



IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles

“Una oportunidad para el desarrollo sustentable”

Villa La Angostura, Neuquén, Argentina, 31 de Octubre al 2 de Noviembre de 2018

ACTAS

 **INTA** Ediciones

Colección
INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN



PROPIEDADES EDÁFICAS EN BOSQUES DE ÑIRE BAJO USO SILVOPASTORIL EN LA PROVINCIA DEL CHUBUT

EDAPHIC PROPERTIES IN ÑIRE FORESTS UNDER SILVOPASTORIL USE IN CHUBUT PROVINCE

Gómez, Federico (1,2,3,4); Manuela Tarabini (2,3,4); Axel von Müller (1); Ludmila La Manna (2,3)

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agroforestal Esquel (INTA EEAF Esquel), Esquel - Chubut, Argentina

⁽²⁾ CEAI (Centro de Estudios Ambientales Integrados) – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Sede Esquel, Esquel - Chubut, Argentina

⁽³⁾ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁽⁴⁾ Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Chubut, Argentina

Dirección de contacto: gomez.federico@inta.gov.ar; Chacabuco, 513 (9200) Esquel, Chubut, Argentina

Resumen

Gran parte de los bosques de ñire de la provincia del Chubut son utilizados como campos de pastoreo bovino en el invierno. En los bosques donde se desarrolla esta actividad ganadera, los suelos son mayoritariamente de origen volcánico, y presentan como principales características una excelente fertilidad y alta capacidad de retención hídrica. El uso silvopastoril del bosque en la región, se ha realizado sin un control de las cargas ganaderas, lo cual afecta directamente al componente suelo. El objetivo fue analizar los cambios en las propiedades físico-químicas del suelo en bosque de ñire bajo uso silvopastoril con diferentes cargas ganaderas. En dos sectores con bosque de ñire (Carrenleufú y Aldea las Pampas) con uso ganadero histórico y actual, se seleccionaron 3 sitios independientes entre sí, con dos tratamientos: con presencia (bosque abierto) y sin presencia de ganado (bosque cerrado). Se midió la carga ganadera localizada a partir de la frecuencia de deposiciones. Además, se tomaron 3 muestras de suelo a una profundidad de 0-10 cm, y se analizaron las variables: densidad aparente, estabilidad estructural, pH, pH NaF, conductividad eléctrica y materia orgánica. Los resultados mostraron cambios leves en el suelo. Las propiedades del suelo como densidad aparente ($P=0,0001$), pH ($P<0,0001$), conductividad eléctrica ($P=0,0001$) y materia orgánica ($P<0,0001$) fueron mayores en los sitios abiertos. Mientras que, la estabilidad estructural ($P=0,0001$) y pH NaF ($P<0,01$) fueron menores en los sitios abiertos, con respecto a los cerrados. Estos resultados, sugieren que las cargas ganaderas actuales están afectando las propiedades físico-químicas del suelo. Sin embargo, la magnitud de los cambios es leve, y los suelos aún bajo cargas puntuales altas, mantienen altos valores de fertilidad físico-química. Las propiedades intrínsecas de los suelos volcánicos alofanizados y su capacidad de resiliencia, serían los responsables de que los cambios en el suelo no sean tan abruptos bajo condiciones variables de carga ganadera.

Palabras clave: carga ganadera; fertilidad; resiliencia.

Abstract

Most of ñire forests in Chubut, Patagonia are used for cattle rearing fields during winter. Grazing livestock take place under ñire forest under silvopastoral management that grows on volcanic soils, which has excellent fertility and high water retention capacity. Grazing management in this region has been developed under non-controlled stocking rate, which directly affects the soil. The objective was to analyze changes on physical-chemical soil properties in ñire forests under silvopastoral use with different cattle stocking rate. In two different ñire forests areas (Carrenleufú and Aldea las Pampas) with intense historical and current livestock use. In these areas we selected two different treatments by considering livestock presence (open areas) and almost no presence livestock presence (closed forest). Additionally, we measured dung frequency as an



indicator of localized stocking rate. In each treatment 3 soil samples were taken at a depth of 0-10 cm, and the following variables were analyzed: bulk density, structural stability, pH in water, pH NaF, electric conductivity and organic matter. The results showed slight changes in soil. Soil properties such as bulk density ($P=0,0001$), pH in water ($P<0,0001$), electrical conductivity ($P=0,0001$) and organic matter ($P<0,0001$) were higher in the open sites. Whereas, structural stability ($P=0,0001$) and pH NaF ($P<0,01$) were lower in open sites, in relation to closed ones. These results suggest that current livestock stocking rate are certainly affecting physical and chemical properties of soil. However, the magnitude of changes is slight, and soils, even under specific higher stocking rates, keep higher physical-chemical fertility. Intrinsic properties of allophanized volcanic soils and their resilience capacity, could explain why changes in soil properties under variable stocking rates are not so abrupt.

