

Evaluación de indicadores edáficos y biomasa aérea en pasturas con áreas de parches en la región semiárida pampeana

Fernández, Romina ^{1,2} , Álvarez, Cristian Osvaldo ¹ , Kloster Nanci ^{1,2}  y Quiroga, Alberto Raúl ^{1,2} 

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA "Ing. Guillermo Covas" Anguil, La Pampa

2 Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Agronomía.

@ fernandez.romina@inta.gov.ar

Recibido: 21/03/2024

Aceptado: 10/10/2024

Resumen. En la Región semiárida Pampeana la heterogeneidad espacial observada en las pasturas a través de los parches o manchones son cada vez más frecuentes. El objetivo fue relacionar el crecimiento y desarrollo de una pradera de alfalfa pura y otra consociada con las características físico-hídricas del suelo en ambientes de parches y normales. Además, se plantea evaluar el efecto del ambiente en el contenido de fósforo y materia orgánica del suelo. Sobre un Paleustol Petrocálcico se sembró alfalfa (A) y alfalfa + festuca (A+F) en 2020. Se realizaron 10 cortes de biomasa y humedad de suelo. En 2023 sobre ambientes de parches y normal se evaluó conductividad hidráulica saturada (CH), densidad aparente (DA), porosidad total (PT), infiltración básica (IB), materia orgánica total (MO) y contenido de fósforo extractable (P). La producción de biomasa fue un 41 y 46 % menor bajo manchón con respecto a la situación normal en A y A+F, respetivamente. En ambas pasturas se encontró que la CH y PT medida en 6-12 y 12-18 cm fue mayor en el sector normal, con respecto al área de parche. El contenido de P sobre parches fue mayor en un 59 y 20 % para 0-10 y 10-20 cm de profundidad, respectivamente, con respecto al sector normal. Con respecto al contenido de MO el valor inicial fue similar al medido en el año 2023 en el sector de parche para 0-10 cm de profundidad, en cambio en el sector normal el contenido de MO aumentó un 16 %. En A+F, también el contenido de MO en el sector de parche en el año 2023 fue similar al contenido inicial, pero en el sector normal, el aumento fue del 11 %. Los indicadores de suelos evaluados en las áreas de parche en A y A+F presentan menores valores de CH, PT y MO con respecto a las áreas de suelo normales, en cambio el contenido de P fue mayor bajo manchón debido probablemente a la menor extracción del nutriente a través de los años.

Palabras clave: alfalfa; alfalfa+festuca; conductividad hidráulica; materia orgánica.

Abstract. Evaluation of edafic indicators and aerial biomass in pastures with patch areas in the semi-arid pampean region. In the semi-arid Pampas Region, the spatial heterogeneity observed through patches characterized by lower production and persistence of perennial pastures is increasingly frequent from the second year onwards. The objective was to relate the growth and development of a pure lucerne pasture and another associated with the physical-hydric characteristics of the soil in patch and normal environments. In addition, it is planned to evaluate the effect of the environment on the phosphorus and organic matter content of the soil. Lucerne and lucerne + fescue were planted on a Petrocalcium Paleustol in 2020. In 2023, saturated hydraulic conductivity (CH), bulk density (DA) and total porosity (PT). Organic matter (MO) and extractable phosphorus content (P) were evaluated on the patch and normal area. Biomass production was 41 and 46 % lower under patch compared to the normal situation in A and A+F, respectively in both pastures it was found that the CH and PT measured 6-12 y 12-18 cm was higher in the normal sector, with respect to the patch. The P content in the patchy sector was higher by 59 and 20 % for 0-10 and 10-20 cm depth, respectively, with respect to the normal sector. Regarding the MOT content, the initial value (year 2020) was similar to that measured in the year 2023 in the spot sector for 0-10 cm depth, however in the normal sector the MO content increased by 16 %. In lucerne + fescue, the MO content in the patchy sector in 2023 was also similar to the initial content, but in the normal sector, the increase was 11 %. For the depth of 10-20 cm, the soil with lucerne presented similar MO contents between 2020 and both sectors in 2023. On the other hand, for lucerne + fescue in the patch sector the MO content was significantly lower with respect to the beginning and the sector normal (2023). The soil indicators evaluated in the areas under patch in lucerne and lucerne + fescue presented lower values of CH, PT and MO with respect to normal soil areas, on the other hand, the P content was higher under patch with respect to normal areas, probably due to the lesser extraction of the nutrient over the years.

Key words: lucerne; lucerne+fescue; hydraulic conductivity; organic matter.

