

Caracterización y distribución espacial de atributos fisicoquímicos en mallines del distrito fitogeográfico Golfo San Jorge.

Characterization and space distribution of physicochemical attributes in mallines of the San Jorge Gulf phytogeographic district.

Mendos, María Gabriela¹ y Mangani, Adriana del Luján²

¹Dpto de Biología y Ambiente, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, unpsjbsua2020@gmail.com. ² Dpto de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, amangani@unpata.edu.ar.

Resumen

En las zonas áridas los mallines son ambientes que prestan numerosos beneficios ambientales, entre los cuales se destacan la conservación de la biodiversidad y una elevada productividad forrajera respecto a la estepa que los rodea. Para analizar la distribución espacial de las variables fisicoquímicas que caracterizan los mallines ubicados en los cañadones costeros del Distrito fitogeográfico del Golfo San Jorge se tomaron muestras de suelos en dos zonas establecidas en función de la presencia del curso de agua de siete mallines. Se analizaron textura, pH, conductividad eléctrica (CE), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), materia orgánica (mo), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (N_t), relación C/N, porcentajes de sodio intercambiable (PSI), capacidad de intercambio catiónica (CIC) y fósforo disponible (P_d). Las diferencias encontradas entre las concentraciones de las variables analizadas entre las zonas no fueron significativas, salvo el porcentaje de arena y K. Los suelos fueron clasificados como no salinos no sódicos a excepción de un sitio. Mediante técnicas de ordenación se encontraron tres asociaciones entre las variables. La primera asociación está formada por el pH y arena, la segunda está integrada por Na, CE, PSI, K y P_d y la tercera asociación está formada por N_t, mo, CO, Ca, Mg, CIC, arcilla y limo. Los mallines se encuentran bien provistos de los elementos necesarios para el desarrollo vegetal. El conocimiento de la distribución espacial de las variables fisicoquímicas permitirá desarrollar técnicas de manejo de manera homogénea dentro del mallín.

Palabras Clave: propiedades, suelos, intrazonales, Chubut.

Abstract

In arid areas, the mallines are environments that provide great number of environmental services, among which stands out biodiversity conservation and high forage productivity with respect to the surrounding steppe stand out. To analyze the space distribution of physicochemical variables that characterize the mallines located in the coastal canyons of the San Jorge Gulf phytogeographic district, soil samples were taken in two areas of seven selected mallines, established according to the presence of the watercourse. Was analyzed texture, pH, electrical conductivity (CE), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), organic matter (mo), organic carbon (CO), total nitrogen (N_t), relations carbon/nitrogen (C/N), percentages of exchangeable sodium (PSI), cation exchange capacity (CIC) and available phosphorus (P_d). The differences found between the concentrations of the analyzed variables were not significant, except for the percentage of sand and K. The soils were classified as non-sodium no-saline except for one site. Three associations were found between the analyzed variables by means of ordering techniques. The first association is formed by pH and sand, the second is made up of Na, CE, PSI, K y P_d , and the third association is integrated by and N_t , mo, CO, Ca, Mg, CIC, clay y silt. The mallines are well provided with the necessary elements for plant development. The knowledge of the spatial distribution of the variables physicochemical will allow to develop management techniques in a homogeneous way within the mallín.

Key words: properties, soils, intrazonal, Chubut.

Introducción

En las zonas áridas las precipitaciones son escasas, pero existen lugares donde se concentra el agua, por estar el nivel freático cerca de la superficie o ser depresiones naturales del paisaje. Esto, lleva a que la fisonomía dominante sea esteparia con pequeñas zonas de vegetación atípica denominadas mallines, con gran biodiversidad, alta productividad y diferentes servicios

ambientales (Kulik, 2014; Mitsch & Gosselink, 2015; Laterra *et al.*, 2017; Castro *et al.*, 2018; Qi *et al.*, 2021).

En la Patagonia, se observa un gradiente climático que influye en la composición de los suelos de los mallines de oeste a este (Oosterheld *et al.*, 1998). En la región andina los suelos son ácidos, con altos contenidos de materia orgánica y humedad, mientras que en la región extraandina los suelos son básicos, con

menor contenido de materia orgánica y con algunos problemas de salinidad o sodicidad (Chimner *et al.*, 2011; Gaitán *et al.*, 2011; Mazzoni y Rabasa, 2013; Cuassollo y Díaz Villanueva, 2019; Domínguez Díaz e Ivelic Sáez, 2020).

Los suelos de los mallines presentan un patrón en sentido longitudinal a los cursos aluviales y otro transversal, desde el cauce hacia la periferia (Ultrilla *et al.*, 2014). Como consecuencia del aumento en el contenido hídrico, la materia orgánica y nutrientes tienden a aumentar y el pH a disminuir. Así, se genera una composición florística en cada zona del mallín que determina la productividad primaria, la cual puede llegar en la zona húmeda a 7000 kg MS/Ha año⁻¹ (Ultrilla *et al.*, 2020). Por su parte, la estructura vertical del suelo, presenta dos zonas, cerca de la superficie, se encuentra la zona no saturada, donde la descomposición de la materia orgánica es más rápida y la evaporación puede causar salinidad modificando algunas características fisicoquímicas (Squeo *et al.*, 2006) y a mayor profundidad, la zona saturada permanentemente.

De esta manera, Panday *et al.* (2019) afirman que las propiedades del suelo dependen del efecto combinado de los procesos, físicos, químicos y biológicos, por lo que pueden diferir dentro de cada

campo. Así, la productividad de los mallines depende de las propiedades del suelo, las cuales varían en cada zona (Usowicz y Lipiec, 2017) y según del estado de degradación (Tian *et al.*, 2019; Peng *et al.*, 2020).

Asimismo, la variación espacial de algunas propiedades del suelo como fósforo, conductividad eléctrica y pH a escala de campo, están fuertemente influenciadas por el uso, sistemas de labranza y otras prácticas agrícolas, como la aplicación de fertilizantes o enmiendas orgánicas (Hu *et al.*, 2014). Las técnicas de manejo que se realizan en los mallines consisten en cercado, pastoreo rotacional (Ultrilla *et al.*, 2005) fertilización, enmienda, intersemebra y/o manejo del agua, el cual puede incluir la subirrigación (Horne, 2010).

