

Descripción de la vegetación, suelo y tasas de crecimiento de vegas y coironales en la Región de Magallanes

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / N° 486

ISSN 0717 - 4829

Autores:

- **Iván Ordóñez V.**

INIA Kampenaike

- **Sergio Radic-Schilling**

Universidad de Magallanes

- **Jorge Ivelic-Sáez**

Universidad Austral de Chile

- **René Muñoz-Arriagada**

Universidad de Magallanes

- **Dante Pinochet T.**

Universidad Austral de Chile

- **Nilo Covacevich C.**

Ing. Agrónomo, M.Sc. Ph.D.

- **Susana Valle T.**

Universidad Austral de Chile

- **Ana Luisa Tapia T.**

Servicio y Agrícola Ganadero

- **Paula Oyaneder P.**

INIA Kampenaike

- **Jaime Valenzuela M.**

INIA Kampenaike

- **Alinne Castro S.**

Universidad de Magallanes

- **Mirna Navarro N.**

Universidad de Magallanes



Descripción de la vegetación, suelo y tasas de crecimiento de vegas y coironales en la Región de Magallanes

Autores:

Iván Ordóñez V.

Sergio Radic-Schilling

Jorge Ivelic-Sáez

René Muñoz-Arriagada

Dante Pinochet T.

Nilo Covacevich C.

Susana Valle T.

Ana Luisa Tapia T.

Paula Oyaneder P.

Jaime Valenzuela M.

Alinne Castro S.

Mirna Navarro N.

INIA KAMPENAIKE

Av. España 01720, Punta Arenas

Boletín N° 486

ISSN 0717 - 4829



Este boletín fue editado por el Centro Regional de Investigación INIA Kampenaike, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, apoyado por el proyecto FIA EST-2021-0603 "Variables relevantes para el desarrollo de modelos predictivos de crecimiento en pastizales Magallánicos ". Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y autores.

Editores:

Iván Ordoñez V., Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Ph.D. Investigador INIA Kampenaike
Sergio Radic-Schilling, Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Ph.D. Universidad de Magallanes
Raúl Lira F., Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Investigador INIA Kampenaike

Créditos:

Erwin Domínguez D., Licenciado en Biología, M.Sc. Director Regional INIA Kampenaike
Claudia Gómez N., Ingeniera Agrónoma, M. Sc. Subdirectora de investigación INIA Kampenaike
Andrea Romero G., Periodista, Analista de Comunicación Dirección Nacional INIA
Gabriel Quilahuilque M., Diseñador Gráfico.

BOLETÍN INIA N°486

ISSN 017-4829

Cita Bibliográfica correcta:

Ordóñez, I.; Radic-Schilling, S.; Ivelic-Sáez, J.; Muñoz-Arriagada, R.; Pinochet, D.; Covacevich, N.; Valle, S.; Tapia, A.; Oyaneder, P.; Valenzuela, J.; Castro, A.; Navarro, M. 2023. Descripción de la vegetación, suelo y tasas de crecimiento de vegas y coironales en la Región de Magallanes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°486, 100p.

Punta Arenas, Chile, 2023.





Índice

Introducción	7
Bibliografía	9
Capítulo 1: Distribución espacial y clima de los pastizales en Magallanes	13
Descripción geográfica y climática de Magallanes.....	13
Distribución de los pastizales en Magallanes.....	17
Vegetación de la estepa patagónica.....	19
Bibliografía.....	23
Capítulo 2: Sistemas de pastoreo, paisaje y patrimonio en Magallanes	27
Introducción.....	27
El paisaje magallánico.....	28
Valoración agrícola y ganadera.....	30
Definiciones de pastizal ideal.....	30
Clímax y condición.....	30
Estados múltiples.....	31
Grupos funcionales.....	32
El pastizal deseable.....	32
Coironales en Nueva Zelanda y Argentina.....	32
Coironales en Magallanes.....	33
Control de la vegetación a través del pastoreo.....	34
Efectos de la intensidad de pastoreo ovino en la composición botánica y producción del coironal mesófito magallánico.....	35
Respuesta al manejo de pastoreo tradicional (estacional continuo) en las principales especies de la zona de transición mata-coirón magallánica (<i>Festuca gracillima</i> - <i>Chiliotrichum diffusum</i>).....	36
Conclusiones.....	40
Bibliografía.....	40