INTRODUCCIÓN

En sistemas mixtos de producción la compactación incide negativamente en la

Cómo citar este trabajo:

Fernández, R., Álvarez, C. O., Kloster, N. y Quiroga, A. R. (2025). Evaluación de indicadores edáficos y biomasa aérea en pasturas con áreas de parches en la región semiárida pampeana. *Semiárida*, 35(1), 45-53.

captación del agua de lluvia, favoreciendo el proceso de encharcamiento y escurrimiento, limitando la transitabilidad del suelo. La profundidad a la cual se produce este proceso resulta variable, pero se pueden encontrar costras en superficie o compactaciones a mayor profundidad (desde los 8 a los 22 cm). Estos impedimentos no son uniformes en el mismo lote y se manifiestan a través de “manchones o parches” en los principales cultivos y pasturas de la rotación. Los parches se caracterizan por sus límites relativamente bien definidos y pueden ocupar del 10 al 50 % de la superficie total, alternando con áreas normales donde la vegetación presenta mayor desarrollo (Bonadeo et al., 2006). El origen de los parches o manchones podría ser debido al efecto residual de los sistemas de labranza previos (Panigatti et al., 1971), por efecto de la maquinaria de mayor peso y el tránsito (Botta et al., 2006), puede ser efecto de “piso de sembradora”, es decir hasta donde escarifican las cuchillas y órganos de siembra (Quiroga com. personal). Bonadeo et al. (2006) trabajando en la llanura Cordobesa, encontraron que los parches correspondían a áreas planas o ligeramente deprimidas con problemas de sales y sodio a distinta profundidad. No obstante, cualquiera sea el origen, la presencia de densificaciones y parches dentro de cada lote y/o ambiente es cada mayor (Miretti, 2011; Quiroga et al., 2016).

La Región Semiárida Pampeana (RSP) no está exenta de esta problemática. Las pasturas de alfalfa puras o consociadas evidencian a partir del segundo año “parches o manchones” debido a densificaciones que limita la tasa de crecimiento (Quiroga 2024, com. pers.). En estos ambientes, las propiedades físico-hídricas medidas a través de la infiltración, conductividad hidráulica y densidad aparente, condicionan la captación del agua de las precipitaciones, la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de las raíces, dando lugar a bajas eficiencias en el uso del agua (EUA) (Glab, 2014; Quiroga et al., 2016; Romero et al., 2000).

La presencia de los parches y la reducción de vida útil de la alfalfa ha sido estudiada en la región Pampeana por diferentes grupos de trabajo (Bonadeo et al., 2006; Miretti et al., 2010; Panigatti et al., 1971; Romero et al., 2000), pero aun en la RSP no se ha abordado esta temática que limita la producción de forraje y que impacta seriamente en la escasa persistencia de las pasturas en los sistemas mixtos de producción. El objetivo fue relacionar el crecimiento y desarrollo de una pradera de alfalfa pura y otra consociada con las características físico-hídricas del suelo en ambientes de parches y normales. Además, se plantea evaluar el efecto del ambiente en el contenido de fósforo y materia orgánica del suelo.

METODOLOGÍA

La experiencia se llevó a cabo sobre un Paleustol petrocálcico localizado al sur oeste de localidad de Anguil (36°36'48.6''S y 63°57'55.8'' O). El 9/4/2020 se sembró alfalfa (*Medicago Sativa*) a una densidad de 10 kg ha⁻¹ (en 10.000 m²) y alfalfa+festuca (5000 m²) 8 kg ha⁻¹ y 15 kg ha⁻¹, respectivamente. Se realizó un muestreo compuesto (de 20 piques) a 0-20 cm de profundidad a fin caracterizar el suelo en cuanto a textura, materia orgánica (MO, Walkley & Black, 1934), pH (1:2,5) y fósforo extractable (Bray & Kurtz, 1945) (Tabla 1).

A partir del segundo año, más precisamente del tercer corte, se localizaron dos sectores sobre el suelo, uno de ellos con menos plantas m² y de menor tasa de crecimiento que fue denominado “parche” (Figura 1) y el sector lindante donde la pastura presentó mayor densidad y tasa de crecimiento fue denominado “normal”. En ambos sectores, y en 4 puntos de muestreo, se determinó biomasa aérea a los 215, 284, 404, 548, 632, 673, 719, 898, 973, y 1041 días desde la siembra (5/11/2020, 14/1/2021, 14/5/2021, 12/10/2021, 4/1/2022, 15/2/2022 y 31/3/2022, 19/10/2022, 5/12/2022, 13/1/2023, respectivamente) en una superficie de 0,25 m² en cada parcela a una altura de corte de 5 cm del suelo y las muestras fueron secadas en estufa a 60 °C. Además, en cada momento de corte, se determinó contenido de agua (método gravimétrico) cada 20 cm hasta los 100 cm de profundidad en el área manchón y normal, para que junto a las precipitaciones poder calcular uso consuntivo y eficiencia en el uso del agua (López & Arrué, 1997).

