

PROPIEDADES EDÁFICAS DE UN SUELO DEL CALDENAL PAMPEANO EN PARCHES CON DIFERENTE VEGETACIÓN

EDHAPIC PROPERTIES OF A PAMPEAN CALDENAL SOIL IN PATCHES WITH DIFFERENT VEGETATION

Hepper E.N.^{1,*}, M.S. Larroulet¹, V. Belmonte¹ & A.M. Urioste¹

RESUMEN

Los suelos del bosque de Caldén reciben aportes de residuos variables en cantidad y calidad según la vegetación dominante. El objetivo fue analizar si ésta influye sobre algunas propiedades edáficas. Un Haplustol Éntico se muestreó en parches con predominio de especies forrajeras (F), no forrajeras bajo caldén (NF) y arbustivas (A). Se determinaron fracciones de carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo disponible, cationes intercambiables, parámetros de hidrofobicidad e infiltración. El suelo de NF presentó mayor contenido de carbono orgánico total y de sus fracciones, de nitrógeno total y de fósforo disponible. En el suelo de F la densidad aparente fue mayor y el contenido de calcio intercambiable menor. La superficie del suelo del parche F se clasificó como ligeramente repelente al agua, mientras que la de los otros dos suelos como fuertemente repelente. La tasa de infiltración media fue menor en NF y mayor en A, este último presentó la mayor tasa de infiltración final. Estudios de suelos en el caldenal deberán realizarse con un diseño experimental que permita controlar la variabilidad ocasionada por la vegetación dominante sobre su superficie, ya que ésta influye sobre las propiedades edáficas.

PALABRAS CLAVE: nutrientes, hidrofobicidad superficial, infiltración de agua, suelo franco arenoso, bosque de caldén

ABSTRACT

The Caldenal soils receive residues that vary in quantity and quality, according to the dominant vegetation. The aim of this work was to analyze the influence of the vegetation on the edaphic properties of the soil. An Entic Haplustoll was sampled by patches with the predominance of forage species (F), non forage under Calden (NF) and shrub (A). Fractions of organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, exchangeable cations and hydrophobicity and infiltration parameters were determined. The NF soil presented high contents of total organic carbon and its fractions and also a high level of total nitrogen and phosphorous availability. In the F soil was found that the apparent density was higher and the exchangeable calcium content was lower. The surface of the soil in the F patch was classified as slightly water repellent, while the other soils' surfaces were strongly repellent. The medium infiltration rate was lower for the NF patch soil and higher for the A patch soil, which had the highest final infiltration rate. Soil studies in the Caldenal are recommended to be realized with an experimental design that allows controlling the variability that the dominant vegetation causes on the surface, due to the influence that vegetation has on the edaphic properties of the soil.

KEY WORDS: nutrients, surface hydrophobicity, water infiltration, sandy loam soil, caldén forest

INTRODUCCIÓN

El caldenal es una formación boscosa característica de la región central semiárida templada

de Argentina. En la actualidad posee una gran heterogeneidad estructural con la vegetación distribuida en parches por efecto del pastoreo (Mo-

¹ Facultad de Agronomía - UNLPam, CC300 (6300) Santa Rosa La Pampa.
* hepper@agro.unlpam.edu.ar

rici *et al.*, 2009). Se puede distinguir un estrato arbóreo en el que domina *Prosopis caldenia* Burkart, un estrato arbustivo, de muy variable composición florística, y un estrato herbáceo en el que se pueden encontrar especies de porte bajo, generalmente con buen valor forrajero (*Poa ligularis* Nees ex Steud., *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack., *Nassella tenuis* (Phil.) Barkworth, entre otras) y especies de altura intermedia de poco o nulo valor forrajero (*Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth, *Jarava ichu* Ruiz & Pav., *Amelichloa brachychaeta* (Godr.) Arriaga & Barkworth) (Llorens & Frank, 1999, Morici *et al.*, 2009). Las características de este ecosistema, entre ellas las propiedades físicas y químicas de los suelos, son variables y dependen de las condiciones ambientales y del manejo. En esta región los suelos de mayor representatividad espacial son los Haplustoles y Ustipsamentes (Adema, 2003).

En un trabajo previo realizado por Trucco *et al.* (2006) en suelos correspondientes a dos sitios de la región del caldenal, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para las variables edáficas analizadas, lo que se atribuyó a la heterogeneidad espacial en la distribución de los nutrientes del suelo. Los autores plantean que ésto podría estar asociado a la diferente cobertura vegetal que presentaron las muestras.