Capítulo 3: Estudios de suelos realizados en la región de Magallanes	45
Clasificaciones de suelo de Magallanes	47
Díaz et al. (1959-1960).....	47
Clasificación de suelos por provincia	49
Suelos de Vegas	55
Fertilidad de los suelos de Magallanes	58
Díaz et al. (1959-1960)	58
Schenkel et al. (1973)	58
Sáez (1994).....	60
Valle et al. (2015)	63
Ivelic-Sáez (2021)	66
Comentarios finales	67
Bibliografía	68

Capítulo 4: Relación suelo-planta- agua: tasas de crecimiento y dinámica hídrica de los pastizales en la región de Magallanes	73
Descripción productiva de los coironales	74
Crecimiento de <i>Festuca gracillima</i> (Coirón).....	75
Descripción productiva de las vegas	77
Tasa de crecimiento y modelamiento de crecimiento de biomasa.....	80
Tasa de crecimiento de la planta de <i>Festuca gracillima</i> (coirón)	82
Crecimiento de los pastizales y prospección de un modelo de crecimiento para Magallanes	83
Dinámica hídrica de coironales y vegas en la región	88
Calidad nutricional de los coironales y vegas	94
Comentarios finales	95
Bibliografía	96





Introducción

Iván Ordóñez V.

Ing. Agrónomo. M.Sc., Ph.D.
INIA Kampenaike

La Región de Magallanes genera un 56 % de la producción ovina en Chile (INE, 2007) y un 80 % de la producción de carne ovina a nivel nacional (ODEPA, 2019), la que se desarrolla en los pastizales naturales (vegas y coironales) que ocupan aproximadamente 3 millones de hectáreas (INE, 2007). Tradicionalmente, los sistemas ganaderos a nivel regional utilizan el pastoreo continuo, siendo el criterio de defoliación mayoritariamente el tiempo (Radic-Schilling et al., 2021). Sin embargo, una de las razones de por qué el criterio de pastoreo es determinado en función del tiempo o la apreciación visual de los pastizales, es la falta de herramientas de fácil aplicación para la estimación de biomasa (Borrelli, 2001). Las herramientas existentes para determinar disponibilidad de biomasa y condición de los pastizales, son el método "Santa Cruz", "Botanal" (Borrelli y Oliva, 2001) y "nueve pasos" (Domínguez et al, 2017). Sin embargo, la aplicación de estas metodologías presenta las siguientes dificultades para la estimación de biomasa: 1) grandes extensiones de terrenos, con estancias de miles de hectáreas y potreros de cientos de hectáreas; 2) alta heterogeneidad de los pastizales, con distintas estructuras vegetales; 3) el tiempo requerido en la aplicación de las metodologías mencionadas. Por lo tanto, para confeccionar una curva de crecimiento y poder determinar las tasas de crecimiento diarias en una estancia con las herramientas existentes, es requerido una excesiva cantidad de horas de trabajo y recursos. Debido a estas razones, existe una baja aplicación de las metodologías mencionadas en la ganadería magallánica, afectando la estabilidad de los ecosistemas de pastizales por efectos del sobrepastoreo (CIREN, 2010).

Existen numerosos estudios en los que se evalúan los potenciales productivos en la región. Se ha establecido que un coironal produce entre 150-2000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ (Covacevich, 2001, 2006; SAG 2003) y una vega entre 500-12 800 kg MS ha⁻¹ (Covacevich, 2001; SAG, 2004; Jara, 2018). La variabilidad de la producción dependerá de la condición del pastizal y su producción inicial. Si bien se tienen información sobre las producciones totales, no existe alguna herramienta que entregue información de las tasas de crecimiento según los eventos climáticos que van ocurriendo en periodos específicos. La acumulación de biomasa en periodos



específicos es información necesaria para ajustar la carga animal y los tiempos de pastoreo, criterios importantes para mejorar la sustentabilidad de los ecosistemas pastoriles. Por lo tanto, estimar las tasas de crecimiento diarias durante un periodo de crecimiento sería una herramienta práctica, para tomar decisiones en el manejo de pastoreo y evitar la degradación de los ecosistemas frente al cambio climático. En el presente trabajo se muestra una primera aproximación para generar información necesaria, que permita la estimación de biomasa a través de la colecta de datos climáticos y de crecimiento. Esto para solucionar y facilitar las decisiones de manejo orientadas a evitar el sobrepastoreo que, como consecuencia, genera una disminución de la productividad primaria neta y, consecutivamente, una disminución de la productividad secundaria. Esto se puede observar en la disminución constante de la masa ganadera en la región a partir de 1975 (INE 1955; 1965; 1975; 1997; 2007), desde alrededor de 2 700 000 cabezas ovina (INE, 1965), llegando a 2.200.000 durante el censo del 2007 (INE, 2007), hasta 1.417.000 en la actualidad (INE, 2021). Esta disminución en la producción implica que los 300 ganaderos medianos y grandes de la región, y los mataderos existentes se verán afectados en forma directa, consecuencia que será agravada por los eventos climáticos extremos, como las