Para la determinación físico-hídrica, al tercer año de producción de alfalfa y alfalfa+festuca sobre el área manchón y normal, en los 4 puntos de muestreo se determinó: conductividad hidráulica saturada (CH) en muestras sin disturbar (Gavande, 1972) y densidad aparente (DA, Blake & Hartge, 1986) a 0-6, 6-12 y 12-24 cm de profundidad. En estas profundidades, a partir de muestras sin disturbar (cilindros) se calculó la humedad gravimétrica al estado de saturación, donde la totalidad de los poros se encuentran ocupados por agua (PT). $PT = ((Phs - Ps) / Ps) * 100$. Contenido de agua de la muestra de suelo saturada (Phs) y la muestra de suelo seco a estufa (Ps)

También en ambientes de parche y normal, se determinó infiltración de agua en el suelo a través del infiltrómetro de anillo simple, de modo de obtener la infiltración básica (IB).

El contenido de materia orgánica se evaluó a 0-10 y 10-20 cm de profundidad y el contenido de P en 0-20 cm de profundidad. Con los datos de MO y arcilla + limo (A+L), se calculó el índice de materia orgánica del suelo ($IMO = (MO / A+L) * 100$) (Quiroga et al., 2006). Además, en área bajo parche y normal se evaluó el color de suelo (0-20 cm) en húmedo utilizando la carta Munsell (2009).

Los resultados fueron analizados mediante modelos mixtos y la comparación de medias se realizó mediante Test de Fischer ($p < 0,10$) utilizando el software Infostat (Di Rienzo et al., 2020).

A+L (%)	MO (%)	P (ppm)	pH
33	1,67	28	6,8

Tabla 1. Arcilla y limo (A+L), materia orgánica (MO), fósforo extractable (P) y pH en el estrato de 0-20 cm del perfil del suelo (Prof).

Table 1. Clay and silt (A+L), organic matter (OM), extractable phosphorus (P) and pH in the 0-20 cm layer of the soil profile (Prof).

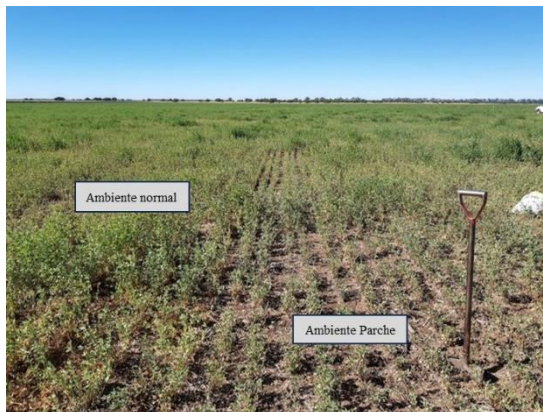


Figura 1. Plantas de alfalfa que se encuentran creciendo en áreas de parches y normal (Foto: R. Fernández).

Figure 1. Lucerne plants found growing in areas under patch and normal.

RESULTADOS

La CH en el ambiente de parche fue menor en ambas pasturas (Figura 2 a y b). Para el cultivo de alfalfa se encontró que la CH medida a los 0-6, 6-12, 12-18 y 18-24 cm fue 40, 158, 17 y 25 % mayor, respectivamente, en el sector normal, con respecto al parche, con diferencias estadísticas significativas solamente en el estrato comprendido entre 6-12 cm de profundidad ($p < 0,10$) (Figura 2, a). Para el suelo bajo alfalfa+festuca en las mismas profundidades, la CH fue un 42, 134, 41 y 10 % mayor en el sector normal con respecto a parche. La infiltración básica (IB), también fue otro indicador físico que demostró la problemática de la compactación en los parches. Al respecto, en estos ambientes (de ambas pasturas) la IB fue en promedio de 29,3 mm h⁻¹, mientras que, en ambientes normal, en promedio la IB fue 68 mm h⁻¹, lo cual correspondió a un 230 % mayor de infiltración del agua. Con respecto a los indicadores DA y PT, en las profundidades de 6-12 y 12-

18 cm se encontraron diferencias estadísticas significativas, entre ambos ambientes (Tabla 2). Los valores de PT en 6-12 y 12-18 cm fueron un 20 y 11 % mayores en área normal con respecto a parche, respectivamente. Con respecto a la DA, el área normal tuvo un 5 y 11 % menor valor con respecto al área de parche en 6-12 y 12-18 cm, respectivamente.