La vegetación del mallín se pastorea de manera diferencial según la época del año, en verano, el acceso a la zona húmeda del mallín permite al ganado diversificar su dieta con especies como *Eleocharis pseudoalbibracteata*, *Juncus balticus* y *Carex sp.*, pero en primavera, consume especies de la periferia como *Poa pratensis*, *Hordeum comosum* y *Festuca pallescens*. De esta manera, es importante comprender como las preferencias de los herbívoros por ciertos parches y entornos generan patrones de

pastoreo (Ultrilla *et al.*, 2014) que conducen a una modificación de las propiedades físico químicas del suelo (Ultrilla *et al.*, 2005; Mazzoni y Rabasa, 2013; Alhassan *et al.*, 2018; Panday *et al.*, 2019; Ciarlo *et al.*, 2020).

El inadecuado manejo desarrollado durante décadas, provocó una disminución de la cobertura vegetal y aumento de la evaporación, con la concentración de sales en superficie (Ultrilla *et al.*, 2020). Además, el pisoteo del ganado produce la compactación del suelo y aumenta el escurrimiento superficial, con la consecuente pérdida de agua. Estos procesos modifican las propiedades fisicoquímicas del suelo, como lo analizaron Alhassan *et al.* (2018), Zhang *et al.* (2019) y Tian *et al.* (2019).

Los mallines pueden categorizarse según su estado o condición en base a la conductividad eléctrica, materia orgánica, pH y especies vegetales. De esta forma, cada mallín puede presentar tres zonas y/o estados o un mallín un estado en toda su extensión (Mazzoni y Rabasa, 2013).

La variación de los parámetros físico químicos del suelo fue estudiada en gradientes altitudinales y latitudinales por varios autores. Wazir *et al.* (2008) en mallines de Pakistán encontraron pH básicos (7-8), CE bajas (0,18 a 0,25

dS/m) y el porcentaje de arena resultó la textura dominante (66-64%). En Patagonia norte, Gaitán *et al.* (2011), establecieron tres comunidades vegetales en función de las variables fisicoquímicas, así en las áreas con menor precipitación los suelos resultaron más básicos (8,41) y con mayor CE (1,81 dS/m) y en las de mayor precipitación, resultaron neutros (pH=6,9) y con menor CE (0,43 dS/m). Chimner *et al.* (2011) en esta región, analizaron las condiciones ecohidrológicas de los humedales, donde determinaron suelos húmedos con mayor contenido de materia orgánica, N_t, P_d, pH básicos (7,3) y CE bajas (53 uS/cm) y secos, con pH más alcalinos (7,2-7,9) y mayores concentraciones de sales en el agua subterránea (CE 480 a 700 uS/cm).

La variabilidad interna de los mallines fue analizada por Castro *et al.* (2018) quienes determinaron dentro de los prados húmedos de EEUU diferencias significativas en el contenido de arcilla entre las zonas y Usowicz y Lipiec (2017) analizaron las propiedades físicas química a escala de campo con la productividad, la cual se relacionó significativamente con el contenido de agua, arcilla, capacidad de intercambio catiónico y carbono orgánico. En Patagonia norte Gaitán *et al.* (2011) establecieron dos comunidades vegetales

a escala de campo, con pH más básicos y mayor CE en la periferia de los mallines. Además, Mazzoni y Rabasa (2013) en Patagonia sur, para conocer la variabilidad intrínseca de los mallines analizaron las diferencias entre mallines y/o zonas registrando en los mallines típicos no degradados pH neutros y materia orgánica (7%) y N_t (0,32%) altos. Por su parte, Vargas (2017) determinó una alta variabilidad espacial y temporal en las características edáficas en mallines, independientemente del ambiente geomorfológico donde se emplazan o de la zona. Estos mismos resultados fueron encontrados por Filipová *et al.* (2013). Ultrilla *et al.* (2020) al analizar los mallines de Santa Cruz encontraron que los principales determinantes de la vegetación fueron las zonas y la condición (buena o degradada) de cada una, con valores altos de CE (5 dS/m), materia orgánica (11%) y pH básicos (<8). Otros autores han analizado las variables fisicoquímicas del suelo generalmente para determinar su relación con la composición florística o el estado de degradación de la comunidad vegetal (Gandullo *et al.*, 2011; Fu *et al.*, 2013; Alhassan *et al.*, 2018; Ciarlo *et al.*, 2020; Jocu y Gandullo, 2020). Si bien, Cabrera (1980) identificó algunas especies de los mallines del Distrito

Fitogeográfico Golfo San Jorge (DFGSJ) y Bertiller *et al.* (1981) describieron la composición florística de los mallines del SE de Chubut, falta información de las características físico químicas de los suelos de los mallines del DFGSJ que permitan comprender el estado actual y las necesidades de manejo según su distribución (Mazzoni y Rabasa, 2013). El conocimiento de la distribución espacial de las variables del suelo es esencial para determinar las limitaciones de producción relacionadas con los nutrientes (Panday *et al.*, 2019). Las descripciones de las características edáficas, hidrológicas y de vegetación de los mallines patagónicos refleja que se trata de ecosistemas complejos con una alta heterogeneidad espacial y temporal (Ultrilla *et al.*, 2014).

Debido a la zonación interna de los suelos de los mallines existen diferencias en las variables fisicoquímicas que podrían necesitar diferentes técnicas de manejo. Por lo que los objetivos de este trabajo fueron comparar las variables físicas químicas en función de las zonas y conocer el estado actual de los suelos de los mallines del DFGSJ.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Desde el punto de vista fitogeográfico el área de estudio pertenece al Distrito del Golfo San Jorge (DFGSJ) que se caracteriza por la presencia de una estepa arbustiva (Cabrera, 1980). La unidad geomorfológica es el relieve estructural disectado (Sciuto, 2008), que corresponde al faldeo oriental, de pendiente acentuada, de las mesetas Pampa del Castillo - Pampa de Salamanca, donde el agua profundizó los valles desarrollando mallines en la base de los mismos. Los órdenes de suelos principales son Aridisoles y Entisoles, aunque se presentan en menor proporción los Molisoles (Cruzate y Panigatti, 2006). El clima, es semiárido, ya que las precipitaciones son mayormente invernales o tempranas en primavera, por debajo de los 200 mm anuales (Paruelo *et al.*, 1998). Los mallines se ubican en el sureste de la provincia de Chubut, entre 45° -46° latitud sur y 67°- 68° longitud oeste. Actualmente se desarrolla la actividad ganadera extensiva en los mallines analizados.