probables sequías severas estimadas para la región (Gonzales-Reyes et al., 2017). Las iniciativas para evitar las consecuencias productivas del problema señalado no son de corto plazo. Sin embargo, comenzar con el desarrollo de modelos que estimen las tasas de crecimiento, podría ser una opción para mejorar el manejo de los pastizales en Magallanes, siendo la prospección de las variables relevantes para la aplicación de un modelo, un comienzo necesario para entregar una herramienta práctica y confiable.

En consecuencia, se plantea realizar una evaluación del crecimiento de los pastizales en cuatro sitios distintos de la región (Tierra del Fuego y continente) para determinar las diferencias producidas en las tasas de crecimiento en vegas y coironales; y analizar la precisión en la estimación de biomasa, a través de una prospección de un modelo predictivo llamado PradSim (Pinochet, 2011;2022), utilizando las variables relevantes en el crecimiento de las plantas. Esto permitirá –dependiendo de la precisión en la estimación– usar a futuro el PradSim como base para el desarrollo de un nuevo modelo adaptado a las condiciones de Magallanes, pudiendo estimar el crecimiento diario de biomasa en distintos lugares de la región.

Para comprender la variabilidad en el crecimiento de los pastizales a nivel regional, el presente boletín entregará una descripción de la vegetación de relevancia ganadera; una descripción de los tipos de suelos existentes en la región y sus características químicas de suelo. Además, se presentarán resultados actualizados de la fisiología del crecimiento de *Festuca gracillima* (coirón) y se mostrarán los resultados del año de evaluación (2022-2023) de tres sectores de la región (INIA Kampenaike, San Gregorio, Cerro Sombrero), los que incluyen: tasas de crecimiento, producción acumulada de materia seca, dinámica de agua de los suelos y dinámica de temperatura de los suelos.

Bibliografía

- Borrelli, P. & Oliva, G. 2001. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral, tecnología de manejo extensivo (Eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. pp. 270.
- Borrelli, P. 2001. Producción animal sobre pastizales naturales. IN: Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral, tecnología de manejo extensivo (Eds. Pablo Borrelli y Gabriel Oliva). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. pp. 270.
- CIREN. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Región de Magallanes y Antártica Chilena. Síntesis de Resultados. (eds. J.P. Flores, E. Martínez, I. Ahumada, E. Marión, P. Avendaño, G. Henríquez, P. Torres). Publicación CIREN N°153. 46 pp.
- Covacevich, C. 2001. Guía de manejo de coironales: Bases para el planeamiento de la estancia. Boletín INIA 47:1-23.
- Covacevich, N. 2006. Efectos de la carga animal en la composición botánica y producción ovinadel coironal mesófito Magallánico. En Sochipa en Magallanes 30 años. (Ed. Strauch, O., Covacevich, N., Cárdenas, A.). 108 pp.
- Domínguez, E., Pérez, C., Suarez, A., Lira, R., Ivelic-Saéz, J. & de la Fuente, J. 2017. Manual para estimar la cantidad de forraje disponible en pastizales naturales: una herramienta necesaria para un uso racional de estos ecosistemas. Boletín INIA N° 401. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile 154 pp.
- González-Reyes, Á., Aravena, J.C., Muñoz, A.A., Soto-Rogel, P., Aguilera-Betti, I., Toledo-Guerrero, I., 2017. Variabilidad de la precipitación en la ciudad de Punta Arenas, Chile, desde principios del siglo XX. Anales del Instituto de la Patagonia. 45, 31-44.
- INE. 1955, 1965, 1975. Censos Agropecuarios de Chile. Santiago, Chile
- INE. 1997. Censo Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de estadísticas (INE). Santiago, Chile.

