

CAPÍTULO 3

CAMBIOS EN PROPIEDADES FÍSICO-HÍDRICA DE SUELOS PERTENECIENTES A UNA MICROCUENCA DEL ARROYO SAUCE CORTO EN LA PAMPAINTERSERRANA SUBHUMEDA ARGENTINA

Data de submissão: 25/01/2021

Data de aceite: 24/02/2021

Eduardo de Sá Pereira¹

Doctor en Agronomía.
Universidad Nacional del Sur
INTA – Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria.
Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez
Área de Manejo de Suelo y Cultivos.
Sauce Corto 589 – (7540) Coronel Suárez
Pcia. de Buenos Aires – ARGENTINA
desapereira.eduardo@inta.gob.ar
CV

Gonzalo Arroquy¹

Lic. en Economía y
Administración Agropecuaria
Universidad de Buenos Aires
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Agencia de Extensión Rural Coronel Suarez
Área de Economía.
Sauce Corto 589 – (7540) Coronel Suárez
Pcia. De Buenos Aires – ARGENTINA
CV

¹ INTA AER Coronel Suárez (EEA Cesáreo Naredo);

² INTA (EEA Anguil).

³ CERZOS (UNS-CONICET).

Agencia de Extensión Rural INTA (EEA C. Naredo). Sauce Corto 589 – (7540) Coronel Suárez, Provincia. de Buenos Aires; Argentina. desapereira.eduardo@inta.gob.ar

Alberto Raul Quiroga²

Doctor en Agronomía
Universidad Nacional del Sur
INTA – Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
EEA Anguil
Estación Experimental Agropecuaria Anguil
“Guillermo Covas” Anguil – Pcia de La Pampa
ARGENTINA.
CV

Cristian Álvarez²

Doctor en Geología
Universidad Nacional de Río Cuarto
INTA – Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
AER General Pico – EEA Anguil
Gral. Pico - Pcia. de La Pampa – ARGENTINA.
CV

Romina Fernández²

Doctora en Agronomía
Universidad Nacional del Sur
INTA - Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
EEA Anguil – Estación Experimental
Agropecuaria Anguil “Guillermo Covas”
Anguil – Pcia de La Pampa – ARGENTINA
CV

Juan Alberto Galantini³

Doctor en Química Agraria
Università degli Studi di Bari, Italia 2001
Comisión de investigaciones Científicas de la
Provincia de Buenos Aires - (CIC).
Centro de Recursos Naturales
Renovables de la Zona Semiárida
CERZOS (CONICE/UNS).
Barrio Altos del Palihue – Bahía Blanca
Pcia. de Buenos Aires. ARGENTINA
<https://orcid.org/0000-0002-4536-8605>

RESUMEN: El sudoeste bonaerense es una región con gran variabilidad climática lo que hace que sus precipitaciones pasen de períodos de escasez, propios de zonas semiáridas, a excesos significativos, propios de regiones húmedas. Los cambios de uso del suelo provocan alteraciones en los aportes y dinámica del carbono orgánico (CO), modificando el nivel de equilibrio. Para conocer los cambios a corto plazo producidos por las prácticas de manejo en el CO total es necesario identificar las fracciones más sensibles: carbono orgánico particulado (COP) y carbono orgánico mineral (COM). El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo asociado a diferentes prácticas de manejo se han producido cambios en las fracciones orgánicas y en algunas propiedades edáficas relacionadas con la dinámica hídrica de los suelos. Los tratamientos consistieron en dos sistemas de manejo de cultivos contrastantes: 100% agrícola vs rotación con pastura y/o campo natural (CN). Se evaluó in situ infiltración, y se tomaron muestras sin disturbar de 0-20 cm de profundidad para determinar conductividad hidráulica, densidad aparente, carbono total y particulado, pH, textura, test proctor y fósforo. Todos los indicadores evaluados mostraron que estos procesos han tenido lugar en los suelos estudiados. Por ejemplo, comparando los valores promedio de densidad aparente, se comprueba una importante disminución en la porosidad total de los suelos A, la cual como muestran diversos estudios tendrían lugar a expensas de pérdidas de la macroporosidad. De tener lugar este proceso descrito también debería haberse modificado el movimiento del agua en el interior del suelo, aspecto que pudo ser comprobado a través de la evaluación de la conductividad hidráulica e infiltración básica. De los mismos se desprende que la disminución de la superficie con pasturas perennes de los últimos 25 años y de la proporción de gramíneas en la rotación, ha incidido sobre la pérdida de COT y COP y porosidad de suelo, comprobándose aumentos en la densidad aparente, encostramiento, y de la susceptibilidad de suelo a compactarse.

PALABRAS CLAVE: Infiltración. Compactación. Conservación. Agriculturización. Erosión.

CHANGES IN THE PHYSICAL-HYDRIC PROPERTIES OF SOILS BELONGING TO A MICRO-BASIN OF THE SAUCE CORTOSTREAM IN THE INTERSERRANA PAMPA SUBHUMEDA ARGENTINA

ABSTRACT: The southwest of Buenos Aires is a region with great climatic variability, which causes its rainfall to go from lean periods, typical of semi-arid areas, to significant excesses, typical of humid regions. Changes in land use cause alterations in the characteristics and dynamics of organic carbon (CO), modifying the balance level. To know the short-term changes produced by the management practices in total CO, it is necessary to identify the most sensitive fractions: particulate organic carbon (COP) and mineral organic carbon (COM). The objective of this work was to evaluate how, associated with different management practices, changes have been produced in organic fractions and in some edaphic properties related to the hydric dynamics of soils. The treatments consisted of two contrasting crop management systems: 100% agricultural vs. rotation with pasture and / or natural field (CN). In-situ infiltration was evaluated, and undisturbed samples from 0-20 cm deep were taken to determine hydraulic conductivity, apparent density, total and particulate carbon, pH, texture, proctor test and phosphorus. All the

evaluated indicators showed that these processes have taken place in the studied soils. For example, comparing the average values of apparent density, an important decrease in the total porosity of the soils A is verified, which as shown by various studies would take place at the expense of macroporosity losses. If this process described take place, the movement water inside the soil should also have changed, aspect that could be compared through the evaluation of the hydraulic conductivity and basic infiltration. From these it can be deduced that the decrease in the surface area with perennial pastures of the last 25 years and the proportion of grasses in the rotation, have influenced the loss of COT and COP and soil porosity, verifying increases in apparent density, crusting, and the susceptibility of soil to compaction.

KEYWORDS: Infiltration. Compaction. Conservation. Agriculturization. Erosion.