Diseño experimental

Se seleccionaron siete mallines similares en la composición florística y el contenido de humedad del suelo,

ubicados en los fondos de valle de los principales cañadones que descienden al mar Atlántico, en el DFGSJ (Figura 1). Los mismos presentan una cobertura vegetal mayor al 75% y una buena disponibilidad de agua. En la zona húmeda (ZH) las principales especies vegetales fueron *Juncus balticus var. mexicanicus* (Willd. ex Roem. & Schult.) Snogerup, *Eleocharis pseudoalbibracteata* S. González & Guagl., *Hordeum comosum* J. Presl. y *Poa pratensis* L. y en la zona subhúmeda (ZsH) *Juncus balticus var. mexicanus*, *Hordeum comosum*, *Taraxacum officinale* G. Weber ex F.H. Wigg y *Carex subantarctica* Speg. Las muestras de suelo fueron colectadas en la ZH y ZsH formando muestras compuestas a partir de 8-11 submuestras, en función del área, a dos profundidades, entre 0-30 (ZHsup) y 30-60 cm (ZHmin) y en la ZsH de manera superficial entre 0-30 cm (ZsHsup) (n=21). Las muestras a diferentes profundidades se recomiendan en suelos que pueden presentar problemas de salinidad o sodicidad o cuando se pretende realizar intersiembra para determinar la especie más adecuada y el sistema de siembra a utilizar (FAO, 2009). Asimismo, la textura limosa permite realizar el manejo hidrológico por subirrigación, ya que se requiere de

textura media a fina en la zona no saturada para que el agua ascienda por

capilaridad (Horne, 2010). Las mismas se recolectaron durante los meses de verano.

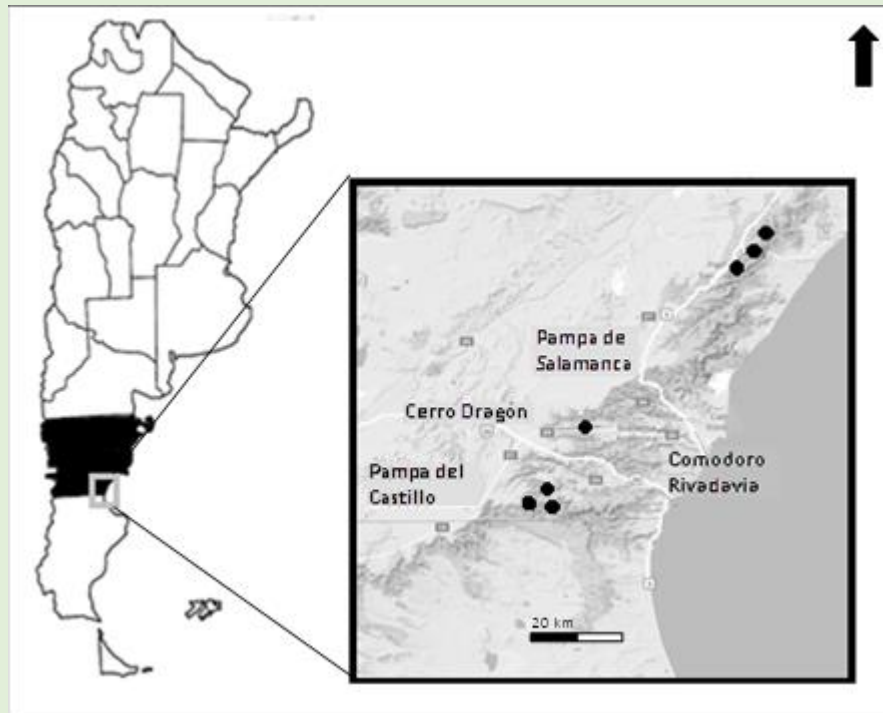


Figura 1. Ubicación del Distrito Fitogeográfico Golfo San Jorge.

Figure 1. Location of the Gulf San Jorge Phytogeographic District.

Análisis de suelos

Se determinó el porcentaje de las fracciones de arena, limo y arcilla por el Método de Bouyoucos (1962) y la clase textural según USDA (1999). La determinación del pH (1:1) se realizó según SAMLA (2004) y la conductividad eléctrica (CE 1:5) según Allison *et al.* (1980). El sodio (Na) y el potasio (K) fueron determinados por fotometría de llama, mientras que el calcio (Ca) y magnesio (Mg) por titulación

complejométrica (SAMLA, 2004). La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue determinada según Ritcher *et al.* (1982). En las muestras superficiales de ambas zonas (0- 30 cm), además de las variables nombradas se determinó el porcentaje de carbono orgánico (CO) (Nelson y Sommer, 1982; SAMLA, 2004), a partir del cual se estimó la materia orgánica (Carreira, 2005; De Vos *et al.*, 2007) mientras que el nitrógeno total (N_t) y fósforo disponible (P_d) fueron

obtenidos por los métodos de Kjeldal y Olsen (Bremner y Mulvaney, 1982; SAMLA, 2004). La evaluación de la calidad del suelo en base a los elementos físico químico se realizó según criterios de establecidos por SAMLA (2004).

Análisis estadístico

Se realizaron las pruebas no paramétricas de Krushal Wallis y Mann Whitney para determinar el efecto de los tratamientos (zonas) con las variables fisicoquímicas de las muestras de suelo. Cuando las diferencias fueron significativas se realizó el test a posteriori de Dunns con un nivel de significancia de 0,05 ($p < 0,05$). Los datos que se encontraban en porcentaje fueron transformados con la función raíz cuadrada. Posteriormente

se utilizó una técnica estadística multivariada, denominada análisis de componentes principales (ACP), la cual se realizó con los datos previamente estandarizados. Para el tratamiento estadístico se utilizó el software Past 3.19 (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Las clases texturales de los suelos resultaron francas. De las 21 muestras resultaron, ocho francos arenosos, tres francos arcillosos, nueve francos y uno franco limosos. El porcentaje de arena fue la fracción dominante, presento los mayores valores en la ZsHsup, disminuyó hacia la ZHsup ($p = 0,015$) con diferencias significativas (Tabla 1) y con la profundidad ZHmin.