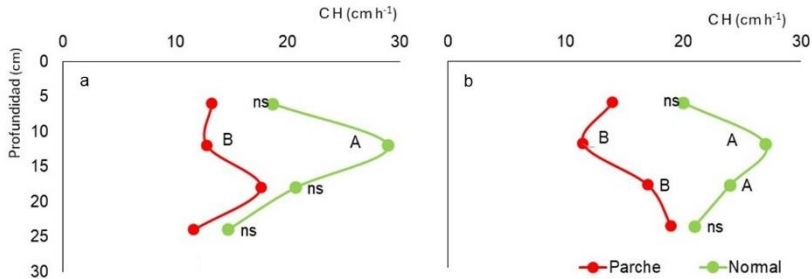


Figura 2. Conductividad hidráulica (CH) en a) alfalfa y b) alfalfa+festuca, en manchón y área normal. Letras diferentes en cada profundidad indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$).

Figure 2. Hydraulic conductivity (CH) in a) lucerne and b) lucerne + fescue in patch and normal area. Different letters at each depth indicate significant statistical differences ($p < 0,10$).

Profundidad (cm)	PT(%)		DA (Tn m ⁻³)	
	Parche	Normal	Parche	Normal
0-6	34,6 a	38 a	1,33 a	1,29 a
6-12	27,7 b	33,2 a	1,40 b	1,35 a
12-18	34,3 b	38,0 a	1,33 b	1,27 a
18-24	36,9 a	39,8 a	1,28 b	1,23 a
Promedio	33,6	37,3	1,34	1,29

Tabla 2. Porosidad total (PT) y densidad aparente (DA) en áreas de parche y normal. Letras diferentes en cada profundidad indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$).

Table 2. Total porosity (PT) and bulk density in patch and normal area. Different letters at each depth indicate significant statistical differences ($p < 0,10$).

En áreas de parches las raíces evidenciaron cambios en su morfología donde predominó un crecimiento vertical en los primeros 10 cm y luego crecimiento paralelo a la superficie de suelo entre los 10 y 25 cm, además se evidencian raíces más finas y fratachadas. En cambio, las raíces de áreas normales presentaban un crecimiento en forma vertical, con raíces de mayor grosor y desarrollo en toda la profundidad explorada (Figura 3 a y b).



Figura 3. Morfología de raíces en área a) parche y b) planta izquierda parche, planta derecha normal. (Foto: R. Fernández).

Figure 3. Root morphology in area a) patch and b) left plant patch, right plant normal.

El contenido de P en el ambiente de parche fue mayor en un 59 y 20 % para 0-10 y 10-20 cm de profundidad, respectivamente, con respecto al sector normal, con diferencias estadísticas significativas para 0-10 cm (Figura 4).

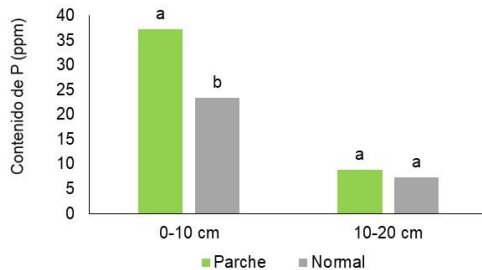


Figura 4. Contenido de fósforo en suelo bajo alfalfa en área normal (gris) y parche (verde), en 0-10 y 10-20 cm de profundidad. Letras diferentes en cada profundidad indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$). No significativo (ns).

Figure 4. Phosphorus content in soil in normal (grey) and patche (green) area, at 0-10 and 10-20 cm depth. Different letters at each depth indicate significant statistical differences ($p < 0,10$). Not significant (ns).