Keywords: cattle stocking rate; fertility; resilience.

INTRODUCCIÓN

La ganadería en el mundo ha causado diferentes grados de impactos sobre los servicios ecosistémicos que brindan los bosques. Algunos de los efectos no deseados se producen en el suelo, como por ejemplo, la compactación por pisoteo animal y la alteración del ciclo de nutrientes, este último, debido al aporte de orina y de heces del ganado (Reyes *et al.* 2003; Kiessling *et al.* 2008). Los impactos sobre el suelo pueden llevar a procesos erosivos importantes (Cingolani *et al.* 2008).

En Patagonia Argentina, es muy frecuente utilizar los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica* G. Forster) Oerst) como uso silvopastoril en el invierno, principalmente con ganado bovino (Quinteros *et al.* 2010). Los suelos donde se desarrollan estos sistemas silvopastoriles, se caracterizan por ser de origen volcánico, ricos en materia orgánica (La Manna 2005) y tienen propiedades físicas, químicas y mineralógicas distintivas, asociadas a la presencia de minerales no cristalinos, como alófanos e imogolita (McDaniel *et al.* 2012). Los cambios en el suelo debido al uso ganadero dependen de las características intrínsecas del suelo, de su fertilidad inicial, su condición hídrica, y de la carga ganadera (Binkley *et al.* 2003; Álvarez-Yépez *et al.* 2008).

Los productores ganaderos de la región patagónica en zonas de bosque de ñire, han manejado históricamente las cargas ganaderas de forma inadecuada desde la perspectiva productiva (von Müller *et al.* 2013). En este marco, considerando objetivos de conservación para preservar servicios ecosistémicos, las cargas ganaderas superan ampliamente umbrales de tolerancia de ecosistemas boscosos, desencadenando en muchos casos procesos de degradación forestal (Rusch *et al.* 2017). Este uso ganadero, junto con la extracción de madera para leña, ha llevado a la formación de zonas abiertas en los ñirantales. En los sitios muy frecuentados por el ganado, se han producido en el suelo los característicos "empastados", con especies herbáceas exóticas, que no sólo afecta el establecimiento de la regeneración (Quinteros 2017), sino al recurso suelo. Conocer los cambios que se producen en el suelo por la actividad ganadera, es fundamental para saber si esta actividad está produciendo cambios no deseados en este servicio ecosistémico. El objetivo del trabajo fue analizar cómo varían las propiedades físicas y químicas del suelo, frente a diferentes cargas ganaderas localizadas, en dos cuencas con bosque de ñire bajo uso silvopastoril del Oeste del Chubut.



MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en dos cuencas del Oeste de la provincia del Chubut con bosques de ñire: Carrenleufú (43°34'50,69''S; 71°38'45,25''O) y Aldea las Pampas (44°14'52,12''S; 71°29'10,02''O). El clima es del tipo mediterráneo, con precipitaciones más abundantes en el invierno, y los suelos son Andisoles. Los sitios corresponden a bosques de ñire con presencia de ganado bovino histórico y actual. Carrenleufú posee una carga ganadera media mayor que la de Aldea las Pampas (0,33 y 0,08 UG.ha⁻¹.año⁻¹, respectivamente).

En cada cuenca se seleccionaron 3 sitios independientes entre sí. En cada sitio, se instalaron dos parcelas circulares de 8 metros de diámetro, una en un lugar con presencia de ganado bovino (abierto: densidad de 666 árb.ha⁻¹ y un área basal de 21 m².ha⁻¹) y otra con ausencia (cerrado: densidad de 1400 árb.ha⁻¹ y un área basal de 29 m².ha⁻¹). Se midió la frecuencia de deposiciones en cada parcela, siguiendo la metodología descrita por von Müller *et al.* (2012). Se tomaron además, muestras de suelo (por triplicado) a una profundidad de 0-10 cm, y se determinó la densidad aparente por el método del cilindro (Blake & Hartge 1986), estabilidad estructural de acuerdo a la metodología sugerida por Herrick *et al.* (2001), pH en agua, pH NaF 1N a los 2 y 60 minutos (Fieldes & Perrot 1966), conductividad eléctrica y materia orgánica (IRAM-SAGPyA 2008). Las distintas variables fueron analizadas con análisis de la covarianza (ANCOVA), considerando la carga ganadera localizada como covariable y, al sitio y a los tratamientos, como factores fijos dentro del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron diferencias entre los tratamientos abierto y cerrado, y para la covariable carga ganadera localizada (tablas 1 y 2).