Tabla 1. Porcentaje de las fracciones inorgánicas (media \pm desvío estándar) del suelo de los mallines por zona (ZsH=Zona subhúmeda, ZH=Zona húmeda y ZHmin=Zona húmeda mineral). ($p < 0,05$). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras, desvío estándar (DS) y \bar{X} (media).

Table 1. Percentage of inorganic fractions (mean \pm standard deviation) of the mallines soil by zone (ZsHsup= Superficial subhumid zone, ZHsup= Superficial humid zone and ZHmin= Mineral humid zone). ($p < 0,05$). The lowercase letters indicate significant differences between samples, standard deviation (DS), \bar{X} media.

	ZHsup	ZsHsup	ZHmin	$\bar{X} \pm DS$
Arcilla	17,82+7,58a	14,46+4,88a	17,49+7,02a	16,59+6,45
Limo	35,69+5,69a	26,21+8,03a	34,63+9,22a	32,18+8,57
Arena	46,49+6,19a	59,33+9,28b	47,86+9,85a	51,23+10,06

El pH de las muestras de suelo presentó valores entre muy levemente ácido (6,8) a fuertemente básicos (8,74) y la CE evidenció suelos no salinos (<2 ds/m).

Los mayores valores de pH y CE se encontraron en la ZsHsup (Tabla 2). Por su parte, la CE de la ZHsup disminuyó con la profundidad (ZHmin).

Tabla 2. Propiedades físico químicas (media \pm desvío estándar) (ZsHsup=Zona subhúmeda superficial, ZHsup=Zona húmeda superficial y ZHmin=Zona húmeda mineral). ($p < 0,05$). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras. pH, conductividad eléctrica (CE, dS/m), \bar{X} (media), desvío estándar (DS).

Table 2. Properties physical chemical (mean \pm standard deviation) of the mallines soil by zone (ZsHsup= Superficial subhumid zone, ZHsup= Superficial humid zone and ZHmin= Mineral humid zone). ($p < 0,05$). The lowercase letters indicate significant differences between samples. pH and electrical conductivity (CE, dS/m), \bar{X} (media), standard deviation (DS).

	ZHsup	ZsHsup	ZHmin	$\bar{X} \pm DS$
pH	7,79+0,61a	8,24+0,33a	7,81+0,72a	7,95+0,59
CE	0,93+0,33a	1,04+0,53a	0,76+0,46a	0,92+0,48

El % de mo y CO fue mayor en la ZHsup y disminuyó hacia la periferia de los mallines (ZsHsup). Esta misma relación se encontró para los nutrientes N_t y P_d , iones Na, K, Ca e índices PSI y CIC

(Tabla 3 y 4). El P_d y N_t correspondieron a la categoría bien provisto a muy bien provisto. Los valores de mo, se encontraron en la categoría de medios a extramadamente altos (SAMLA, 2004).

Tabla 3. Propiedades físico químicas (media \pm desvío estándar) (ZsHsup=Zona subhúmeda superficial, ZHsup=Zona húmeda superficial y ZHmin=Zona húmeda mineral). ($p<0,05$). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras. Materia orgánica (%mo), carbono orgánico (%CO), nitrógeno total (%N_t), relación carbono/nitrógeno (C/N) y fósforo disponible (mg/kg, P_d), \bar{X} (media), desvío estándar (DS).

Table 3. Physicochemical properties (mean \pm standard deviation) of the mallines soil by zone (ZsHsup= superficial subhumid zone, ZHsup= superficial humid zone and ZHmin= mineral humid zone). ($p<0,05$). The lowercase letters indicate significant differences between samples. Organic matter (%mo), organic carbon (%CO), total nitrogen (%N_t), relations carbon/nitrogen (C/N), available phosphorus (mg/kg, P_d), \bar{X} (media), standard deviation (DS).

	ZH	ZsH	$\bar{X}\pm DS$
mo	13,09+8,40a	6,12+4,91a	9,61+7,54
CO	7,32+4,89a	3,54+2,84a	5,43+4,31
N _t	0,61+0,30a	0,29+0,24a	0,45+0,31
C/N	11,57+3,60a	13,29+8,54a	12,43+6,36
P _d	43,43+16,30a	27,82+9,09a	35,63+15,05

El K presentó diferencias significativas ($p<0,049$). Los valores de CIC y K entre la ZHsup y ZHmin ($p<0,017$), como resultaron altas y el Mg sin deficiencias así también, entre ZsHsup y ZHsup (Tabla 4).

Tabla 4. Cationes e índices (media \pm desvío estándar). (ZsHsup=Zona subhúmeda superficial, ZHsup=Zona húmeda superficial y ZHmin=Zona húmeda mineral). ($p<0,05$). Las letras minúsculas indican diferencias significativas entre las muestras. K (cmol/Kg), Na (cmol/Kg), Ca (cmol/Kg) y Mg (cmol/Kg), CIC (capacidad de intercambio catiónico, cmol/Kg), PSI (porcentaje de sodio intercambiable, %), \bar{X} (media), desvío estándar (DS).

Table 4. Cations and index (mean \pm standard deviation) of the mallines soil by zone (ZsHsup= Superficial subhumid zone, ZHsup= Superficial humid zone and ZHmin= Mineral humid zone). ($p<0,05$). The lowercase letters indicate significant differences between samples. K (cmol/Kg), Na (cmol/Kg), Ca (cmol/Kg), Mg (cmol/Kg), CIC (cation exchange capacity, cmol/Kg), PSI (exchangeable sodium percentage, %), \bar{X} (media), standard deviation (DS).

	ZHsup	ZsHsup	ZHmin	$\bar{X}\pm DS$
K	4,36+2,27a	3,08+1,15b	1,94+0,73c	3,13+1,77
Na	7,63+5,29a	4,57+1,62a	4,71+2,03a	5,64+3,54
Ca	30,18+9,09a	30,07+8,80a	26,57+8,38a	28,94+8,49
Mg	11,59+5,48a	13,51+5,18a	10,76+5,42a	11,95+5,22
CIC	43,37+13,64a	38,25+20,53a	42,44+18,04a	41,36+16,89
PSI	18,37+13,71a	14,53+7,15a	12,99+8,65a	15,29+10,02

En general, resultaron suelos no salinos (CE<4 dS/m), alcalinos (< 8,5) y con PSI menor a 15. A excepción de una muestra, que resultó no salino sódico (Richards, 1970).