Las distintas especies arbóreas y las combinaciones de éstas con especies herbáceas representan aportes diferentes al contenido de C y N edáficos. Estas diferencias radican fundamentalmente en la distribución de la biomasa vegetal (Vázquez, 2008). A su vez, la vegetación a través de sus raíces, modifica la actividad microbológica y la relación materia orgánica fracción mineral (Angers & Mehuys, 1990). La transformación biológica de los residuos orgánicos es característica de cada sistema y es un factor determinante en la liberación de nutrientes. La tasa de descomposición de los restos vegetales que se depositan sobre el suelo se rige por las condiciones de temperatura y humedad y por la naturaleza química y física de éstos. La cubierta forestal influye en todos estos factores y por lo tanto en el ciclo de nutrientes (Prescott, 2002). Asimismo, el contenido de materia orgánica es especialmente importante en ambientes semiá-

ridos, ya que influye favorablemente sobre la dinámica del agua y de los nutrientes (Galantini *et al.*, 2008). Es por esto que un aporte diferencial de residuos vegetales influirá en la fertilidad física y química del suelo. Un suelo que recibe mayor aporte de residuos vegetales presentará mayor contenido de carbono orgánico y de nutrientes provenientes de la descomposición de la broza.

Los órganos de las plantas poseen compuestos hidrofóbicos en su estructura, los cuales pueden pasar al suelo de diferentes formas: a través de la descomposición de sus restos, en forma de exudados o bien pueden ser arrastrados de la superficie del vegetal por el agua de lluvia. El género *Prosopis* es citado por DeBano (1981) y Doerr *et al.* (2000) como relacionado con la repelencia al agua de los suelos. Jaramillo Jaramillo (2006) afirma que en un suelo humedecible y seco, el proceso de humedecimiento inicial es rápido debido a las altas fuerzas de atracción que se generan entre los sólidos del suelo y el agua; sin embargo, este proceso puede llegar a ser extremadamente lento en suelos que, estando secos, presentan materiales hidrofóbicos. Wilkinson & Miller (1978) encontraron que la tasa de infiltración en un suelo con superficie repelente al agua fue sólo el 20 % de la tasa observada en un suelo adyacente no repelente. El flujo de agua a través del perfil de suelos hidrofóbicos produce patrones de humedecimiento irregulares. Esto reduce el volumen de suelo húmedo en el horizonte superficial, donde se da el mayor desarrollo radical, por lo tanto habrá menor cantidad de agua disponible para las plantas, afectándose también la germinación de las semillas (Jaramillo Jaramillo, 2011). La información disponible sugiere que suelos de parches que estén bajo la influencia del caldén presentarán una superficie hidrofóbica, esta podría disminuir la captación de agua o producir un humedecimiento irregular del horizonte superficial.

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos del tipo de vegetación dominante sobre propiedades físicas y químicas de un suelo del caldenal pampeano de textura franco arenosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un potrero de 20 hec-

táreas ubicado en un establecimiento situado a 40 km al NO de la ciudad de Santa Rosa (lat 36° 29' 00" S, long 64° 37' 00" W). El mismo es utilizado para pastoreo. El suelo de este potrero fue clasificado como Haplustol Éntico. Dentro de este potrero se seleccionaron diferentes parches definidos como áreas con grupos de recursos homogéneos internamente que difieren de las áreas vecinas (Barrows, 1996):

Parche F: con estrato gramíneo-herbáceo dominado por especies forrajeras con predominio de *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hack., acompañado de *Poa ligularis* Nees ex Steud., como especie secundaria.

Parche NF: con estrato gramíneo-herbáceo, bajo caldén (*Prosopis caldenia* Burkart), dominado por especies no forrajeras de las cuales las más abundantes son *Jarava ichu* Ruiz & Pav., *Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth y *Ameilichloa brachychaeta* (Godr.) Arriaga & Barkworth.

Parche A: con predominio de rebrotes de *Prosopis caldenia* Burkart y el estrato gramíneo-herbáceo dominado por *Jarava ichu* Ruiz & Pav., *Nassella tenuissima* (Trin.) Barkworth y *Ameilichloa brachychaeta* (Godr.) Arriaga & Barkworth.

Dentro del potrero se ubicaron 5 sitios de muestreo para cada parche y en cada uno de ellos se tomaron 3 submuestras de suelo. En función de las variables edáficas a determinar se realizaron diferentes tipos de muestreo.

Para la determinación de densidad aparente (DA) por el método de los cilindros (Schlichting *et al.*, 1995) y humedad edáfica por gravimetría se tomaron muestras de suelo sin disturbar de los primeros 6 cm del perfil.