La densidad aparente fue mayor en los sitios abiertos con respecto a los sitios cerrados ($R^2 = 0,64$; $F = 7,22$; $P = 0,0001$). El pisoteo de animales en los sitios abiertos provoca una compactación del suelo debido a la reducción de los poros, afectando principalmente a los primeros centímetros del suelo. Sin embargo, los valores encontrados de densidad aparente en los sitios con ganadería siguen siendo bajos. Diversos trabajos como Bryant *et al.* (1972), describen que hay una relación lineal directa entre la intensidad de carga ganadera y la compactación del suelo.

La estabilidad estructural fue menor en los sitios abiertos con ganadería ($R^2 = 0,63$; $F = 6,78$; $P = 0,0001$), pero marginalmente significativa la covariable carga ganadera ($R^2 = 0,63$; $F = 3,50$; $P = 0,07$). Esto se debe a que el ganado mediante el pisoteo modifica la estructura de los agregados. Sin embargo, los valores de estabilidad estructural siguen siendo altos, indicando que los agregados son estables.

El pH en agua fue mayor en los sitios abiertos, debido probablemente al aporte de orina y heces por parte del ganado ($R^2 = 0,83$; $F = 19,48$; $P < 0,0001$). Aumentos de pH del suelo fueron reportados también por Rodríguez *et al.* (2010). En otros bosques de ñire en Patagonia, Gargaglione *et al.* (2013) describe valores de pH entre un rango de 5,6 y 6,1, coincidente con los de este estudio.



El pH en NaF (2' y 60') presentaron valores menores en los sitios abiertos ($R^2 = 0,49$; $F = 3,88$; $P = 0,0045$, $R^2 = 0,60$; $F = 5,97$; $P = 0,0003$, respectivamente), sugiriendo que el uso ganadero podría estar alterando la formación de arcillas no cristalinas (como el alófano). De todas maneras, los valores de pH en NaF siguen siendo mayores a 9,2, indicando que hay presencia de arcillas no cristalinas en el suelo.

La conductividad eléctrica fue mayor en los sitios abierto que en los cerrados ($R^2 = 0,64$; $F = 7,17$; $P = 0,0001$), esto también puede deberse al aporte de orina y heces por parte del ganado. Otros autores como Rodríguez *et al.* (2010) obtuvieron las mismas tendencias.

La materia orgánica presentó mayores valores en los sitios abiertos que en los cerrados ($R^2 = 0,84$; $F = 21,35$; $P < 0,0001$), esto podría deberse a que los sitios abiertos se encuentran colonizados por especies forrajeras exóticas, que estarían aportando mayor materia orgánica, y posiblemente más lábil, que la que aportan las leñosas en los sitios cerrados.

Tabla 1. Medias y errores estándar de las propiedades del suelo.

Propiedades (unidades)	Abierto	Cerrado
Densidad aparente (g.cm^3)	$0,55 \pm 0,05$	$0,46 \pm 0,04$
Estabilidad estructural	$5,53 \pm 0,13$	$5,92 \pm 0,06$
pH en agua	$5,90 \pm 0,14$	$5,77 \pm 0,11$
pH NaF 2'	$9,28 \pm 0,13$	$9,72 \pm 0,17$
pH NaF 60'	$10,10 \pm 0,11$	$10,42 \pm 0,12$
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	$266,81 \pm 46,42$	$120,13 \pm 24,98$
Materia orgánica (g.kg^{-1})	$257,57 \pm 24,30$	$221,25 \pm 15,22$



Tabla 2. Modelos estadísticos para analizar el efecto de la ganadería en los bosques de *Nothofagus antarctica* para las variables respuesta consideradas, con detalle de factores, covariable, pruebas *pos-hoc* y niveles de significancia.

Modelo estadístico	Variable respuesta	Factor 1	Factor 2	Covariable	<i>Pos-hoc</i>
ANCOVA	Densidad aparente	Tratamiento (*)	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni
ANCOVA	Estabilidad estructural	Tratamiento (*)	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (^{ms})	Bonferroni
ANCOVA	pH	Tratamiento (*)	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni
ANCOVA	pH NaF 2'	Tratamiento (^{ns})	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni
ANCOVA	pH NaF 60'	Tratamiento (^{ms})	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni
ANCOVA	Conductividad eléctrica	Tratamiento (^{ms})	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni
ANCOVA	Materia orgánica	Tratamiento (*)	Sitio (*)	Carga ganadera localizada (*)	Bonferroni

^{ms} marginalmente significativo $P \sim 0,05$; * significativa a $P \leq 0,05$; ^{ns} no significativa.