La ZsH presentó una variabilidad media (>50%) para K, Na, CIC, CE y PSI (Figura 2) y alta (>70%) para mo, CO y N_t (Figura 3).

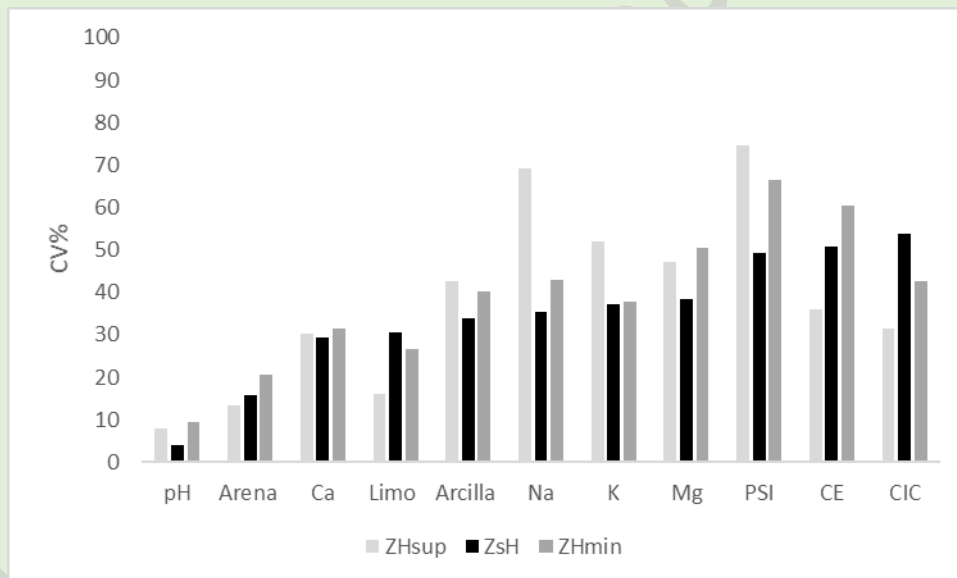


Figura 2. Coeficiente de variación (CV%) de las propiedades de los suelos de los mallines por zona. pH, Arena (%), Ca (cmol/Kg), Limo (%), Arcilla (%), Na (cmol/Kg), K (cmol/Kg), Mg (cmol/Kg), PSI (porcentaje de sodio intercambiable, %), CE (conductividad eléctrica, dS/m), CIC (capacidad de intercambio catiónico, cmol/Kg).

Figure 2. Coefficient of variation (CV%) of soil properties at mallines soil under different zone. pH, Sand (%), Ca (cmol/Kg), silt (%), Clay (%), Na (cmol/Kg), K (cmol/Kg), Mg (cmol/Kg), PSI (exchangeable sodium percentage, %), CE (electrical conductivity, dS/m), CIC (cation exchange capacity, cmol/Kg).

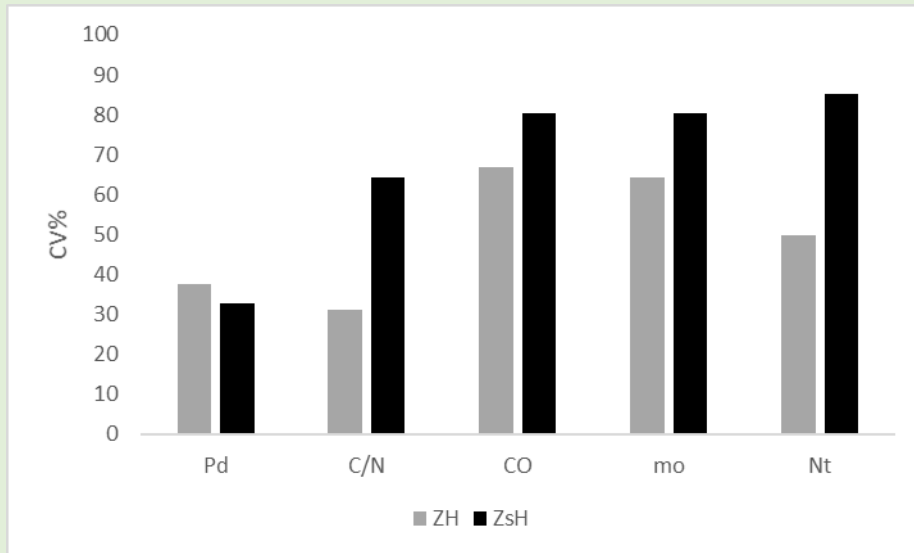


Figura 3. Coeficiente de variación (CV%) de las propiedades del suelo en diferentes zonas. P_d (fosforo disponible, mg/kg), C/N (relación carbono/nitrógeno), CO (carbono orgánico, %), mo (materia orgánica, %) y N_t (nitrógeno total, %).

Figure 3. Coefficient of variation (CV%) of soil properties at mallines soil under different zone. P_d (available phosphorus, mg/kg), C/N (relations carbon/nitrogen), CO (organic carbon, %), mo (organic matter, %) and N_t (total nitrogen, %).

El ACP relacionó las variables en función de las zonas. Los dos primeros componentes explicaron un 56,05 % (CP1 37,01, CP2 19,04) de la variabilidad de los datos. La asociación

uno está formada por arena y pH, la asociación dos, entre el Na, CE, K, P_d , PSI y la asociación tres, por Ca, CO, mo, N_t , Mg, CIC, limo y arcilla (Figura 4).