RECONOCIMIENTO

Dicha actividad se realizó con el financiamiento y en el marco del Proyecto Especifico de Gestión del Agua en Cultivos de Secano de INTA (cartera 2013-2018), coordinado por el Dr. Cristian Álvarez y por su Proyecto Integrador el Dr. Alberto Quiroga (EEA Anguil).

1 INTRODUCCIÓN

La concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, producto de la actividad humana, viene alterando desde hace varias décadas el clima del planeta, proceso conocido como “cambio climático”. La quema de combustibles fósiles y la destrucción de la vegetación natural, entre otros, son las principales causas de la acumulación de gases. En la Argentina, la emisión de dióxido de carbono per cápita (o huella de carbono) es de 5,7 toneladas al año, muy por debajo de los registros citados en Norteamérica (20 toneladas) o en Inglaterra (11,8 toneladas) (Rusticucci, 2014). Aun así, el efecto colateral del incremento de temperaturas igual afecta a nuestro país. Sin embargo, si bien el sudoeste bonaerense es una región con gran variabilidad climática, con períodos de escasez de precipitaciones propio de zonas semiáridas y con periodos de excesos hídricos propio de regiones húmedas, el cambio climático viene a agravar una problemática ya existente aumentando la intensidad y la frecuencia de eventos extremos, lo que genera mucha incertidumbre y obliga a implementar estrategias de mitigación (Casanovas, 2014). Diversas estimaciones, entre ellas las proporcionadas por el Instituto de Pronóstico del Cambio Climático (1995), indican que la influencia del efecto invernadero daría un incremento de la temperatura media global del orden de 1 a 3°C para el año 2100 (Perillo *et al.*, 1997). El avance del monocultivo de soja o la rotación trigo/soja en el sudoeste bonaerense puede haber generado importantes cambios en propiedades edáficas, principalmente en aquellas influenciadas por disminuciones en los contenidos de materia

orgánica. Estos posibles deterioros del suelo por efecto del manejo junto a los efectos del cambio climático estarían contribuyendo al deterioro de las propiedades físicas del suelo (Sá Pereira *et al.*, 2014).

Los cambios de uso del suelo provocan alteraciones en los aportes y dinámica de la materia orgánica (MO), modificando el nivel de equilibrio. Para conocer los cambios a corto plazo producidos por las prácticas de manejo en la MO total es necesario identificar las fracciones más sensibles como la materia orgánica particulada (MOP) y material orgánico mineral (MOM).

1.1 ANTECEDENTES

Puede decirse que la erosión hídrica es un problema prioritario en la subregión Pampa Ondulada y en particular en el piedemonte de la Sierra de la Ventana (Gáspari *et al.*, 2000). Según datos de estos autores el porcentaje del partido de Coronel Suárez afectado por la erosión ascendía al 59 %. Esta situación se habría agravado por cambios en los sistemas de producción, disminución de la superficie con pasturas y creciente agriculturización. Teniendo en cuenta además que, a principios de la década del 90, en la mayor parte de las sub-cuencas, se realizaban cultivos agrícolas (trigo, maíz, avena) alternando con pasturas perennes, complementando esta rotación con la aplicación de técnicas de manejo del suelo a partir de franjas y curvas de nivel (INTA, 1989). En los últimos años el área dedicada a cultivos anuales se incrementó de un 30 a un 70% con predominio de los cultivos de soja o trigo/soja y en menor medida maíz. La mayor frecuencia de cultivos de verano dio lugar a largos períodos de barbechos entre los mismos (6-7 meses) con muy bajos aportes de residuos y niveles de cobertura de los suelos.

Ante el evidente cambio en el comportamiento hídrico de los suelos, los habitantes de la región, en particular los establecidos en la cuenca hídrica del Arroyo Sauce Corto, comienzan a reunirse por la preocupación ante las crecientes de los arroyos y la problemática de erosión, inundaciones urbanas y la consecuente pérdida de productividad (Gaspari *et al.*, 2000). Bruno *et al.* (1994) utilizando la ecuación de M.U.S.L.E. (Modified Universal Soil Loss Equation) calcularon que en promedio entre 2 y 8 Tn/ha/año correspondería a la pérdida de suelo de cuencas afluentes del arroyo sauce corto.

Durante las últimas décadas del siglo XX y los años transcurridos del presente siglo, en la vertiente norte del Sistema de Ventania se produjeron múltiples eventos de excesos hídricos (inundaciones y anegamientos) que se originaron por precipitaciones de diferente duración y magnitud (Cano, 2019). En estudios llevados adelante por Gentilli *et al.*, 2007 el su equipo de trabajo del Departamento de Geografía de la UNS en la serie Arroyo Corto registraron pérdidas aproximadas de 32 tn/ha/año con pendientes del 1 al 3%.

Un factor clave para el territorio es la rotación de cultivos que contribuye positivamente al manejo de malezas, enfermedades y fertilidad del suelo. Además, permite estratificar el uso del agua y nutrientes del suelo a través de diferentes profundidades efectivas de raíces y mejorar la eficiencia de uso del agua de los cultivos (Copeland *et al.*, 1993; Anderson *et al.*, 2002; Moroke *et al.*, 2005). Covas (1989) señala que la rotación con pasturas perennes es la base para preservar la productividad de los suelos de la “pampa semiárida y subhúmeda”.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DOMINANTES

A partir de muestras de suelo tomadas a campo y de la cartografía edafológica a escala 1:50000 (INTA, 1989) se pudo determinar que el dominio edáfico al que pertenece el área de estudio es el 1, Hapludol lítico, franco fino. (Atlas de Suelos de la República Argentina”, INTA-Castelar). El material originario de los suelos de este Dominio es una delgada capa de loess de menos de 50 cm de espesor, correspondiente al “Bonaerense” de Frenguelli ó “Postlujanense” de Tricart. Este depósito cubre gran variedad de rocas ígneas (granitos-granodioritas), metamórficas (gneises - migmatitas), y sedimentarias (ortocuartitas). La edafización se produjo en el loess y en ningún caso hubo alteración de las rocas subyacentes. Estas solo tienen importancia por ser el límite físico inferior del suelo.

En las partes medias y bajas de las sub-cuencas y asociados a un paisaje de pendientes adyacentes a las Sierras, con superficies onduladas e inclinaciones de hasta 3%, y en presencia de afloramientos de tosca en las partes altas de las lomas, se observaron suelos correspondientes al dominio edáfico 2 (Argiudol). Dentro de los suelos menores se constataron Hapludoles típicos, en el flanco sur de las Sierras, y Argiudoles ácuicos, en las partes más deprimidas.

El perfil de los suelos de esta área corresponde a Argiudoles típicos, los cuales presentan un buen desarrollo con un importante horizonte A que resulta susceptible a la erosión hídrica (Gaspari *et al.*, 2000).