Para realizar los análisis químicos y granulométricos se muestrearon los primeros 2,5 cm del perfil incluyendo la capa de broza. Estas muestras fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm y se les determinó: pH en agua (relación 1:2,5) por potenciometría; fósforo disponible (Pd) por el método Bray Kurtz I (Bray & Kurtz, 1945); carbono orgánico total (COT) por el método de oxidación húmeda (Walkley & Black, 1934); cationes intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+}) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) por

extracción con solución de acetato de amonio 1 mol/dm³ a pH 7 y posterior determinación en el extracto de Ca^{2+} y Mg^{2+} por titulación con EDTA y K^{+} y Na^{+} por fotometría de llama (Jackson, 1970); granulometría por el método de la pipeta de Robinson (Schlichting *et al.*, 1995). Sobre las mismas muestras se realizó el fraccionamiento físico del suelo por tamaño de partícula mediante tamizado en húmedo (Galantini, 2005), obteniéndose dos fracciones: 2000-100 μm y 100-56 μm . En cada una de dichas fracciones se determinó el contenido de carbono orgánico por el método de Walkley & Black, obteniéndose el contenido de carbono orgánico particulado (COP) y carbono orgánico mineral (COM1) respectivamente. El contenido de carbono en la fracción menor de 56 μm (COM2) se calculó con la siguiente expresión: $\text{COM2} = \text{COT} - (\text{COP} + \text{COM1})$. El contenido de nitrógeno total (Nt) se determinó por el método Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982) sobre muestras compuestas obtenidas a partir de las 3 submuestras de cada parche. Para cada muestra de suelo se calculó la relación COT/Nt.

Para evaluar parámetros relacionados con hidrofobicidad, en cada uno de los parches se tomaron muestras de suelo sin disturbar de los primeros 2,5 cm y se les determinó la persistencia de la repelencia al agua en superficie con el test del tiempo de penetración de la gota de agua al suelo (WDPT) (Dekker & Ritsema, 2000). Posteriormente, sobre las muestras disturbadas se midió el grado de repelencia (GR), como una medida de la resistencia que opone el suelo al humedecimiento por el agua siguiendo el método propuesto por Dekker (1998).

Para determinar los parámetros de infiltración, en cada parche de vegetación, se tomaron 3 muestras de suelo de 21 cm de diámetro y 6 cm de profundidad y se trasladaron sin disturbar al laboratorio donde se les determinaron las tasas de infiltración media (InfM) y final (InfF) utilizando un simulador de lluvia portátil (Iruetia & Mon, 1994).

El análisis estadístico de cada variable se realizó utilizando modelos lineales mixtos (Littell *et al.*, 2006). Para comparar las medias entre parches de la mayoría de las variables estudiadas se utilizó el método de comparaciones múltiples,

LSD Fisher, mientras que para los parámetros de hidrofobicidad (WDPT y GR) y de infiltración (InfM y InfF) dicha comparación se realizó por medio de pruebas de contrastes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de todos los parches de vegetación evaluados fueron de textura franco arenosa, con contenidos medios de arena, limo y arcilla de 71,1%, 19,6% y 9,3% respectivamente para el suelo del parche A, de 66,7%, 22,1% y 11,2% respectivamente para el suelo del parche F y de 66,6%, 12,8% y 20,5% respectivamente para el suelo del parche NF. En la Tabla 1 se presentan los valores de pH en agua, Pd, COT, Nt y COT/Nt. El suelo del parche NF presentó mayor contenido de COT respecto de los otros dos ($p < 0,05$). Numerosos autores demostraron que los contenidos de limo+arcilla definen en gran medida los contenidos de materia orgánica en suelos de la región semiárida pampeana (Buschiazzo *et al.*, 1991; Hevia *et al.*, 2003; Quiroga *et al.*, 2008; Galantini *et al.*, 2008). Debido a que el contenido de las fracciones finas no difiere entre los suelos estudiados, no se puede atribuir a esta propiedad edáfica la diferencia encontrada

en COT. Su mayor acumulación en el suelo del parche NF resulta del balance entre los ingresos y egresos al sistema. La estructura y la cantidad de vegetación presentes en él favorecen un mayor aporte de residuos vegetales al suelo. Este parche además del estrato herbáceo, presenta un estrato arbóreo con dominio de *Prosopis caldenia* Burkart. Asimismo la cobertura vegetal fue mayor debido a que las especies dominantes no son consumidas por los bovinos (Morici *et al.*, 2009a). Por otra parte, la biomasa aérea en el estrato graminoso-herbáceo del parche NF fue mayor que en el parche F, con valores de 10000 kg/ha y 2500 kg/ha respectivamente, (Morici *et al.*, 2009b). En el parche NF la descomposición de los residuos vegetales podría estar restringida por la presencia de los árboles y por la mayor cobertura del suelo, tanto por vegetación como por broza (Figura 1), factores que determinan una menor temperatura del suelo. Buschiazzo *et al.* (2004) afirman que la influencia que la canopia arbórea ejerce sobre la distribución de la materia orgánica se debe a su efecto sobre la temperatura. Otros factores que podrían restringir la descomposición de los residuos vegetales son las características químicas y físicas del sus-