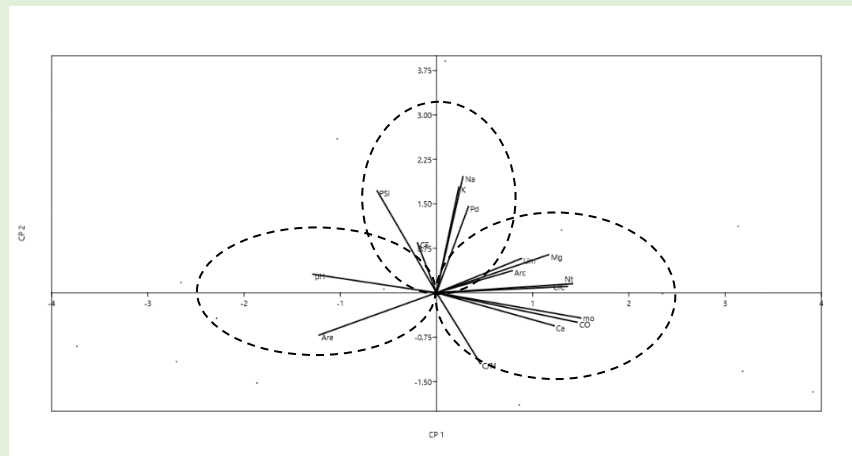


Figura 4. Analisis de los componentes principales (ACP). P_d (fosforo disponible, mg/kg), C/N (relación carbono/nitrógeno), CO (carbono orgánico, %), mo (materia orgánica, %) y N_t (nitrógeno total, %), pH, Arena (%), Ca (cmol/Kg), Limo (%), Arcilla (%), Na (cmol/Kg), K (cmol/Kg), Mg (cmol/Kg), PSI (porcentaje de sodio intercambiable, %), CE (conductividad eléctrica, dS/m), CIC (capacidad de intercambio catiónico, cmol/Kg) y componente principal (CP).

Figure 4. Principal components analysis (PCA). P_d (available phosphorus, mg/kg), C/N (relations carbon/nitrogen), CO (organic carbon, %), mo (organic matter, %) y N_t (total nitrogen, %), pH, Sand (%), Ca (cmol/Kg), silt (%), Clay (%), Na (cmol/Kg), K (cmol/Kg), Mg (cmol/Kg), PSI (exchangeable sodium percentage, %), CE (electrical conductivity, dS/m), CIC (cation exchange capacity, cmol/Kg), Main component (CP).

Discusión

La distribución espacial de las variables fisicoquímicas del suelo se presentó sin diferencias significativas, a excepción de la arena (Tabla 1) y K (Tabla 4), por lo que las prácticas de manejo podrían realizarse de manera homogénea en las diferentes zonas de los mallines del DFGSJ. Según (Mazzoni y Rabassa, 2013) los mismos corresponden a la categoría mallines típicos no degradados. El mayor porcentaje de arena de la ZsH se corresponde con los aportes provenientes de las laderas de los cañadones debido a los fuertes vientos de

la región. Asimismo, los mallines se encuentran sobre depósitos aluviales, formados por procesos fluvio-glaciares que proveyeron los sedimentos arenosos de los fondos de valle (Mazzoni y Rabassa, 2013) que predominan actualmente. Las diferencias en las concentraciones de K podrían deberse a la mayor meteorización y liberación del K de los feldspatos potásicos (illita) en la ZsH por la mayor oxigenación. De esta manera, en profundidad los porcentajes de arcillas disminuyen, al igual que los aporte de K. Otros autores encontraron diferencias en mallines de Pakistan

(Wazir *et al.*, 2008) y EEUU (Castro *et al.*, 2018) entre los porcentajes de las arcilla y arena. Los suelos francos con altos porcentajes de limo son aptos para la subirrigación, por lo que Horne (2010) afirma que al suplir el déficit hídrico estival este método, aumentaría la productividad primaria.

La caracterización de los suelos indicó propiedades adecuadas para la producción vegetal, ya que los suelos francos retienen el agua y nutrientes necesario para el crecimiento vegetal. Fueron mayores las concentraciones de nutrientes en ZH debido al aporte de agua (Tabla 3), al igual que lo encontrado por Chimner *et al.* (2011). Estudios de larga duración realizados por Kätterer *et al.* (2011) sugieren que las raíces contribuyen más a la materia orgánica estable del suelo que los residuos aportados por la biomasa aérea. Los valores de materia orgánica fueron muy altos (Tabla 3), por su parte Mazzoni y Rabassa (2013) registraron menores valores de materia orgánica y N_t en los mallines de Patagonia de condición típicos no degradados y Ultrilla *et al.* (2020) similares de materia orgánica (11%).

Los suelos resultaron alcalinos a excepción de dos muestras con valores levemente ácidos que presentan las mayores

concentraciones de materia orgánica, la cual provee los ácidos de su descomposición (Tabla 2). Estos valores se deben a las altas concentraciones de carbonatos típicos de zonas áridas (Bouza, 2012). En mallines del N y O de Patagonia Chimner *et al.* (2011) y Gaitán *et al.* (2011) registraron algunos mallines con pH alcalinos, al igual que Filipová *et al.* (2013), Ultrilla *et al.* (2020) y Vargas (2017) en Patagonia sur y en otros lugares del mundo (Wazir *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2018). Valores de pH mayores a 7,5 dificultan la absorción y disponibilidad de nutrientes, ya que los OH producen la precipitación de compuestos insolubles de Fe, Mn, Cu, B y Zn (Panday *et al.*, 2019). Los mallines correspondieron a la categoría no salino-no sódico (Richard, 1970), a excepción de un sitio que resultó no salino sódico. Si bien, resultaron no sódicos porque el pH es levemente menor a 8,5, cinco mallines presentaron valores de PSI mayores a 15 (Tabla 4). Estos valores deberían monitorearse, ya que las altas concentraciones de Na provocan la repulsión de las arcillas alterando la movilidad del agua en el suelo, al disminuir la infiltración. Además el Na es nocivo para las plantas, porque al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, las plantas deben adaptarse para seguir absorbiendo agua

con un consumo de energía mayor que provoca una disminución de la productividad. Las altas concentraciones de sales, entre ellas el Na, se pueden deber al agua que escurre de las partes altas que atravesó la unidad geológica Fm. Patagonia de origen marino (Sciuto, 2008) con la acumulación en las partes inferiores de las cuencas de baja pendiente (Mazzoni y Rabassa, 2013). Además, el sobrepastoreo dejó pequeñas áreas con suelo desnudo donde el agua asciende por la evaporación acarreado las sales a la superficie (Gandullo *et al.*, 2011; Ultrilla *et al.*, 2020; Peng *et al.*, 2020).

La mayor CE se observó en ZHsup debido al ascenso capilar del agua por la alta evapotranspiración favorecida por los fuertes vientos (Tabla 2). La disminución de la CE en la ZH se debería al lavado de las sales producido por el curso central, que circula principalmente en época invernal. Se encontraron similares valores en Patagonia norte (Gaitán *et al.*, 2011) y sur (Filipová *et al.*, 2013; Vargas, 2017) y valores mayores en Patagonia sur (Ultrilla *et al.*, 2020).