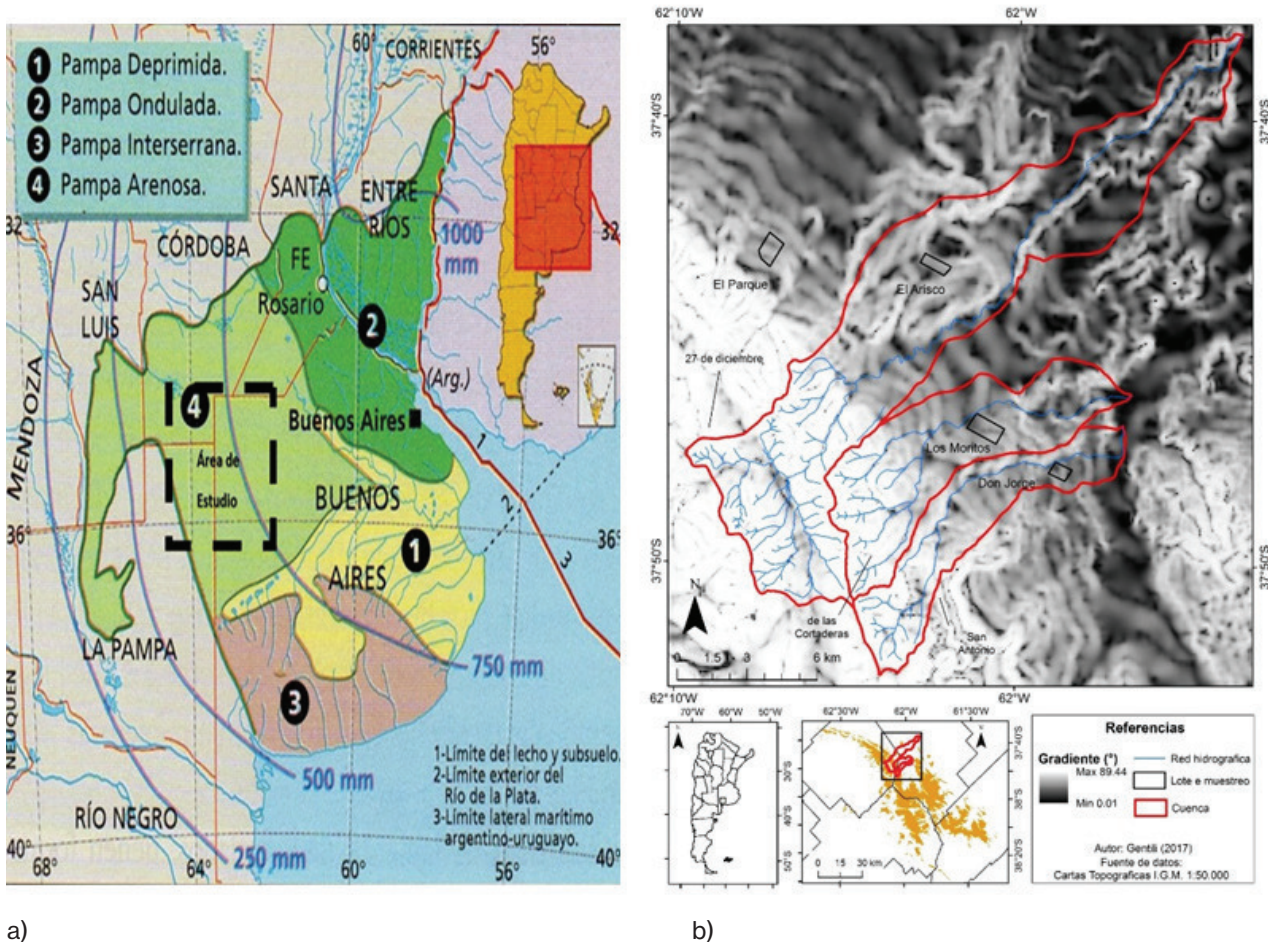
Durante el año 2016 en el marco del Proyecto Específico de Gestión del Agua en Cultivos de Secano, coordinado por Cristian Álvarez y su Integrador por Alberto Quiroga (EEA Anguil), con participación de Eduardo de Sá Pereira, Gonzalo Arroquy (AER Coronel Suárez) y Romina Fernández (EEA Anguil) realizaron una caracterización de sitios en base a indicadores de calidad de suelo. Fueron seleccionados algunos sitios en la cuenca alta (piedemonte de sierra), con la finalidad de evaluar cómo asociado a diferentes prácticas de manejo se han producido cambios en las fracciones orgánicas y en algunas propiedades edáficas relacionadas con la dinámica hídrica de suelos pertenecientes a las sub cuencas del Arroyo “El Hinojo” y “Las Cortaderas” (Figura 2).

1.3 CARACTERÍSTICAS DE CLIMA Y SUELO DE LOS SITIOS EN ESTUDIO

El trabajo fue realizado en establecimientos de la zona de Pie de Sierras (Tabla 1; Figura 1), los cuales pertenecen al área de influencia de la Agencia de Extensión Rural INTA Coronel Suárez en el Pje. "El Hinojo". Los suelos del sector bajo estudio correspondieron a Argiudoles típicos (Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires, 1989) que presenta una secuencia de horizontes Ap-BA-Bt-BC-C (Soil Survey Staff, 2010) de textura franco-arcillo-limosa (69,3 % limo+arcilla) perteneciente principalmente a la serie Arroyo corto.

La Pampa Interserrana (PI) (3) integra la llanura Pampeana Argentina (Figura 1). La región limita al N-NO con el sistema de lagunas Encadenadas, el cual la separa de la Pampa arenosa, al E y O con los dos sistemas serranos Bonaerense de Tandilia Y Ventania respectivamente y al S-SE con el océano atlántico. El estudio se centra en el área periserrana de Sierra de la Ventana, comprendida entre las isoyetas de 500 y 750 mm.

Figura 1: a) "Las Cuatro Pampas" (Adaptado Morello y Solbrig, 1997 citado por Pereyro 2020). b) Mapa de pendiente expresada en grados en los sitios evaluados de las 3 sub-cuencas de Arroyo Sauce Corto, Arroyo de las Cortaderas y 27 de diciembre en la zona de pie de Sierra de Coronel Suárez. (Gentili et al., 2007).



El clima se puede clasificar como templado a moderadamente frío, con precipitaciones media anual de 770 mm, con heladas de hasta -10°C y temperatura media anual de 14°C .