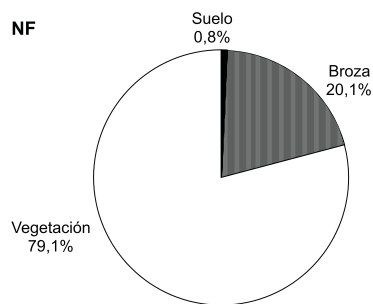
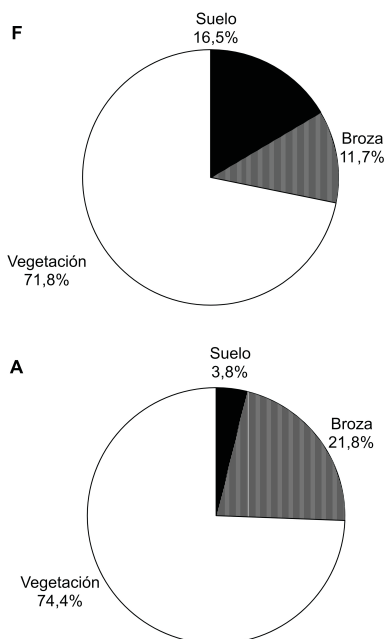


Figura 1. Distribución de la vegetación, broza y suelo desnudo en los diferentes parches de vegetación estudiados: forrajera (F), no forrajera bajo calden (NF) y arbustiva (A).

Figure 1. Vegetation, litter and bare soil distribution at different vegetation patches studied: forage (F), non forage under calden (NF) and shrub (A).

trato y la composición y abundancia de la biota del suelo (Berg, 2000; Prescott *et al.*, 2000).

El contenido de Nt del suelo del parche NF fue significativamente mayor que el del parche F, no diferenciándose del contenido del suelo del parche A (Tabla 1). El mayor contenido de Nt observado en el suelo del parche NF se explicaría por la presencia de la leguminosa *Prosopis caldenia* Burkart que favorece la fijación biológica de nitrógeno, asimismo la presencia en este parche de estrato arbóreo determina un aporte importante de broza procedente de la canopia y consecuentemente de ingreso de nutrientes al suelo como nitrógeno y fósforo (Prescott, 2002). La relación COT/Nt de los suelos no presentó diferencias significativas entre los parches, indicando que posiblemente no difieren en la calidad de la materia orgánica. El contenido de fósforo disponible en el suelo con cobertura vegetal dominada por especies no forrajeras bajo caldén fue significativamente mayor que en los otros dos suelos (Tabla 1). En diversos bosques se ha encontrado que cantidades significativas de fósforo, como así también de nitrógeno, retornan al suelo a través de los restos de hojas, tejidos reproductivos y ramas finas provenientes de la copa de diferentes especies arbóreas (Laiho

& Prescott, 1999). El menor contenido de Pd en el suelo del parche A respecto de NF podría explicarse no sólo por el menor aporte de broza sino también por el mayor valor de pH encontrado en el suelo del parche A, condición que favorece la solubilización de los fosfatos de calcio predominantes en estos suelos (Buschiazio *et al.*, 2000). Mientras que el menor contenido de Pd en el suelo del parche F se debería a menores ingresos desde la biomasa aérea (Morici *et al.*, 2009b) y mayor pérdida de nutrientes debido a la extracción por el pastoreo del estrato gramíneo-herbáceo.

En la Figura 2 se presentan los valores medios estimados de los contenidos de las diferentes fracciones de carbono orgánico. En el suelo del parche NF el contenido de cada una de ellas fue mayor que en los suelos de los parches F y A, con excepción de la fracción COM1 para la que no se detectaron diferencias significativas en los contenidos entre los suelos de los parches NF y A. Asimismo, en el suelo del parche F los contenidos de COP y COM1 fueron menores que en el del A, mientras que no se detectaron diferencias significativas en el contenido de COM2. El COP representó un 54%, 43% y 36% del contenido de COT en el suelo de los parches NF, A y

Tabla 1. Medias estimadas correspondientes a pH, contenidos de fósforo disponible (Pd), carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (Nt) y relación carbono orgánico total/nitrógeno total (COT/Nt), de suelos de diferentes parches de vegetación: forrajera (F), no forrajera bajo caldén (NF) y arbustiva (A). Letras diferentes dentro de una misma variable indican diferencias significativas entre los diferentes parches de vegetación ($p < 0.05$).

Table 1. Estimated means for pH, available phosphorus content (Pd), total organic carbon content (COT), total nitrogen content (Nt) and the ratio total organic carbon/total nitrogen (COT/Nt), of soils with different vegetation patches: forage (F), non forage under Calden (NF) and shrub (A). Different letters within the same variable indicate significant differences between different vegetation patches ($p < 0.05$).