La relación C/N detectada en ambas zonas mostró una tasa de mineralización adecuada, resultando de moderada a alta y apropiadas condiciones para humificar el suelo, ya que valores menores a 15

evidencian que se presenta suficiente N disponible y asimilable para el desarrollo vegetal (Oosterheld *et al.*, 1998).

El coeficiente de variación (CV>50%) del PSI, Na y CE, CO, N y C/N, reflejó la variabilidad propia de cada mallín (Figura 2). Estos resultados están de acuerdo con lo encontrado por Filipová *et al.* (2013), Mazzoni y Rabassa (2013) y Vargas (2017). La variabilidad del PSI, Na y CE puede deberse a los aportes laterales de las zonas altas que atravesaron la Fm. Patagonia (Andreazzeani *et al.*, 2020) y adquirieron sales en su recorrido, mientras que la variabilidad de N_t se debería a la elevada lixiviación que ocurre en suelos arenosos (Quiroga y Bono, 2012), La cual depende de la concentración de agua y características del mallín. La presencia de agua esporádica y características propias de cada mallín como la microtopografía de la ZsH determinaría la variabilidad de compuestos orgánicos (Figura 3).

El ACP corroboró las relaciones entre las variables fisicoquímicas de las zonas. Se asociaron las variables dominantes en la ZsH, arena y pH (Figura 4). Las otras dos asociaciones se corresponden con elementos mayoritarios en la ZH, la asociación Na, K, CE, Pa, PSI, relaciona la mayor CE con la presencia de sales sódicas y potásicas. Fu *et al.* (2013)

encontraron correlaciones positivas entre algunas variables como el P y K. La asociación integrada por Ca, CO, mo, N_t, Mg, CIC, limo y arcilla (Figura 4), se debería a la retención de la materia orgánica y los nutrientes asociados a su descomposición donde las altas concentraciones de limo y arcilla, proporcionan estabilidad al suelo (Castro *et al.*, 2008).

Conclusión

La distribución espacial de las variables fisicoquímicas en los mallines del DFGSJ

Bibliografía

Alhassan, AM, Ma, W, Li, G, Jiang, Z, J Wu & G Chen. 2018. Response of soil organic carbon to vegetation degradation along a moisture gradient in a wet meadow on the Qinghai-Tibet Plateau. *Ecol and Evol* 8:11999–12010.

Allison, LE; I Bersetain; CA Bower; J Brown & LA Richard. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa, México.

Andreazzini, MJ; SB Degiovani; AR Prieto; A Tripaldi & ME Luque. 2020. Mallines en la Sierra de Comechingones, Sierras Pampeanas, Argentina. Caracterización geológico-geomorfológica y reconstrucción paleoambiental durante el Holoceno. *Andean Geol* 47 (1): 77-109.

Bertiller, M; A Beeskow & M Irrisari. 1981. Caracteres fisonómicos y florísticos de la vegetación del Chubut. Secretaría del Estado de ciencia y tecnología. Consejo Nacional de

se presentó sin diferencias significativas a excepción del porcentaje de arenas y K. Lo que indica que el manejo de los mallines puede realizarse de manera homogénea. Los suelos se encuentran bien provistos de los elementos necesarios para el desarrollo vegetal. Resultaron no salinos no sódicos, pero algunos con valores altos de PSI, por lo que debería monitorear esta variable en el tiempo para implementar medidas y mantener la productividad actual.

Investigaciones Científicas. Contribución 40. CENPAT. Argentina.

Bouyoucos, GJ. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agr J* 54: 464-465.

Bouza, PJ. 2012. Génesis de las acumulaciones de carbonatos en Aridisoles Nordpatagónicos: su significado paleopedológico. *Rev de la Asoc Geol Argentina* 69: 300-315.

Bremner, JM & CS Mulvaney. 1982. Nitrogen total. *Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties* (pp. 595-624 pp). Madison, WI: American Society of Agronomy, Inc and Soil science society america, INC.

Cabrera, AL. 1980. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 14:1-42.

Castro, M; F Machado Pérez & R Raven. 2018. Alpine wet meadows: soil properties effect on plant diversity. *Ecol and Conser Res*. 2:1-11.

Carreira, D. 2005. Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. En: L

- Marbán & S Ratto (eds). Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. pp. 91-102.
- Chimner, A; GL Bonvissuto; MV Cremona; JJ Gaitán & CR López. 2011. Ecohydrological conditions of wetlands along a precipitation gradient in Patagonia, Argentina. *Wetlan ecohydrology along a precipitation gradient. Ecol Austral* 21:329-337.
- Ciarlo, EA; MP Mushiatti; N Peralta; M Comparín; F Gregorini; PA Cipriotti & L, Guiffre. 2020. Variabilidad espacial de propiedades del suelo: efecto del uso y tipo. *Cienc del suelo* 38: 249: 261.
- Cruzate, GA & JL Panigatti. 2006. Mapa de Suelos y Ambientes de Chubut, Argentina. Fundación ArgenINTA. 411 pp.
- Cuassolo, F & V Díaz Villanueva. 2019. Exóticas en humedales: Análisis de las comunidades vegetales de mallines y urbanos en la ciudad de Bariloche. *Ecol Austral* 29:405: 415.
- De Vos, B, S Lettens, B Muys & JA Deckers. 2007. Walkley-Black analysis of forest soil organic carbon: recovery, limitations and uncertainty. *Soil Use and Manag* 23: 221-229.
- Domínguez Díaz, E & J Ivelic Sáez. 2020. Caracterización de la composición y estructura florística en las geoformas asociada a una vega, en Centro Región de Investigación INIA Kampenaike en la región de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia Chile* 48: 29: 41.
- FAO. 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Guía para la descripción de suelos- Cuarta Edición Roma.
- Filipová, L; R Hédli y M Dančák. 2013. Magellanic Wetlands: More than Moor. *Folia Geobotanica* 48: 163-188.
- Fu, W; K Zhao; P Jiang; Z Ye; H Tunney & C Zhang. 2013. Field-scale variability of soil test phosphorus and other nutrients in grasslands under long-term agricultural managements. *Soil Res* 51: 503-512.
- Gaitán, JJ; CR López & DE Bran. 2011. Vegetation composition and its relationship with the environment in mallines of north Patagonia, Argentina. *Wetlands Ecol Manag* 19:121-130.
- Gandullo, R; Schimid, P & O Peña. 2011. Dinámica de la vegetación de los Humedales del Parque Nacional Laguna Blanca (Neuquén) Argentina. Propuesta de un modelo de estados y transiciones. *Multequina* 20: 43-62.
- Hammer, O; Harper, DAT & P Ryan. 2001. Past. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleont Electr.*
- Horne, F. 2010. Manejo hidrológico de mallines: aplicación al manejo sustentable del Mallín Genoa. Educo Editorial de la Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. 61 pp.
- Hu, K; S Wang; H Li; F Huang & B Li. 2014. Spatial scaling effects on variability of soil organic matter and total nitrogen in suburban Beijing. *Geoderma* 226-227:54-63.
- Jocou, AI & R Gandullo. 2020. Diversidad de plantas vasculares de los humedales de la Norpatagonia (Argentina). *Rev Museo Argentino Cienc Naturales* 22:131-154.
- Kätterer T; MA; Bolinder, O, Andrés, H Korchmann & L. Menichetti. 2011. Roots contribute more to refractory soil organic matter than above-ground crop residues, as revealed by a long-term field experiment. *Agr. Ecosyst. Environ.* 141:184-192.
- Kulik, M. 2014. Changes of Biodiversity and Species Composition of Molinia Meadow Depending on Use Method. *Pol J Environ Stud* 23:773-782.
- Laterra, P., B Martín López; M Mastrángelo & L Garibaldi. 2017 Servicios ecosistémicos en Latinoamérica. *Ecol Austral.* 27:094-098.