2 METODOLOGÍA

2.1 TRATAMIENTO Y DETERMINACIONES

Los tratamientos consistieron en dos sistemas de manejo de cultivos contrastantes: 100% agrícola (A) vs rotación con pastura de gramínea perenne (P) (Tabla 1) y (Foto 1 y 2). Se tomaron muestras de suelo sin disturbar en 0-20 cm de profundidad y se llevaron a cabo las siguientes determinaciones de las propiedades físicas y químicas en cada uno de los sitios en estudio.

- Determinación de la densidad aparente.
- Determinación de la capacidad de infiltración del suelo con infiltrómetros de anillo simple (5 repeticiones) (Foto 1).
- Muestras de suelo para determinación de fracciones texturales, fraccionamiento de materia orgánica (MOP >50 μm y MOM <50 μm), contenido de fósforo (P) extractable obtenido por el método de Bray y Kurtz (1945) y pH.
- Identificación de zonas afectadas por erosión hídrica mediante observación de espesor del horizonte A, presencia estructura laminar (encostramiento), plantas descalzadas, orientación y traslado de residuos superficiales por el agua a través de la pendiente.
- Evaluación de la susceptibilidad a la compactación, densidad aparente máxima y humedad crítica mediante ensayos de compactación utilizando el test Proctor.
- Distribución de agregados, mediante el tamizado en seco, para obtener las fracciones de ≤ 2 , 2 a 3, 3 a 4, 4 a 8 y ≥ 8 mm de diámetro. Posteriormente a cada fracción de agregados se registró el peso, correspondiente a un volumen de 1000 cm^3 , denominando a este indicador peso volumétrico de los agregados (PVA) y refiriendo los resultados a g cm^{-3} (Fernández *et al.*, 2016).

Tabla 1: Secuencia de cultivos en cada uno de los sitios en estudio, ubicación geográfica y serie de suelo. A: 100% agrícola; P: pastura. RTR/malezas (rastreo de trigo enmalezado)

Año	A1	A2	A3	P1	P2	P3
Latitud	37° 42' 44"	37°43' 45"	37°43' 2"	37° 47' 47"	37° 42' 22"	37° 44' 6"
Longitud	61° 59' 44"	62° 03' 27"	62° 06' 14"	61° 58' 31"	62° 05' 59"	62° 03' 15"
Serie de Suelo	Arroyo Corto	Rancho Grande	Arroyo Corto	Arroyo Corto	La Colina	Arroyo Corto
2006	Cebada	RTR/malezas	Trigo	Soja	CN (prístino)	CN (prístino)
2007	Soja	RTR/malezas	soja	Trigo	CN	CN

Año	A1	A2	A3	P1	P2	P3
2008	Trigo	RTR/malezas	cebada	soja	CN	CN
2009	Soja	Soja	trigo	cebada	CN	CN
2010	Candeal/Trigo	Trigo	soja	Soja	CN	CN
2011	Soja	Soja	Cebada	Cebada	CN	CN
2012	Cebada	Cebada/Soja	soja	Pastura Inicial	CN	CN
2013	Soja	Maíz	cebada	Pastura	CN	CN
2014	Trigo/Cebada	Soja	Trigo	Pastura	CN	CN
2015	Soja	Soja	Cebada	Pastura	CN	CN
2016	Cebada	Cebada/Soja	Soja	Pastura	CN	CN

Foto 1: Evaluación de la captación de agua a partir de la determinación de infiltración.



3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 MUESTRAS DE SUELO

Es importante aclarar como se observa en la Tabla 2 que todos los sitios de muestreo presentaron similar composición granulométrica y altos contenidos de limo que le confieren al suelo una fertilidad física deficiente y altamente dependiente de los contenidos de materia orgánica. Coincidiendo con la mayoría de los investigadores el proceso de agriculturización habría producido en esta región una significativa disminución en los contenidos de materia orgánica (MO), principalmente de las fracciones más lábiles. En relación a los suelos bajo pasturas de gramíneas perennes el material orgánico particulado (MOP) de los sitios A descendió a un 26%. Mientras que el material orgánico mineral (MOM) representó en promedio un 66% de la situación de referencia (CN). En el mismo sentido el Índice de materia orgánica/arcilla + Limo (IMO) experimentó en

promedio una fuerte disminución desde valores de 9 en suelos bajo pasturas a 4,8 en suelos bajo secuencias agrícolas (Tabla 2). Es importante tener presente que en suelos Haplustoles de la Región Semiárida valores de IMO inferiores a 5 caracterizaron sitios con limitaciones en la provisión de nitrógeno y con importantes respuestas a la fertilización (Quiroga *et al.*, 2009). Estos autores comprobaron pérdidas de la fertilidad física cuando el descenso de MO tiene lugar en suelos con contenido de limo superiores al 30%. En estos casos, dependiendo del nivel de cobertura, tienen lugar con frecuencia, encostramientos superficiales y compactaciones subsuperficiales como se muestra en la Foto 2, con fuerte reducción de la infiltración (captación del agua de las precipitaciones), las cuales en áreas con pendiente se traducen en incremento de los escurrimientos. Precisamente los escurrimientos y la pérdida de suelos por erosión hídrica (con anegamientos de caminos rurales) son señalados por los productores como una problemática creciente en la región.

Tabla 2: Resultados de análisis de muestras de suelo de cada sitio de pH, Pe, material orgánico particulado (MOP >50 μ), material orgánico mineral (MOM <50 μ), materia orgánica total (MOT); índice de materia orgánica (IMO) y porcentajes de arena, limo y arcilla.

Sitio.	Limo	Arcilla	Arena	MOT	IMO	MOP %	MOM %	Pe ppm	pH
A1	47,6	21,0	31,4	2,6	3,9	0,24	2,44	10,5	7,4
A2	43,5	16,6	39,9	3,2	5,3	0,32	2,86	6,0	6,0
A3	58,2	14,0	27,8	3,7	5,2	0,36	3,38	20,8	6,0
P1	51,2	14,8	34,1	4,1	6,3	0,86	3,21	15,4	6,3
P2	50,1	14,1	35,8	7,2	11,3	1,14	5,80	50,1	5,8
P3	41,6	13,5	44,9	5,2	9,5	1,32	3,88	60,3	6,7
Media A	49,8	17,2	33,0	3,2b	4,8b	0,31b	2,89b	12,4a	6,5a
Media P	47,6	14,1	38,3	5,5a	9,0a	1,11a	4,30a	41,9b	6,3a

Foto 2: Limitantes por encostramiento: a) perfil Horizonte A somero (menor a 5 cm) y b) agregado compacto con raíces en sentido horizontal por efecto de estructura laminar (porosidad planar).