Parches de Vegetación	pH	Pd (mg kg ⁻¹)	COT	Nt	COT/Nt
			(g kg ⁻¹)		
F	6,24 ab	35,69 b	13,82 b	1,14 b	14,05 a
NF	6,00 b	76,44 a	38,81 a	2,81 a	14,21 a
A	6,65 a	33,07 b	20,88 b	1,57 ab	14,20 a

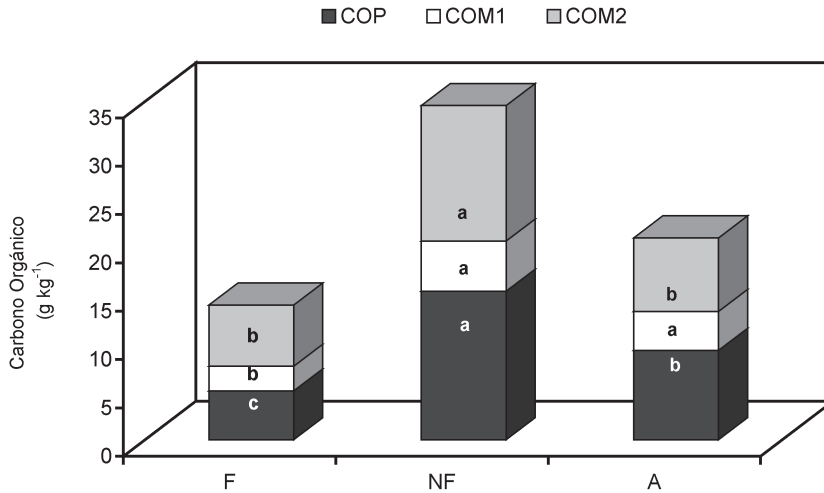


Figura 2. Valores medios estimados de carbono orgánico total particionados en los contenidos de diferentes fracciones, COP (asociado a la fracción granulométrica comprendida entre 2000 – 100 μm), COM1 (asociado a la fracción granulométrica comprendida entre 100 – 56 μm) y COM2 (asociado a la fracción granulométrica menor de 56 μm), de suelos de diferentes parches de vegetación: forrajera (F), no forrajera bajo caldén (NF) y arbustiva (A). Letras diferentes dentro de una misma variable indican diferencias significativas entre los diferentes parches de vegetación ($p < 0.05$).

Figure 2. Average estimated values of total organic carbon contents, which are partitioned into different fractions, COP (associated with the size fraction between 2000-100 microns), COM1 (associated with the size fraction between 100 to 56 microns) and COM2 (associated with the size fraction of less than 56 μm) of soils with different vegetation patches: forage (F), non forage under calden (NF) and shrub (a). Different letters within the same variable indicate significant differences between different vegetation patches ($p < 0.05$).

F respectivamente. El mayor porcentaje de COP, carbono asociado a la fracción mineral más gruesa, en el suelo del parche NF indicaría condiciones menos favorables para la transformación del material orgánico que ingresa al suelo (Galantini *et al.*, 2008), esto podría deberse a que la sombra de los árboles y la mayor cobertura de broza reducen la temperatura del suelo y disminuyen la actividad microbiana (Young, 1997). Corroborando esto se encontró que en el suelo del parche NF la proporción de COM2, carbono asociado a la fracción limo mas arcilla, respecto de COT fue menor que en el suelo del parche F (36% y 46% respectivamente).

En la Figura 3 se puede observar que en estos suelos bajo cualquier tipo de vegetación el Ca^{2+} es el catión predominante en el complejo de in-

tercambio. El contenido del mismo es significativamente menor en el suelo del parche F comparado con el del NF y el del A. Esto podría deberse a la extracción diferencial de nutrientes producida por el pastoreo de las especies forrajeras y a una menor retención en la capa superficial debido a que en este suelo es menor el contenido de materia orgánica asociada a la fracción mineral (COM1+COM2) (Figura 2), la que actúa como reservorio de nutrientes. El contenido de los demás cationes, el valor de CIC y el porcentaje de saturación de bases no presentaron diferencias significativas entre los suelos de los tres parches.

En la Tabla 2 se presentan los valores de los parámetros relacionados a la presencia de repelencia al agua en los suelos, WDPT y GR. En