La producción de biomasa acumulada para alfalfa y alfalfa+festuca durante los tres años que duró la experiencia se presenta en la Figura 5. Se pudo observar que en alfalfa pura la producción de biomasa fue considerablemente menor en áreas de parche con respecto a la situación normal. A partir del tercer corte (404 días desde la siembra) en adelante se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,10$). El crecimiento acumulado de la alfalfa bajo parche produjo un 41% menos de biomasa, con respecto al área normal (Figura 5 a). En alfalfa+festuca también los parches comenzaron a aparecer a partir del segundo año de establecida la pastura (a partir del tercer corte), donde a partir del cual también se encontraron diferencias estadísticas significativas (entre el crecimiento de cada corte) entre ambos sectores ($p < 0,10$). El crecimiento acumulado en biomasa de la alfalfa+festuca a los 3 años (1041 días desde la siembra) fue un 46 % menor bajo parche con respecto al área normal (Figura 5 b). Las precipitaciones durante los 3 años de experiencia fueron de 370, 958 y 402 mm para el 1er, 2do y 3er año de la pastura, las cuales representaron un 15 % menos que el promedio histórico. El uso consuntivo se encontró entre 2014 y 2026 mm en los 3 años sin presentar diferencias estadísticas significativas entre los ambientes. En cambio, la EUA promedio fue un 43 y 46 % menor en alfalfa y alfalfa + festuca bajo parche con respecto la situación normal (Tabla 3).

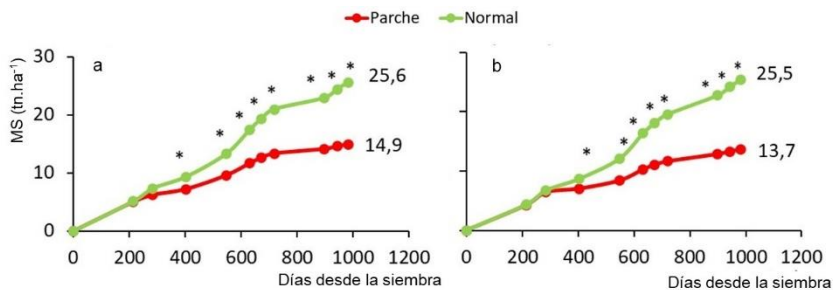


Figura 5. Producción acumulada de materia seca (MS) de alfalfa a) y alfalfa + festuca b), en los tres años de estudio (1041 días desde la siembra, Ds siembra) en área de parche y normal. * indica diferencia estadística significativa en la producción de biomasa entre manchón y área normal.

Figure 5. Cumulative production of dry matter (DM) of lucerne a) and lucerne + fescue b) in the three years of study (1041 days from sowing, Ds sowing), in patch and normal area. * indicates significant statistical difference in biomass production between patch and normal area.

	Parche	Normal
A+F	6,8 b	12,6 a
A	7,4 b	13 a

Tabla 3. Eficiencia en el uso del agua (kg materia seca ha-1 mm-1) en área de parche y normal de alfalfa (A) y alfalfa + festuca (A+F). Letras diferentes en cada fila indican diferencias estadísticas significativas (p< 0,10).

Table 3. Table 3: Water use efficiency (kg dry matter ha-1 mm-1) in patch and normal area of lucerne (A) and lucerne + fescue (A+F). Different letters in each line indicate significant statistical differences (p< 0.10).

A fin de evaluar el efecto acumulado de incluir pasturas en la rotación se presentan en la Tabla 4 los contenidos de materia orgánica total (MO) en 0-10 y 10-20 cm de profundidad. Para el suelo bajo alfalfa, el valor de MO al inicio de la experiencia (año 2020) fue similar al medido en el año 2023 en el ambiente de parche para 0-10 cm de profundidad, en cambio en el ambiente normal el contenido de MO aumentó 16 % presentando diferencias estadísticas (p<0,10) (Tabla 4). En alfalfa+festuca, también el contenido de MO en el ambiente de parche, en el año 2023 fue similar al contenido inicial, pero en el ambiente normal, el aumento fue del 11 % con diferencias estadísticas significativas. Para la profundidad de 10-20 cm el suelo con alfalfa presentó similares contenidos de MO entre 2020 y ambos ambientes del 2023. En cambio, para alfalfa+festuca en el sector parche el contenido de MO fue significativamente menor con respecto al inicio y al sector normal (año 2023).

	Alfalfa		Alfalfa+Festuca	
	0-10	10-20	0-10	10-20
Inicio 2020	1,87 ab	1,48 a	1,87 ab	1,48 ab
Parche 2023	1,78 b	1,45 a	1,67 b	1,36 b
Normal 2023	2,10 a	1,54 a	2,00 a	1,56 a

Tabla 4. Contenido de materia orgánica total (%) al inicio de la experiencia (2020) y al finalizar (2023). Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Table 4. Total organic matter content (%) at beginning of the experience (2020) and at the end (2023). Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.10).