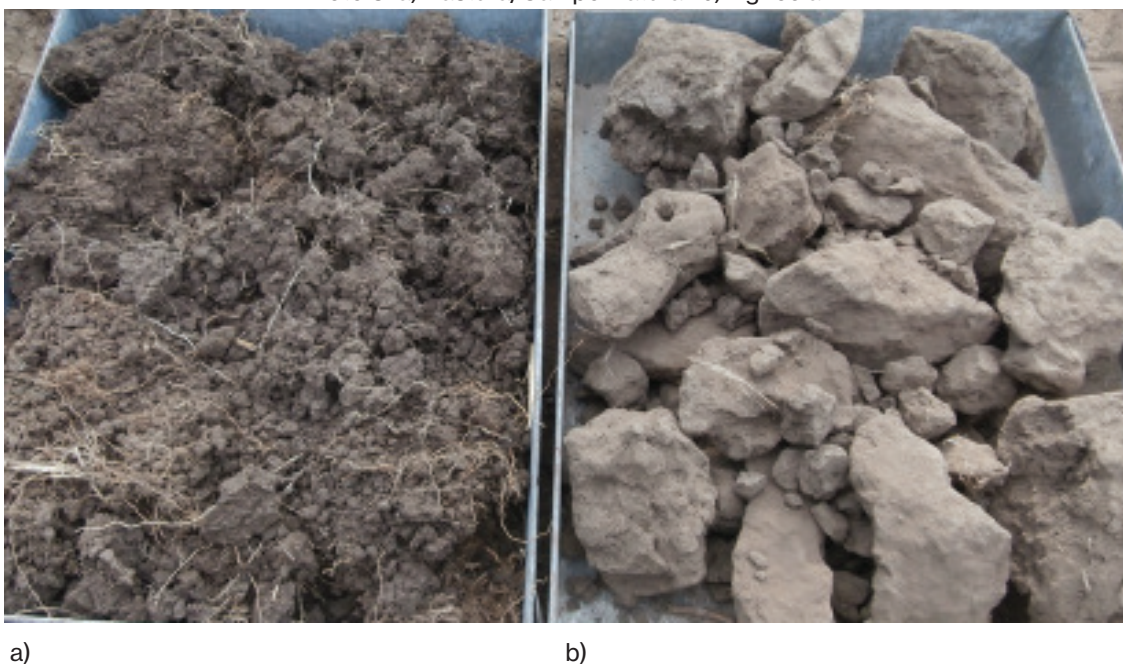


a)

b)

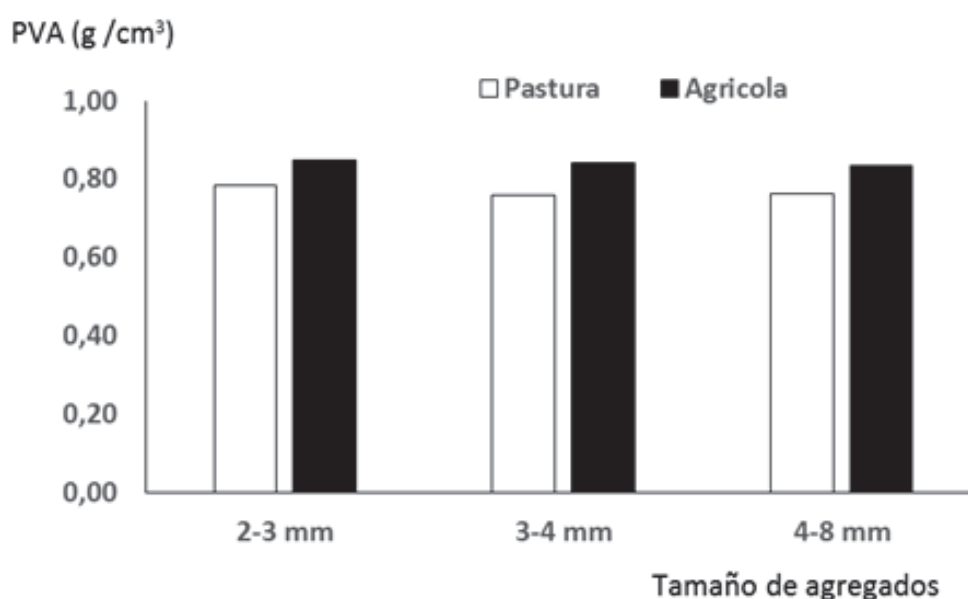
Si bien estos resultados deben considerarse preliminares y/o exploratorios y resulta necesario ampliar el número de sitios y el área de muestreo, las tendencias mostradas por los indicadores nos alertan sobre la significativa influencia que tendría el uso de la tierra sobre la calidad de los suelos. Por ejemplo, en la Tabla 3, comparando los valores promedio de densidad aparente, se comprueba un importante incremento en este indicador y consecuentemente disminución en la porosidad total del horizonte A, la cual como muestran diversos estudios tendrían lugar a expensas de pérdidas de la macroporosidad. De tener lugar este proceso descrito también debería haberse modificado el movimiento del agua en el interior del suelo, aspecto que pudo ser comprobado a través de la evaluación de la conductividad hidráulica (Figura 2). La Tabla 3 muestra valores promedio de 32 y 14 cm³/hora para los suelos bajo pasturas y agrícolas respectivamente, lo cual permite inferir que se requeriría un mayor tiempo para que la precipitación ingrese en los perfiles de suelos influenciados por la agricultura. Ese mayor tiempo en suelos con pendiente implica mayor riesgo de escurrimiento y erosión. Otro indicador utilizado en este estudio es la infiltración que confirma los procesos y el sentido de los cambios en la dinámica hídrica de los suelos expuesta anteriormente por los indicadores (Tabla 3). En la misma se muestra que los valores resultan muy contrastantes: 186 y 36 mm/hora en los perfiles bajo gramíneas perenne y bajo agricultura, respectivamente. Estas diferencias permiten inferir en la menor capacidad que presentan los suelos, principalmente debido a la pérdida de MO influyendo negativamente en los procesos de captación del agua de las precipitaciones. La Foto 3 muestra el desarrollo de la estructura del suelo para ambos manejos poniendo en evidencia una menor biomasa de raíces y agregados más compactos en el manejo con menor contenido de MO.

Foto 3: a) Pastura/Campo Natural. b) Agrícola



Esto último expuesto, puede ser evidenciado en la Figura 2, donde se presenta el peso volumétrico de los agregados (PVA) de 2-3, 3-4 y 4-8 mm de diámetro. En este sentido se encontró mayor PVA en los tres diámetros de agregados, bajo el uso A. Esta diferencia de peso correspondió a 8, 10 y 9 % más peso por unidad de volumen para los diámetros de 2-3, 3-4 y 4-8 mm, respectivamente. Fernández et al. (2016), sugirieron que el PVA sería un indicador práctico, útil y que reflejaría indirectamente la porosidad de los agregados. Estos autores encontraron en la Región Semiárida Pampeana que descensos en los niveles de MO, y sus fracciones debido al uso A, se relacionaron con incrementos en DAM, SC y PVA de los distintos tamaños de agregados, respecto de suelos bajo P.