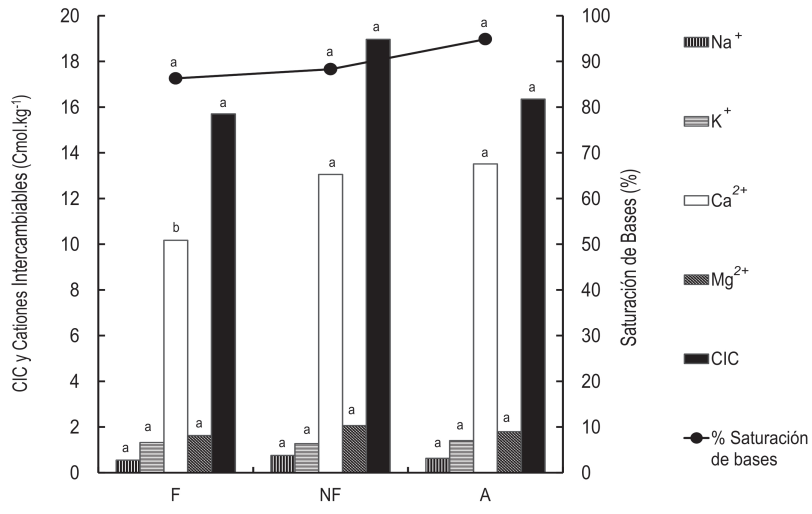


Figura 3. Contenidos medios estimados de cationes intercambiables (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺), valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de saturación de bases de suelos de diferentes parches de vegetación: forrajera (F), no forrajera bajo caldén (NF) y arbustiva (A). Letras diferentes dentro de una misma variable indican diferencias significativas entre los diferentes parches de vegetación ($p < 0.05$).

Figure 3. Average estimated contents of exchangeable cations (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺), cation exchange capacity values (CIC) and base saturation percentage of soils with different vegetation patches: forage (F), non forage under calden (NF) and shrub (A). Different letters within the same variable indicate significant differences between different vegetation patches ($p < 0.05$).

función de los valores de ambas variables y basándonos en Dekker (1998) y Dekker & Ritsema (2000), podemos clasificar la superficie del suelo del parche F como ligeramente repelente, mientras que las del NF y A como fuertemente repelentes. La media estimada de GR fue significativamente diferente entre los suelos de los parches comparados, presentando mayor resistencia al humedecimiento por el agua el suelo del parche NF y menor el del F. En el estrato arbóreo del parche A y en el parche NF predomina el género *Prosopis*, mencionado por algunos autores como uno de los responsables de aportar sustancias que generan hidrofobicidad en el suelo (Doerr *et al.*, 2000). La media estimada de WDPT sólo fue estadísticamente diferente entre los suelos de los parches F y A (Tabla 2). El hecho de no encontrar diferencias significativas en las medias de esta variable entre los suelos de los parches NF y F y entre las de NF y A podría

deberse a la alta variabilidad que presenta la respuesta al agua en el suelo (Wallis & Horne, 1992). Entre otros factores que afectan a esta propiedad edáfica y que son difíciles de controlar se mencionan el contenido y la distribución de ciertos tipos de materia orgánica, la permeabilidad intrínseca del suelo, la distribución de la humedad y la textura (Jaramillo Jaramillo, 2011).

En la Tabla 2 también se presentan los valores de los parámetros de infiltración medidos. Los tres suelos difieren significativamente en la InfM siendo menor para el del parche NF y mayor para el del A, mientras que la InfF del suelo del parche A es mayor que la de los otros dos no diferenciándose entre los suelos de los parches NF y F. El comportamiento de los parámetros de infiltración no estuvo asociado a la presencia de capas repelentes al agua, ya que el suelo con cobertura vegetal dominada por no fo-

Tabla 2. Medias estimadas correspondientes a humedad, densidad aparente (DA), persistencia de la repelencia al agua (WDPT), grado de repelencia (GR), tasa de infiltración media (InfM) y de Infiltración final (InfF), de suelos de diferentes parches de vegetación: forrajera (F), no forrajera bajo caldén (NF) y arbustiva (A). Letras diferentes dentro de una misma variable indican diferencias significativas entre los diferentes parches de vegetación ($p < 0.05$).

Table 2. Estimated means for moisture, bulk density (BD), persistence of water repellency (WDPT), repellency degree (GR), average infiltration rate (InfM) and final infiltration rate (InfF), of soils with different vegetation patches: forage (F), non forage under calden (NF) and shrub (A). Different letters within the same variable indicate significant differences between different vegetation patches ($p < 0.05$).

Parches de Vegetación	Humedad (%)	DA (g.cm^{-3})	WDPT (s)	GR (%)	InfM (mm.h^{-1})	InfF (mm.h^{-1})
F	25,74 a	1,06 a	28 b	2 c	31,8 b	28 b
NF	25,49 a	0,86 b	113 ab	14 a	18 c	26 b
A	22,69 a	0,91 b	585 a	8 b	60 a	59 a

rrajerías presentó menor valor de InfM y de InfF comparado con el suelo del parche A, si bien ambos poseen una superficie fuertemente repelente. Los mayores valores de las tasas de infiltración en el suelo del parche A se deberían a que las capas hidrofóbicas generalmente son discontinuas, y el agua ingresa al suelo por vías rápidas de infiltración como grietas y canales de raíces o generados por la mesofauna, produciendo un patrón de humedecimiento irregular (Dekker & Ritsema, 2000) como se puede observar en la Figura 4.

El suelo del parche F presentó mayor densi-

dad aparente que los suelos de los parches A y NF, los que no se diferencian entre sí respecto de esta variable (Tabla 2). El mayor valor de DA del suelo del parche F podría deberse a que este presentó el menor contenido de materia orgánica, situación que lo hace más susceptible a la compactación frente al manejo ganadero que se aplica en este potrero.

