tenido de arcillas que los de posiciones negativas del paisaje como el quebrachal y el espartillar, asociados con un mayor contenido de MO. Estos suelos presentan limitaciones por hidromorfismo y aumento del contenido salino en profundidad.

El uso agrícola de la tierra disminuyó en el corto plazo el contenido de Cox y pH y en el largo plazo disminuyó el contenido de las formas extractables de P y la profundidad del horizonte A.

BIBLIOGRAFÍA

- APN. 2004. Sistema de información de biodiversidad. Proyecto de conservación de la biodiversidad. Donación GEF-BIRF TF 028372-AR. www.parquesnacionales.gov.ar.
- Bolin, B & R Sukumar. 2000. Global perspective. *In*: RT Watson; IR, Noble; B, Bolin; NH, Ravindranath; DJ, Verardo & DJ, Dokken (*eds.*), Land Use, Land-Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 23-51.
- Casanovas, E; H Echeverría & G Studdert. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. Contenido total y de distintas fracciones. *Ciencia del Suelo* 13: 16-20.
- Casas, RR. 1998. causas y evidencias de la degradación de los suelos en la región pampeana. Capítulo 5, en "Hacia una agricultura más productiva y sostenible en la pampa argentina. Una visión general y prospectiva": 99-129.
- Conti, ME. 2000. Principios de edafología, con énfasis en suelos argentinos, EFA, Buenos Aires, 430pp.
- Gasparri, N & H Grau. 2006. Agriculture expansion and forest landscape transformation in deciduous Chaco Forest in NW Argentina. ESA International Conference, Mérida, Mexico. <http://abstracts.co.allenpress.com/pweb/esai2006/document/?ID=58544>.
- Giuffré, L; OS Heredia; C Pascale & MM Carbajales. 1997. Formas de fósforo del suelo y su relación con las rotaciones y labranzas. *Revista de la FAUBA* 17: 281-287.
- Heredia, OS; D Cosentino & ME Conti. 2004. Calidad del suelo: intensificación del uso de la tierra y materiales coloidales en Hapludertes de Entre Ríos. *Rev. Científica Agropecuaria* 8: 57-64.
- InfoStat. 2002. InfoStat software estadístico, profesional, versión 1.1. Univ. Nacional de Córdoba. Estadística y Diseño, FCA, 216pp.
- INTA, EERA Reconquista. 2006. La información meteorológica. Precipitaciones mensuales históricas desde el año 1960 a la fecha. <http://www.inta.gov.ar/reconquista/info/meteor.htm>
- Leifeld, J & I Kogel-Knabner. 2005. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use?. *Geoderma* 124: 143-155.
- Page, AL. 1982. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. 2° ed. (Part 2), in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. SSSA, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA, 1159pp.
- Quiroga, A; R Fernández & D Furano. 2005. Materia orgánica en molisoles de la región semiárida pampeana. Influencia sobre propiedades físicas y productividad. Jornadas Nacionales de MO y Sustancias Húmicas, trabajo completo en soporte CD, 11pp.
- Ragonese, AE & JC Castiglione. 1970. La vegetación del Parque Chaqueño. *Bol. Soc. Arg. Bot.*, 11: 133-160.
- Sánchez, MC; OS Heredia; N Bartoloni; C González & N Arrigo. 2006. Secuencias de cultivos y labranzas: efecto sobre las fracciones de carbono del suelo. Resúmenes del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 168.
- SAGyP –CFI. 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina. Alerta amarillo. 287 pp.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. 19th edition, USDA, Natural Resources Service. 332 pp.