Figura 2: Peso volumétrico de los agregados de suelo (2-3 mm, 3-4 mm y 4-8 mm), bajo uso agrícola y pastura.



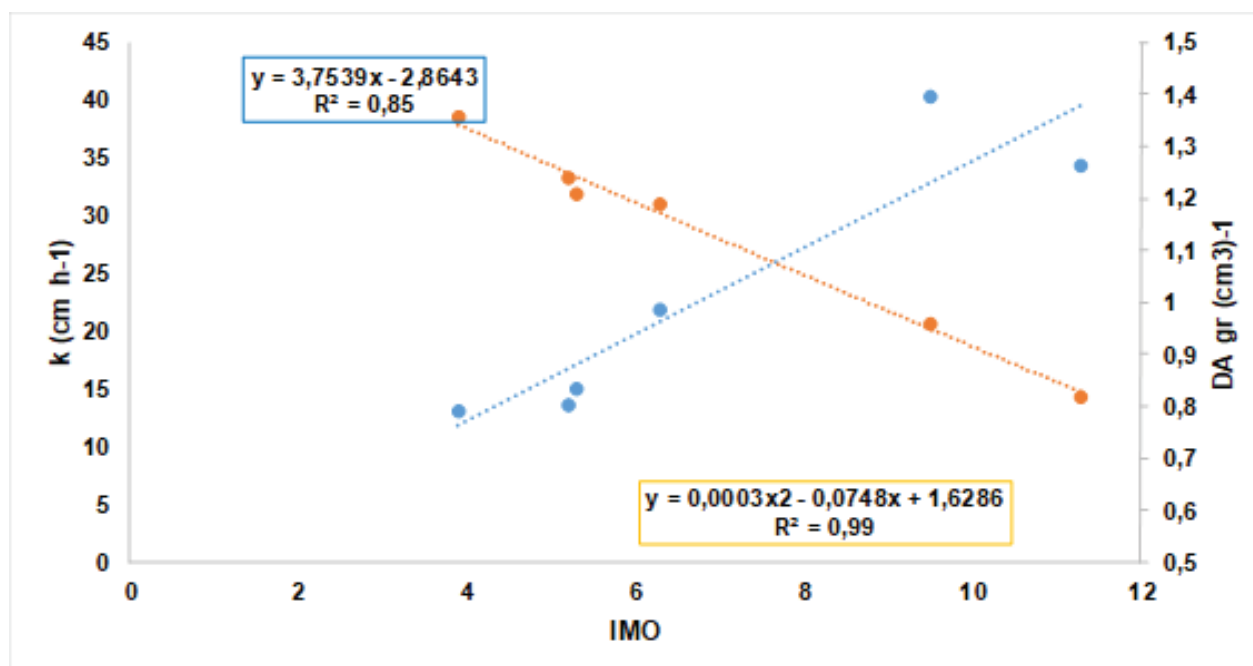
A fin de confirmar y reforzar la información obtenida a partir de los indicadores utilizados se procedió a tomar muestras superficiales de cada uno de los sitios y someterlas en laboratorio a un ensayo de compactación. Cada muestra compuesta de suelo de aproximadamente 10 kg fue dividida en 6 submuestras y llevadas a distintos contenidos de humedad para poder representar distintas situaciones que se pueden presentar a campo. Cada una de estas submuestras fueron sometida a una determinada presión constante y en base a los resultados obtenidos se determinaron los valores de: densidad aparente máxima (DAm), susceptibilidad a la compactación (SC) y humedad crítica (HC) a la cual el suelo es más sensible a perder porosidad cuando es sometido a una presión externa (transito maquinaria, pisoteo ganadería). En la Tabla 3 se muestran los resultados de cada uno de estos indicadores comprobándose que efectivamente los suelos con menor contenido de MO son más susceptibles a compactarse y que bajo una misma presión incrementan en mayor grado la DA, es decir experimentan una mayor pérdida de macroporosidad.

Tabla 3: Densidades aparente (DA, gr/cm³), densidad aparente máxima (DAm), conductividad hidráulica (kg cm³/hora), infiltración promedio (mm/hora), humedad crítica (HC), susceptibilidad a compactación (SC) y compactación relativa (CR), bajo uso agrícola (A) y pastura (P).

Sitios de muestreo	DA	k	Infiltración promedio (mm/hora)	DAm	HC	SC	CR
A 1	1,36 a	13,2 a	24	1,37	23,7	0,17	84,9
A 2	1,21 b	15,13 a	76	1,46	19,7	0,23	93,1
A 3	1,24 bc	13,75 a	8,5	1,43	15,2	0,39	89,7
P 1	1,19 c	21,88 a	55,7	1,31	23,2	0,11	65,7
P 2	0,82 e	34,4 b	231	1,15	27,5	0,11	56,2
P 3	0,96 d	40,28 b	271	1,33	20,6	0,15	81,5

Finalmente, al relacionar los distintos indicadores entre sí, se pudo comprobar que el cambio en el contenido de MO ha incidido sobre los distintos indicadores comprobándose estrecha relación con la DA ($R^2: -0,97$), con la conductividad hidráulica ($R^2: 0,82$), con la DAm ($R^2: -0,87$), con la humedad crítica ($R^2: 0,53$) y con la susceptibilidad a compactación ($R^2: -0,53$). Tanto el IMO como la MOP mostraron estrecha relación con los indicadores mejorando en algunos casos la relación respecto de la MOT. A manera de ejemplo en la Figura 3 se muestra la estrecha relación entre la K y DA en función del IMO.

Figura 3: Relación entre la conductividad hidráulica y densidad aparente (DA) con el Índice de materia orgánica/arcilla + limo (IMO), en Udoles bajo dos manejos contrastantes (agricultura continua y pasturas de gramíneas perennes).



Reiterando lo expuesto, este estudio preliminar pretende aportar elementos objetivos que nos permitan reflexionar/alertar sobre los efectos que los cambios en el uso de la tierra pueden tener sobre indicadores edáficos vinculados con la dinámica hídrica

de los suelos. A partir de esta información pueden plantearse algunos interrogantes como por ejemplo que estrategia de manejo implementar para recuperar parte de los atributos perdidos por el suelo.

4 CONCLUSIONES

Estos resultados exploratorios muestran diferencias importantes en las propiedades de los suelos influenciados por distintas prácticas de uso y manejo.