CONCLUSIÓN

En los suelos de parches con vegetación dominante no forrajera bajo caldén, la presencia de estrato arbóreo, la mayor biomasa aérea y de co-

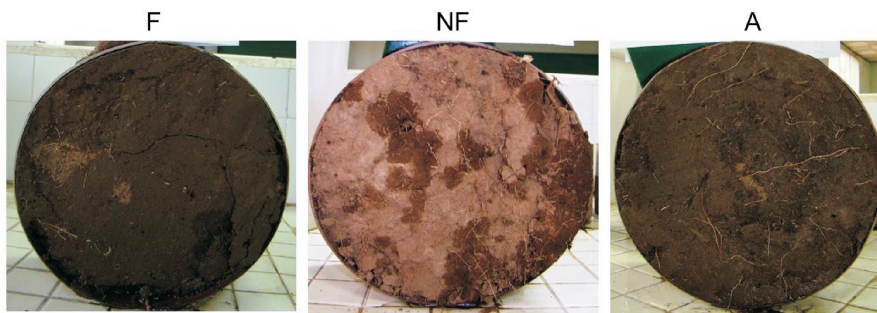


Figura 4. Ingreso de agua en los primeros 6 cm del perfil en suelos de diferentes parches de vegetación: forrajera (F), no forrajera bajo caldén (NF) y arbustiva (A).

Figure 4. Water ingress into first 6 cm soil profile in soils with different vegetation patches: forage (F), non forage under calden (NF) and shrub (A).

bertura vegetal y broza, determinan que reciban un mayor aporte de materia orgánica fresca, la que se acumula debido a que las condiciones para su transformación son menos favorables. La presencia de una leguminosa en este parche contribuiría al mayor contenido de nitrógeno total encontrado, mientras que la canopia vegetal a través de los restos de hojas, tejido reproductivo y ramas finas realiza un aporte significativo de nutrientes como nitrógeno, fósforo y calcio a este suelo.

Por otra parte, la presencia de capas repelentes al agua en la superficie del suelo no siempre se asoció con una menor tasa de infiltración, como ocurrió en el suelo con vegetación arbustiva, con gran cantidad de grietas y canales originados por la actividad biológica o dejados por la descomposición de la raíces, los que provocaron el ingreso de agua por flujo preferencial y el humedecimiento irregular del suelo.

Por todo lo expuesto anteriormente podemos concluir que la vegetación dominante sobre la superficie del suelo en el bosque de caldén influye en las propiedades edáficas. Esto nos permite afirmar que estudios de suelos en esta área deberán realizarse con un diseño experimental que permita controlar la variabilidad ocasionada por la vegetación dominante.

BIBLIOGRAFÍA

- Adema E.O., F.J. Babinec, D.E. Buschiazzo, M.J. Martín & N. Peinemann. 2003. Erosión Hídrica en suelos del caldenal. INTA, EEA Anguil. Publicación Técnica N° 53, 34 p.
- Angers D.A. & G.R. Mehuys. 1990. Barley and alfalfa cropping effects on carbohydrate contents of clay soil and its size fractions. *Soil. Biol. Biochem.* 22: 285-288.
- Barrows E.M. 1996. Animal Behavior Desk Reference: A Dictionary of Animal Behavior, Ecology and Evolution. 2° ed. USA. CRC Press. 672 p.
- Berg B. 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecol. Manag.* 133: 13-22.
- Bray R. & L. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner J.M. & C.S. Mulvaney. 1982. Total Nitrogen. *En: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological properties (A.L. Page et al eds.)*. 2° ed. Am. Soc. Agronomy Soil Sci. Soc. Wisconsin, USA. pp. 595-624.
- Buschiazzo D.E., A. Quiroga & K. Stahr. 1991. Patterns of organic matter distribution in soils of the Semiarid Argentinean Pampas. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 154: 437-441.
- Buschiazzo D.E., G.G. Hevia, A.M. Urioste & E.N. Hepper. 2000. Cultivation effects on phosphate forms and sorption in loess soils of Argentina. *Soil Sci.* 165: 427-436.
- Buschiazzo D.E., H.D. Esterlich, S.B. Aimar & F.J. Babinec. 2004. Soil texture and tree coverage influence on organic matter. *J. Range Manage.* 57: 511-516.
- DeBano L.F. 1981. Water repellent soils: a state-of-the art. USDA Forest Service, General Technical Report PSW-46. Berkeley, California.
- Dekker L.W. 1998. Moisture variability resulting from water repellency in Dutch soils. Doctoral Thesis. Wageningen Agricultural University. The Netherlands. p. 240.
- Dekker L.W. & C.J. Ritsema. 2000. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. *J. Hidrol.* pp.148-164 231-232.
- Doerr S.H., R.A. Shakesby & R.P.D. Walsh. 2000. Soil water repellency, its characteristics, causes and hydro-geomorphological consequences. *Earth Sci. Rev.* 51: 33-65.
- Galantini J.A. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. *En: Manual Tecnología en Análisis de Suelos: Alcances a laboratorios agropecuarios (L. Marban & S. Ratto eds.)*. AACs. Argentina. pp. 95-106.