El suelo en ambientes normal fue considerablemente más oscuro y correspondió al 10YR 4/3 (Munsell, 2009), mientras que en ambientes de parches el color fue 10YR 5/2 en ambas pasturas.

Los resultados de la experiencia demostraron que el valor de IMO fue similar para la alfalfa y alfalfa+festuca en las áreas de manchón con respecto al valor inicial. En cambio, en los sectores normales el valor del IMO aumentó demostrando el efecto positivo de incluir una pastura en suelos que no se encuentran condicionados por problemas físicos (Tabla 5).

	Alfalfa	Alfalfa+Festuca
Inicio 2020	4,9 b	4,9 ab
Parche 2023	4,8 b	4,5 b
Normal 2023	5,5 a	5,3 a

Tabla 5. Indicador de materia orgánica (IMO) al inicio y final de la experiencia. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,10)

Table 5. Matter organic indicator (IMO) at beginning and end of the experience. Different letters in the same column indicate significant differences (p<0.10).

DISCUSIÓN

Indicadores físicos de suelo como PT y DA, en sectores de parches (promedio de alfalfa y alfalfa +festuca) mostraron que en todo el perfil evaluado (0 a 28 cm) los resultados fueron inferiores con respecto a valores considerados óptimos para el mismo rango textural (Fernández, 2018).

En un estudio llevado adelante en la RSP, la comparación de suelos degradados y bien conservados mostró grandes diferencias a favor del suelo conservado, en cuanto a las funciones hidráulicas representadas por la infiltración básica y la conductividad hidráulica (Fernández et al., 2021). Específicamente, la disminución de estas funciones del suelo provoca el fracaso de los cultivos y la pérdida de productividad. En ambientes degradados, parte del agua útil almacenada en el suelo no se encuentra biológicamente disponible para el cultivo condicionando tanto la producción y persistencia de las pasturas (Fernández et al., 2021; Imhoff et al., 2018; Imhoff et al., 2016).

La problemática del manchoneo en pasturas ha sido estudiada por Panigatti et al. (1971). Al respecto encontraron que en los parches o manchones el contenido de agua útil y la producción de biomasa había disminuido considerablemente, así como también la calidad del forraje en términos de proteína. Los autores remarcan que el contenido de materia seca fue mayor en áreas de parche debido a la pérdida de humedad de la planta y a un menor porcentaje de hojas.

En un estudio llevado a cabo hace varios años, Panigatti et al. (1971) encontraron que en los parches o manchones era menor el contenido de agua útil y que la producción de biomasa había disminuido considerablemente, así como también la calidad del forraje en términos de proteína. Los autores remarcan que el contenido de materia seca fue mayor en áreas de parche debido a la pérdida de humedad de la planta y a un menor porcentaje de hojas.

El crecimiento vertical de las raíces en estratos superficiales del suelo y horizontal a mayor profundidad en áreas de parches, limita la habilidad de la raíz de acceder al agua y nutrientes de capas de suelo más profundas (Brown et al., 2006), además al restringirse la fotosíntesis y conductancia estomática es afectada en consecuencia la biomasa aérea (Masle, 1998) y se resiente la productividad y persistencia de la pastura (Miretti, 2011).

Si bien los datos analíticos demuestran mayor contenido de fósforo en los sectores bajo parche, es importante conocer la condición física del suelo para determinar/evaluar la disponibilidad que tendrán las raíces al nutriente.

Estos resultados demostraron que en los ambientes bajo parche la problemática asociada a la compactación del suelo, que se pudo evidenciar a través de baja IB, CH y mayores valores de DA, dio lugar a que menor proporción de raíces logren penetrar en los agregados del suelo por presentar altas resistencia a la penetración. Debido a ello, los nutrientes contenidos en los mismos, como el fósforo, por ejemplo, no quedan disponibles para el aprovechamiento por parte de las raíces. La menor tasa de extracción de fósforo a través del tiempo daría lugar a mayores contenidos en los ambientes de parches.

Los valores de EUA de A como de A+F bajo áreas normales se encuentran dentro de los rangos citados en la bibliografía, entre 9,2 a 27 kg ha⁻¹mm⁻¹; 12,9 a 25,4 kg ha⁻¹mm⁻¹, 9 a 23,9 kg ha⁻¹mm⁻¹ y 11,9 a 29,1 kg ha⁻¹mm⁻¹ (Fernández et al., 2022; López et al., 1997; Collino et al., 2007 y Bolger y Matches 1990, respectivamente). En cambio, muy bajos valores de EUA en ambiente de parche fueron obtenidos en los tres años de estudio.