La disminución de la superficie con pasturas perennes como también la proporción de gramíneas en la rotación, han incidido sobre la porosidad del suelo, comprobándose aumentos en la densidad aparente, encostramiento y mayor susceptibilidad del suelo a compactarse.

El mayor tamaño de los agregados que conforman la masa de suelo, bajo el uso A estaría indicando una pérdida de porosidad interna de los mismos, que podría limitar procesos relacionados a la nutrición de los cultivos y una disminución directa de la captura de agua.

Por otra parte, también se comprueba disminución en la infiltración y movimiento del agua dentro del suelo, con disminuciones muy importante en la infiltración con respecto a suelos bajo gramíneas perennes.

Si bien en el territorio se verifica un incremento de los escurrimientos o excedentes superficiales de agua y de pérdida de suelo por erosión hídrica, que en parte podrían estar vinculados con estos cambios mencionados en las propiedades de los suelos, es necesario considerar que también existen efectos del cambio climático que podrían estar acentuando estos procesos (ej: aumento en la cantidad e intensidad de precipitaciones).

Como fue expuesto anteriormente, las relevancias de estos procesos indican la necesidad de profundizar estos estudios, ampliando el número de casos y área de evaluación, a fin de validar estos resultados exploratorios y de ser necesario elaborar estrategias de recuperación y/o adecuación.

Es importante destacar que sobre este último punto la zona cuenta con experiencia en prácticas conservacionistas tendientes a mejorar la captación del agua de lluvia y reducir las pérdidas de agua por escurrimiento (ej: usos de cultivos de coberturas, curvas de nivel, etc). Las agencias de extensión rural de Torquinst, Saavedra y Coronel Suárez poseen experiencias en estas prácticas desarrolladas en sistemas mixtos de producción donde la superficie de pasturas y gramíneas anuales era importante, principalmente asociadas a unas de las prácticas citadas anteriormente como curvas de nivel y terrazas como forma de conservación del agua. No obstante, las ventajas reconocidas en estas prácticas para mejorar la gestión del agua, las mismas no han tenido continuidad en el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AER Coronel Suárez: 2013. Documento interno de la Agencia de Extensión Rural Coronel Suárez (EEA Bordenave).

Anderson, R; D Tanaka & S Merrill. 2002. Yield and water use of broadleaf crops in a semiarid climate. *Agric. Water Manage.* 58:255-266.

Bruno, JE; FJ Gaspari; ME Presutti; SJ Magnin & CR Orona. 1994. Methods for environmental degradation diagnosis in watersheds – Its application to the basin of Sauce Corto – Province of Buenos Aires – Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Universidad Nacional de La Plata (UNLP) 60 y 118 – La Plata – Argentina – e-mail: jebruno@isis.unlp.edu.ar and Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

Casanovas, M. 2014. Clima desbocado: de las sequías extremas a las inundaciones en apenas cinco meses. Dirección de Economía Ambiental del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). *Diario El Día*. La Plata. 20 de Julio de 2014.

Covas, G. 1989. Evolución del manejo de los suelos en la región pampeana semiárida. *Actas Primeras Jornadas de Suelos de Regiones Semiáridas*, Santa Rosa, La Pampa. 1-12pp.

Copeland, P; R Allmaras; R Crookston & W Nelson. 1993. Corn-soybean rotation effects on soil water depletion. *Agron. J.* 85:203-210.

Fernández, R; A Quiroga & C Álvarez; C Lobartini & E Noellemeyer. 2016. Valores umbrales de algunos indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. *Ciencia del Suelo*. 34: 279-292.

Gaspari, FJ; RM Rickfelder; BA Hauri; G de Otazua & IO Cornely 2000. Método de diagnóstico de degradación ambiental aplicados al estudio de la cuenca del Arroyo Sauce Corto.

Gentili J; V. Gil & Campo A. Factores generadores de erosión hídrica potencial y medidas de mitigación en el partido de Coronel Suárez. En: *Dimensiones humanas del cambio ambiental en Argentina*. In: Tancredi I. & Da Costa Pereira, N. Capítulo 4: Los problemas ambientales vinculados a los recursos hídricos: (pp. 241 – 259). Buenos Aires.

I.N.T.A., 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD ARG 85/019. 525.

I.N.T.A., 1995.

Moroke, T; R Schwartz; K Brown & A Juo. 2005. Soil water depletion and root distribution of three dryland crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:197-205.

Perillo, GME. 1997. Evaluación de la vulnerabilidad de la costa argentina al ascenso del nivel del mar. (editor), PNUD/SECYT ARG/95/G/31 62 pp.

Quiroga, A; R Fernández & E Noellemeyer. 2009. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. 2009. *Soil Tillage Res*, 105, 164-170.

Rusticucci, M. 2014. *Diario La Prensa* directora del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos de la Facultad de Ciencias. Exactas <http://www.laprensa.com.ar/418504-El-cambio-climatico-llego-para-quedarse.note.aspx>. 27 de Enero de 2014.

RIAN 2017. Red de información agropecuaria nacional. Informes periódicos de la AER Coronel Suárez. <http://ssdinta.hostingbahia.com.ar/informes/Informe%20Recorrida%20INTA%20fina%202016-17.pdf>

Sá Pereira, E de; JA Galantini; A Quiroga & MR Landriscini 2014.Efecto de los cultivos de cobertura otoño invernales, sobre el rendimiento y acumulación de N en maíz en el sudoeste bonaerense. Revista de Ciencia del Suelo v 32(2): 219-231.

Sá Pereira, E. de; G. Arroquy; A. Quiroga; C. Álvarez; R. Fernandez; J. Galantini. 2018. Consideraciones sobre algunos cambios en propiedades físico hídrica de suelos pertenecientes a la Cuenca del Arroyo Sauce Corto. Publicación Técnica Nº 108/2016 ISSN 0325-2132. Ediciones INTA. ARGENTINA. 20 pp. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_consideraciones.pdf

Sá Pereira, E. de; G. Arroquy; A. Quiroga; C. Álvarez; R. Fernandez; J. Galantini. 2018. Cambios en propiedades físico-hídrica de suelos pertenecientes a la cuenca del arroyo sauce corto en la región sudoeste bonaerense. XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Miguel de Tucumán. Tucumán.