CONCLUSIONES

Estos resultados preliminares, sugieren que las cargas ganaderas actuales estarían afectando las propiedades físicas y químicas del suelo. A pesar de esto, los cambios en dichas propiedades serían leves. La alta fertilidad físico-química y capacidad de resiliencia, que poseen los suelos volcánicos alofanizados de la región, serían los responsables de que los cambios en el suelo no sean tan abruptos, bajo condiciones variables de carga ganadera.



Bibliografía

- Blake, G. R., & Hartge, K. H. 1986. Bulk density. p. 363-375. *Methods of Soil Analysis: Part, 1*.
- Bryant, H. T., Blaser, R. E., & Peterson, J. R. 1972. Effect of Trampling by Cattle on Bluegrass Yield and Soil Compaction of a Meadowville Loam 1. *Agronomy Journal*, 64 (3), 331-334.
- Cingolani, A. M., Noy-Meir, I., Renison, D. D., & Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecología austral*, 18 (3), 253-271.
- Fieldes, M., & Perrot, K. W. 1966. The nature of allophane in soils. Part 3: rapid field and laboratory test for allophane. *New Zealand Journal of Science* 9: 623-629.
- Gargaglione, V., Peri, P. L., & Rubio, G. 2013. Partición diferencial de nutrientes en árboles de *Nothofagus antarctica* creciendo en un gradiente de calidades de sitio en Patagonia Sur. *Bosque (Valdivia)*, 34 (3), 291-302.
- Herrick, J. E., Whitford, W. G., De Soyza, A. G., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Seybold, C. A., & Walton, M. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *Catena*, 44 (1), 27-35.
- IRAM-SAGPyA 29571-1. 2008. Calidad Ambiental-Calidad del suelo. Determinación de materia orgánica en suelos. Parte 1, Método de pérdida de masa por calcinación.
- Kiessling, R. J., Galantini, J. A., Iglesias, J. O., & Venanzi, S. 2008. Efecto del pisoteo animal sobre la porosidad del suelo en lotes bajo siembra directa continua. *XXI CACS*.
- La Manna, L. 2005. Caracterización de los suelos bajo bosque de *Austrocedrus chilensis* a través de un gradiente climático y topográfico en Chubut, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 26 (2), 137-153.
- McDaniel, P.A., Lowe D. J., Arnalds, O., & Ping, C. L. 2012. Andisols. In: Huang PM, Li Y, Sumner ME (eds) Handbook of soil sciences, vol 1, 2nd edn., Properties and processes CRC Press (Taylor & Francis), Boca Raton, FL, pp 29-48.
- Quinteros, P., Hansen, N., & Kutschker, A. 2010. Composición y diversidad del sotobosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) en función de la estructura del bosque. *Ecología austral*, 20 (3), 225-234.
- Quinteros, C. P. 2014. Grandes herbívoros en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio*): uso espacio-temporal de los recursos y sus efectos sobre la regeneración y el sotobosque. Universidad Nacional del Comahue, Bariloche, p. 172.
- Reyes, J. J., Vidal, I., González, M. R., González, R. M., & Fonte, D. 2003. Efecto de dos intensidades de pastoreo en el método de pastoreo rotacional con ganado lechero. Balance de nitrógeno, fósforo y potasio en el sistema y sus componentes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3).
- Rodríguez, A., Pulido, M. A., Rey, J. C., Lobo, D., Araque, H., & Rivero, C. 2010. Efecto del pisoteo en sistemas de producción de cerdos a campo sobre propiedades del suelo. *Agronomía tropical*, 60 (2), 119-130.
- Rusch, V., López, D. R., Cavello, L., Rusch, G. M., Garibaldi, L. A., Grosfeld, J., & Peri, P. 2017. Modelo de estados y transiciones de los ñirantales del NO de la Patagonia como herramienta para el uso silvopastoril sustentable. *Ecología austral*, 27 (2), 266-278.
- von Müller, A. R., Cingolani, A. M., Vaieretti, M. V., & Renison, D. 2012. Estimación de carga bovina localizada a partir de frecuencia de deposiciones en un pastizal de montaña. *Ecología austral*, 22 (3), 178-187.
- von Müller, A. R., Lloyd, C. E., Hansen, N., Buduba, C. G., & Ciari, G. 2013. Adecuación de la carga ganadera para asegurar la conservación de la estructura y los servicios ecosistémicos en el bosque andino patagónico. Jornadas II Jornadas Forestales Patagónicas y 2º Congreso Internacional Agroforestal Patagónico. El Calafate, Santa Cruz, Argentina.