- Mazzoni, E. & J. Rabassa. 2013. Types and internal hidro-geomorfologic variability of Patagonia: Emphasis on volcanic plateaus. *S Am Earth Sciences Wetl* 46:170-182.
- Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink. 2015. *Wetlands*. 5 ed. Wiley. Hoboken. 736 pp.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1982. Total Carbon, organic carbon and organic matter. In: Al Paga (Eds) *Methods of soil Analysis. Part 2 American Society of Agronomy, Agronomy 9*. Madison, WI, USA, pp 539-579.
- Oesterheld, M., M.R Aguiar & JM Paruelo. 1998. Ecosistemas patagónicos. *Ecol Austral* 8:75-84.
- Paruelo, JM; A Beltrán; EM Jobbagy; OE Sala & RA Golluscio. 1998. The climate of Patagonia: general patterns and control on biotic processes. *Ecol Austral* 8: 85:101.
- Panday, D., R.B Ojha; D Chalise; S Das & B. Twanabasu. 2019. Spatial variability of soil under different land use in the Dang district of Nepal. *Cog Food and Agriculture* 5: 1600460.
- Peng, F; X Xue; Ch Li; Ch Lai; J Sun; M Tsubo; A Tsunekawa & T Wang. 2020. Plant community of alpine steppe shows stronger association with soil properties than alpine meadow along side degradation. *S of the total environment conservation*.
- Qi, Q., D Zhang; S Tong; M Zhang; X Wang; Y An & X Lu. 2021. The driving mechanisms for community expansion in a restored *Carex tussock* wetland *Ecol Indicators* 121:107040.
- Quiroga, A. & A. Bono. 2012. *Manual de fertilidad de los suelos*. INTA. Ediciones INTA. Argentina.
- Richards, LA. 1970. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Centro regional de ayuda técnica, AID. México. 172 pp.
- Ritcher, M, ME Conti, & G.D Maccarini. 1982. Mejoras en la determinación de cationes intercambiables, acidez intercambiable y capacidad de intercambio catiónico en suelos. *Rev de la Facultad de Agro*. 3:145-155.
- SAMLA. 2004. *Curso del Sistema de Apoyo Metodológico a Laboratorios de Análisis de suelos, agua, vegetales y enmiendas orgánicas*. Ministerio de Producción y Trabajo de la Nación.
- Sciutto, JC; O Césari & N Iantanos. 2008. Hoja geológica 4569-IV Escalante, escala 1:250000: Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina, Secretaría de Minería de la Nación, Dirección Nacional del Servicio Geológico, Buenos Aires. Boletín 351, 76 pp.
- Squeo, F, E Ibacache; B Warner; D Espinosa; R Aravena & JR Gutiérrez. 2006. Productividad y Diversidad Florística de la Vega Tambo Cordillera de Doña Ana. *La Alta Montaña del Valle del Elqui*. Chile. 323-352.
- Tian, L; Y Bai; W Wang; G Qu; Z Deng; R Li & J Zhao. 2020. Warm- and cold- season grazing affect plant diversity and soil carbon and nitrogen sequestration differently in Tibetan alpine swamp meadows. *Plant and Soil*. 458:151-164.
- Utrilla, V; M Brizuela & A Cibils. 2005. Riparian habitats (mallines) of Patagonia. A key grazing resource for sustainable sheep-farming operations. *Agric* 34: 55-59.
- Utrilla V. R; M Andrade; S Billoni; B Rogel; P Peri; M.V Sturzenbaum & V Rogel. 2014. Monitoreo de indicadores de mallines bajo pastoreo ovino en el sur de Santa Cruz. Ediciones INTA. 31 pp.
- Utrilla, VR; M Andrade; S Billoni; B Rogel & P Peri. 2020. Evaluación de indicadores de degradación y biomasa radical en mallines de una cuenca hídrica del sur de Santa Cruz. *Ecol Austral* 30:401-414.
- USDA. 1999. *Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo*. 82 pp.
- Usowicz, B & J Lipiec. 2017. Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated

fiel don Sandy soil. *Soil y Tillage Research* 174:241-250.

Vargas, PP. 2017. Mallines del sur de la Patagonia: interacciones entre unidades fisiográficas y productividad en diferentes ambientes geomorfológicos. Tesis título de Doctor en Ciencias aplicadas. Universidad Nacional de Lujan. 216 pp.

Wazir, S. M; A Dasti; S Saima; J Shah; & F Hussain. 2008. Mutivariate analysis of vegetation of Chapursan Valley: An alpine meadow in Pakistan. *Pak. J. Bot* 40: 615-626.

Zhang, W; X Xue; F Pengac; Q You & A Haoab. 2019. Metaanalysis of the effects of grassland degradation on plant and soil properties in the apline meadows of the Qinghai Tibetan Plateau. *Global Ecol and Conser* 20:e00774.

Naturalia Patagónica