- Galantini J.A., J. Iglesias, M. Landriscini, L. Suñer & G. Minoldo. 2008. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. *En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina* (J.A. Galantini ed.). EdiUNS. Bahía Blanca, Argentina. pp. 71-95.
- Hevia G., D. Buschiazzo, E. Hepper, A. Urioste & E. Anton. 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, texture and management. *Geoderma* 116: 265-277.
- Irurtia C.B. & R. Mon. 1994. Microsimulador de lluvia para determinar infiltración a campo. INTA, Centro de Investigación de Recursos Naturales. Publicación N° 176. Argentina.
- Jackson M.L. 1970. Análisis Químico de Suelos (J. Beltrán Martínez trad.). Ediciones Omega, 2° ed. Barcelona, España. 662 p.
- Jaramillo Jaramillo D.F. 2006. Repelencia al agua en suelos: una síntesis. *Rev. Acad. Colom. Cienc.* 30(115): 215-232.
- Jaramillo Jaramillo D.F. 2011. Repelencia al agua en Andisoles de Antioquía (L.I. Aguilar Zambrano *et al.* eds.). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. 220 p.
- Laiho R. & C.E. Prescott. 1999. The contribution of coarse woody debris to carbon, nitrogen and phosphorus cycles in three Rocky Mountain coniferous forest. *Can. J. For. Res.* 29: 1592-1603.
- Littell R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger & O. Schabenberger. 2006. SASØ System for Mixed Models (R.C. Littell ed.). SAS Institute Inc. 2° ed. Cary N.C., USA. 814 p.
- Llorens E.M. & E.O. Frank. 1999. Aspectos ecológicos del estrato herbáceo del caldenal y estrategias para su manejo. AA CREA. Sub. de Asuntos Agrarios - Provincia de La Pampa. INTA, E.E.A. Anguil. 81 p.
- Morici E.F.A., V. Doménech-García, G. Gómez-Castro, A. Kin, A. Saenz & C. Rabotnikof. 2009a. Diferencias estructurales entre parches de pastizal del caldenal y su influencia sobre el banco de semillas, en la Provincia de La Pampa, Argentina. *Agrociencia* 43: 529-537.
- Morici E.F.A., W. Muiño, R. Ernst, M.A. Berrueta, A. Urioste & E. Hepper. 2009b. Respuesta del pastizal del Caldenal a una quema controlada. *En: Actas V Congreso Nacional, II Congreso del Mercosur y I Jornada Técnica de Productores Sobre Manejo de Pastizales Naturales*. Corrientes, Argentina. p.132.
- Prescott C.E., L.L. Blevins & C.L. Staley. 2000. Effects of clearcutting on decomposition rates of litter and humus in forests of British Columbia. *Can. J. For. Res.* 30: 1751-1757.
- Prescott C.E. 2002. The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiol.* 22: 1193-1200.
- Quiroga A., R. Fernández, D. Funaro & N. Peinemann. 2008. Matéria orgánica en Molisoles de La Región Semiárida Pampeana. Influencia sobre propiedades físicas y productividad. *En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina* (J.A. Galantini ed.). EdiUNS. Bahía Blanca, Argentina. pp. 97-116.
- Schlichting E., K.H. Blume & K. Stahr. 1995. *Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land-und Forstwirte und für Geowissenschaftler.* 2° ed. Berlin-Wien, Deutschland. Blackwell-Wissenschafts-Verlag. 295 p.
- Trucco R.A., E.N. Hepper, A.M. Urioste, V. Belmonte & D.E. Buschiazzo. 2006. Evolución de algunas propiedades químicas de suelos afectados por quemas controladas. *En: Libro de Resúmenes del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta-Jujuy, Argentina. 125 p.
- Vázquez M. 2008. Incidencia de la vegetación sobre aspectos cuantitativos y cualitativos de la materia orgánica del suelo. *En: Estudio de las fracciones orgánicas*

- en suelos de la Argentina (J.A. Galantini ed.). EdiUNS. Bahía Blanca, Argentina. pp. 263-292.
- Walkley A. & I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Wallis M.G. & D.J. Horne. 1992. Soil water repellency. *Advances Soil Sci.* 20:91-146.
- Wilkinson J.F. & R.H. Miller. 1978. Investigation and treatment of localized dry spots on sand golf greens. *Agron. J.* 70: 299-304.
- Young A. 1997. Agroforestry for soil management (CABI in association with the ICRA ed.). CAB International. 2^o ed. Wallingfor, UK. 320 p.