Este tipo de situaciones donde los suelos presentan problemas físicos, deberían ser considerados y evaluados con anterioridad del establecimiento de la pastura. En la Región Pampeana, compactaciones superficiales y profundas afectaron la producción de biomasa derivando en la formación de manchones prácticamente improductivos (Miretti et al., 2010).

El IMO (relación entre el contenido de MO con arcilla+limo) es un buen indicador para evaluar el estado de salud física de suelos en la RSP. Diferentes estudios han encontrado un valor entre 4,5 a 5 considerado como IMO umbral, que condiciona la productividad de los cultivos (Quiroga et al., 2006). Suelos con valores menores al umbral frecuentemente presentan problemas de estructura, densificación con pérdida de macroporosidad, condicionando no solo la captación del agua de las precipitaciones y el uso eficiente de las mismas sino también la eficiencia en la captura de carbono por parte de los cultivos agrícolas (Quiroga et al., 2006). Los resultados de la experiencia demostraron que el valor de IMO fue similar para la alfalfa y alfalfa+festuca en las áreas de manchón con respecto al valor inicial. En cambio, en los sectores normales el valor del IMO aumentó demostrando el efecto positivo de incluir una pastura en suelos que no se encuentran condicionados por problemas físicos. El color del suelo es uno de los indicadores más fácil de determinar y puede resultar estratégico al momento de evaluar un lote o ambiente productivo. El color del suelo fue más oscuro en áreas normal con respecto a áreas bajo manchón. Estos resultados coinciden con los expuestos por Miretti (2011) quién también encontró colores notablemente más claros en el horizonte superficial en áreas bajo parches con respecto a áreas normales de crecimiento de alfalfa. Colores más oscuros del suelo, se relacionan con mejor estructura, suelo más poroso y

con mejores condiciones para el desarrollo de las raíces que impacta en la eficiencia en el uso del agua y en el ciclo y accesibilidad de los nutrientes.

El manejo del pastoreo de la pastura en el área de parche (plantas con menor desarrollo) que seguramente tiene la misma intensidad y frecuencia que en áreas normales limita la acumulación de reservas para garantizar el próximo rebrote, lo que desencadena en la pérdida de plantas. La formación de estos sectores con menor productividad y longevidad de las plantas limitaría la expansión del área cultivada con pasturas de alfalfa (Miretti et al., 2010). La problemática de la compactación debería ser evaluada con anterioridad en aquellos lotes donde se intente sembrar una pastura, con la finalidad de establecer estrategias de manejo (1, 2 o 3 años antes) que permitan descompactar el suelo. En algunos casos donde la proporción de suelo compactado es alta se debería evitar instalar la pastura.

CONCLUSIONES

El suelo en ambientes de parche, presentó menor contenido de MO e IMO, menor IB y K con respecto al ambiente normal. En cambio, la DA y el contenido de P fue mayor bajo parche con respecto a las áreas normales. Estos indicadores de calidad de suelo condicionaron la productividad de la pastura ya que en áreas de parches la misma fue considerablemente menor en los 3 años de estudio con respecto a situación normal, tanto para alfalfa como alfalfa+festuca.

Fue posible aumentar el indicador IMO en A y A+F en áreas normales, con respecto al valor inicial, mientras que bajo parche se mantuvo similar o levemente inferior. Se infiere, que, por efecto acumulado, estas diferencias entre ambas áreas continuaran acentuándose.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo del establecimiento “La Nueva Escocia” de la localidad de Anguil-La Pampa, donde fue establecido y llevado adelante la experiencia durante los 3 años.

Deseamos agradecer a la Región CREA “Oeste Arenoso”, que priorizó la línea de investigación y que junto a los proyectos del INTA (PE I009, RIST 503, PE 132) se pudo financiar la experiencia.