SOBRE O ORGANIZADOR

EDUARDO EUGENIO SPERS realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSEA e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

Índice Remissivo

A

Ácidos húmicos 120, 121, 123, 130

Active tourism 282, 285

Adsorbentes de bajo costo 296, 297, 298, 299, 306

Agricultura de base ecológica 261, 267

Agricultura familiar 149, 162, 236, 241, 243, 245, 248, 254, 261, 263, 266, 267, 270

Agricultura industrial 228, 229, 230

Agricultura sostenible 160, 220

Agriculturización 41, 43, 47

Agrobiodiversidade 255, 256, 257, 259

Agroecologia 144, 146, 149, 151, 159, 161, 162, 236, 237, 252, 253, 254, 260, 261, 269, 270, 341

Agrofloresta 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151

Agrotóxicos 238, 249, 250, 252, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343

Área de Proteção Permanente 143, 144

Aridez 152, 157

Atividade leiteira 238, 240, 241, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252

Avena sativa 55, 56, 57, 59

B

Baccharis spp 132, 133, 135, 140

Biocompósito 311, 312, 313, 314, 315, 316

C

Caatinga 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214, 215

Callejones 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61

Cambio climático 2, 3, 14, 15, 42, 43, 52, 53, 74, 82, 169, 229, 307

Carboximetilcelulose 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 326, 327

Compactación 41, 46, 48, 50, 51

Comunicação de Riscos 329, 331, 334

Comunidades vegetales funcionales 2, 15

Conhecimento agroecológico 255, 257, 259, 269
Conservação 143, 149, 193, 197, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 256, 260, 282, 290, 291, 292, 294
Conservación 2, 15, 16, 41, 52, 62, 157, 165, 169, 171, 175, 235
Contaminación 25, 38, 221, 223, 227, 235, 297, 298, 299, 307
Contaminación ambiental 221, 227, 299
Cultura 238, 239, 240, 241, 242, 243, 246, 247, 248, 249, 251, 252, 260, 271, 272, 273, 274, 275, 277, 278, 279, 328
Cultura da soja 238, 239, 240, 241, 242, 243, 246, 247, 249, 251, 252

D

Densidad 5, 12, 41, 46, 49, 50, 51, 52, 69, 72, 98, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 180, 181, 183, 184, 185, 187, 188, 328
Desenvolvimento rural sustentável 254, 261, 269, 270, 271
Detección de cambios 65, 66, 67, 69, 70, 72, 78
Dinámica de la vegetación 1, 2, 4, 9, 11, 12, 13
DRX 311, 312, 313, 314

E

Ebenaceae 168, 169, 170, 177, 178
Ecológico 4, 5, 8, 11, 13, 15, 221, 222, 237, 251, 254, 269
Educação ambiental 289, 290, 291, 292, 333
Eficiencia del uso del agua 55, 56
Energías renovables 84, 85
Erosión 16, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 52, 53, 230, 235
Estabelecimento de plântulas 194, 203
Evapotranspiración 56, 57, 58, 67, 96, 116
Extensão rural 238, 241, 246, 248, 254, 260, 261, 263, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 329, 331, 333, 338, 341

F

Fechas de siembra 180, 181, 184, 186, 187, 234, 236
Fertilización 48, 180, 181, 183, 184, 185, 188, 236
Fitoquímica 169, 170

G

Germinação de sementes 194, 202, 206, 208, 209, 210, 212, 213, 214

Gestión 42, 44, 52, 63, 84, 85, 159, 163, 233

Grano 66, 69, 172, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189

H

Herbácea 56, 57, 58, 62, 63, 182, 199

Heritage 280, 281, 282, 283, 287

Horticultura 124, 184, 213, 221, 227, 328

Huerta 131, 152, 153, 154, 155, 157, 158

I

Imágenes Landsat 65, 67, 68

Imágenes multitemporales 65, 69

Indicadores de sustentabilidad 228, 229, 231, 232, 233, 234

Índices de vegetación 65, 66, 67, 68, 69, 71

Inestabilidad climática 2, 5

Infiltración 16, 41, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 156

Insolación 96, 97, 98, 99, 115

Inteligencia computacional 95, 96

Investigación Acción Participativa 228, 229, 237

Irrigation water 24, 26, 27, 28, 29, 190

J

JBR 197, 289, 290, 291, 292, 293

L

Land change modeler 132, 136

Landsat 65, 67, 68, 73, 132, 133, 135, 142

Logística Reversa 329, 330, 331, 332, 333, 334, 336, 338, 340, 341, 342, 343

M

Manejo do solo 121, 124

Manga 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317

Memória hídrica 194, 196, 198, 200, 201, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214

Mezquite 152, 153, 154, 155, 157, 158

Modelo 9, 12, 68, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 124, 142, 143, 145, 146, 152, 154, 157, 158, 163, 228, 230, 231, 242, 250, 255, 256, 257, 262, 267, 282, 301, 322

Montemuro 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

O

Optimización 84, 101, 175, 177, 192, 299

Organo-argilominerais 311, 312, 313

P

Permeability 24, 26, 28, 35, 37, 178

Pesquisa 55, 122, 123, 124, 125, 129, 193, 196, 197, 198, 199, 240, 241, 243, 257, 261, 263, 264, 266, 267, 269, 270, 273, 274, 290, 291, 293, 294, 313, 320, 330, 335, 336, 344

“Picos de Europa” 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288

PLA 26, 29, 38, 311, 312, 313, 314, 315, 316

Plantio 143, 146, 147, 247, 255, 256, 257, 258, 260, 292, 318, 320

Polimérico, 312, 319, 321, 323, 324, 328

Política pública 160, 246

Predicción 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116

Produção de base ecológica 238, 249, 251, 252, 254

Protected area 132, 134, 138

R

Redes alimentarias alternativas 159, 160, 161

Relação E4/E6 121, 126, 129

Remote sensing 73, 132, 133, 135, 141

Restauração Florestal 144, 290

Riego 24, 25, 37, 38, 63, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 95, 101, 154, 156, 180, 181, 183, 184, 185, 188, 189, 235, 308

S

Salinization and sodification 24, 26, 27, 29

Saúde 265, 277, 319, 320, 329, 330, 331, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343

Segmentación de Series Hidrometeorológicas 74, 75, 79

Seguridad alimentaria y nutricional 160, 162, 167

Sementes 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 250, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 292, 293

Silvestre 169, 171, 172, 175

Solos temperados 120, 121, 122, 124

Solos tropicais 120, 121, 123, 125, 126, 129

Sustainable management 24, 283

Sustancia coloidal 220, 221, 222

Sustentable 16, 25, 37, 63, 76, 82, 83, 152, 153, 158, 160, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 169, 170, 171, 176, 177, 189, 230, 231, 233, 237

T

Teatro 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Travel Cost Method 282, 284, 286, 288

V

Variabilidad 41, 42, 75, 79, 84, 89, 182, 183, 184

Z

Zapotillo 169, 171



**EDITORIA
ARTEMIS**