Además, al personal de apoyo, tanto de campo como del laboratorio del equipo Suelos del INTA Anguil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blake, G., & Hartge, K. (1986). Bulk density. En A. Klute (ed). *Methods of Soil Analysis-Physical and Mineralogical Methods*, 2ne edn (pp.363-375). American Society of Agronomy.
- Bolger, T. P. y Matches A. G. (1990). Water-use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa. *Crop Science*, 30, 143-148. <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010032x>
- Bonadeo, E., Hamp, E.R., Bongiovanni, M.D., Moreno, I.S., & Odorizzi, A. (2006). Relationships between soil physical and chemical properties and alfalfa (*Medicago sativa* L.) roots in patched soils. *Ciencia del Suelo*, 24, 101-107.
- Botta, G., Jorajuria, D., Rosatto, H., & Ferrero, C. (2006). Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 86, 9-14.
- Bray, R. H. & Kurtz, L. T. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-46.
- Brown, D. A., Clark, L. J. Howarth, J. R., Parmar, S., & Hawkesford, M. J. (2006). Mechanical impedance and nutrient acquisition in rice. *Plant Soil*, 280, 65-76.
- Collino, D., Dardanelli, J. y De Luca, M. (2007). Uso del agua y la radiación para la producción de forraje. En D. Basigalup (Ed.), *El cultivo de la alfalfa en la Argentina* (pp. 47-63). Ediciones INTA.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2020). Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gavande, A. (1972). *Física de suelos, principios y aplicaciones*. Ed. LIM USA.
- Fernández, R. (2018). Valores de línea de base para evaluar la degradación en molisoles de la región semiárida pampeana” [Tesis para optar al grado de Doctor en Agronomía]. Universidad nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

- Fernández, R., Álvarez, C., Saks, M. y Quiroga, A. (2022). Fertilización de pastura de alfalfa en suelos de la Región Semiárida Pampeana. XXVIII Congreso Nacional de Suelos. Bs As. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/13873>
- Fernández, R., Belmonte, V., Quiroga, A., Lobartini, C & Noellemeyer, E. (2021). Land-use change affects soil hydro-physical properties in Mollisols of semiarid Central Argentina. *Geoderma Regional* <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/9261>
- Glaž, T. (2014). Effect of soil compaction and N fertilization on soil pore characteristics and physical quality of sandy loam soil under red clover/grass sward. *Soil & Tillage Research*, 144, 8-19.
- Imhoff, S., Fernández, R., Quiroga, A., Noellemeyer, E., Pilatti, M. y de Orellana, J. (2018). Intervalo Hídrico Óptimo: indicador de calidad física de los suelos. En A. Quiroga, R. Fernández y C. Álvarez (Eds.), *En Análisis y evaluación de propiedades físico-hídricas de los suelos*. Ediciones INTA.
- Imhoff, S., Pires da Silva, A., Ghiberto, P.J., Tormena, C.A., Pilatti, M.A., & Libardi, P.L. (2016). Physical quality indicators and mechanical behavior of agricultural soils of Argentina. *PLoS One* 11, e0153827. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153827>.
- López, M., & Arrué, J. (1997). Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. *Soil & Tillage Research*, 44, 35-54.
- López, J., Dardanelli, L., Collino, D., Sereno, R. y Racca, R. W. (1997). Efecto del grado de reposo invernal sobre la producción, consumo y eficiencia en el uso del agua en alfalfa cultivada bajo riego. *RIA*, 28(2), 41-48.
- Masle, J. (1998). Growth and stomatal responses of wheat seedlings to spatial and temporal variations in soil strength of bi-layered soils. *Journal of Experimental Botany*, 49, 1245-1257.
- Miretti, M.C. (2011). Influencia de propiedades físico-químicas de un Argiudol del Centro de Santa Fe en la aparición de manchones improductivos de alfalfa [Tesis Doctor en Ciencias Biológicas]. Universidad Nacional del Litoral, Argentina
- Miretti, M., Imhoff S., Da Silva, A. & Lavado, R. (2010). Soil structure degradation in patches of alfalfa fields. *Scientia Agricola*, 67, 604-610.
- Munsell Color (2009). *Munsell Soil Color Book*. Munsell Color x-rite, Made in the USA.
- Panigatti, J.L., Piñeiro, A. y Mosconi, F.P. (1971). Manchones en cultivos de la zona central de Santa Fe. *Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA*, 8, 141-154.
- Quiroga, A., Funaro, D., Noellemeyer, E., & Peinemann, N. (2006). Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil & Tillage Research*, 90, 63-68.
- Quiroga, A., Oderiz, A., Uhaldegaray, M., Alvarez, C., Scherger, E., Fernández, R. y Frasier, I. (2016). Influencia del manejo sobre indicadores físico-hídricos de compactación de suelos. *Semiárida*, 26, 19-26. [https://doi.org/10.19137/semiárida.2016\(02\).19-26](https://doi.org/10.19137/semiárida.2016(02).19-26)
- Romero, L. A, Giorgi R. E, Tosolini R. A, Sapino V.I., Giailevra D. C., Zapatero D. A. y Comerón E. A. (2000). Pérdidas en pasturas de alfalfa asociadas a encharcamientos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 20, 221-222.
- Walkley, A., & Black, A., (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-37