- INE. 2007. Censo Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de estadísticas (INE). Santiago, Chile.
- INE. 2021. Censo Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de estadísticas (INE). Santiago, Chile.
- Jara, R. 2018. Factores de demanda de macronutrientes minerales, en las praderas de vega, Tierra del Fuego, Magallanes. Tesis de Magister. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 111 pp.
- ODEPA -INE, 2019. II Censo Nacional Agropecuario y Forestal. In: Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Información Regional 2019, Chile. 16 pp.
- Pinochet, D., 2011. Modelo agroclimáticos para caracterizar y cuantificar áreas homogéneas de producción de forraje. Proyecto Consorcio Lechero. Consultado 05 - 07 - 2021. <https://consorciolechero.cl/chile/documentos/p.predial/forraje/info-results-proyectos-fiam2p1.pdf>
- Pinochet, D.; Almonacid, T.; Ordóñez, I.; Jara, R. 2022. Predicción de los factores de estrés hídrico y térmico en praderas creciendo en Kampenaike desde 2012 a 2022. IN: Proceedings of the XLVII Congreso SOCHIPA A.G. (Eds. Teuber, O., Reyes, C., Martínez, M.). pp. 89-90.
- Dante, P.; Almonacid, T.; Ordóñez, I.; Jara, R. 2022. Predicción de los factores de estrés hídrico y térmico en praderas creciendo en Kampenaike desde 2012 a 2022. IN: Proceedings of the XLVII Congreso SOCHIPA A.G. (Eds. Teuber, O., Reyes, C., Martínez, M.). pp. 89-90.
- Radic-Schilling, S., Sales, F., Lira, R., Muñoz-Arriagada, R., Corti, P., Covacevich, N., Ivelic-Sáez, J., Ordóñez, I., Vidal, O., Echeverría & R., Sandoval, C. 2021. Magallanes Sheep Farming, in: Gonzalez, M., Palacios, C. (Eds.), Sheep Farming - Herds Husbandry and Management System, Reproductive and Improving Animal Health. IntechOpen. 1-29 pp.
- SAG. 2004. El pastizal de Última Esperanza y Navarino. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno Regional de Magallanes y la Antártica Chilena. 127 pp.



Capítulo 1

Distribución espacial y clima de los pastizales en Magallanes

René Muñoz-Arriagada

Ing. Forestal. M.Sc,
Universidad de Magallanes

Ana Luisa Tapia T.

Geógrafa
Servicio Agrícola y Ganadero Magallanes

Descripción geográfica y climática de Magallanes

En la zona meridional de Chile y del continente americano se emplaza la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Con una superficie de 132 033,5 km² (aproximadamente, el tamaño de Grecia) y ubicada entre los 48° 40' y 56° 30' de latitud sur, esta región corresponde a la más extensa y de mayor desarrollo latitudinal en el país. Sus límites están definidos por la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo hacia el norte. Hacia el este, deslinda con la República de Argentina, mientras que al oeste, suroeste y sur, se presenta el océano Pacífico (Figura 1i). Según Martinic (2001) la región tiene características que le otorgan una singularidad geográfica, dentro de las que podemos mencionar:

- Posee acceso geográfico a tres océanos: Pacífico, Atlántico y Antártico.
- El mar penetra e intercomunica al territorio, de tal manera que no hay zona que se aleje más de 60 km de la línea de costa, por tanto, el mar juega un rol fundamental en esta región.
- La cordillera de los Andes genera una vertiente occidental y una oriental, ambas con características climáticas y fisiográficas propias.

Se pueden distinguir tres zonas geográficas en Magallanes: la sección meridional de la Patagonia, la parte occidental de la Isla Grande de Tierra del Fuego (isla de connotación binacional) y la sección archipelágica, compuesta por los archipiélagos patagónicos y los archipiélagos adyacentes a la isla de Tierra del Fuego, que terminan al sur con el grupo de islas que conforman el archipiélago Cabo de Hornos. En la misma línea, desde un enfoque orográfico, en la región se reconocen cuatro zonas: las planicies o tierras bajas orientales, caracterizadas por áreas de llanuras; lomas y algunas zonas mesetiformes, donde las elevaciones medias no superan los 100 m.s.n.m.; la zona subandina oriental, que corresponde a una franja de ancho variable que representa la transición entre las planicies orientales y la cordillera, caracterizada por mesetas y cordones montañosos de baja altura (500 m.s.n.m promedio, encontrando algunas elevaciones que sobrepasan los 1000 m.s.n.m.); y la zona cordillerana, compuesta principalmente por los Andes Patagónicos y Fueguinos. Aquí, los Andes pierden su connotación de muralla continua como ocurre en el resto del país, con elevaciones que pueden llegar a superar los 3 000 m.s.n.m. Finalmente, encontramos la zona archipelágica compuesta por numerosos fiordos y canales, formando un paisaje de islas de carácter montañoso, pero que rara vez superan los 1 000 m.s.n.m. (Pisano 1977; Martinic 2001) (Figura1).

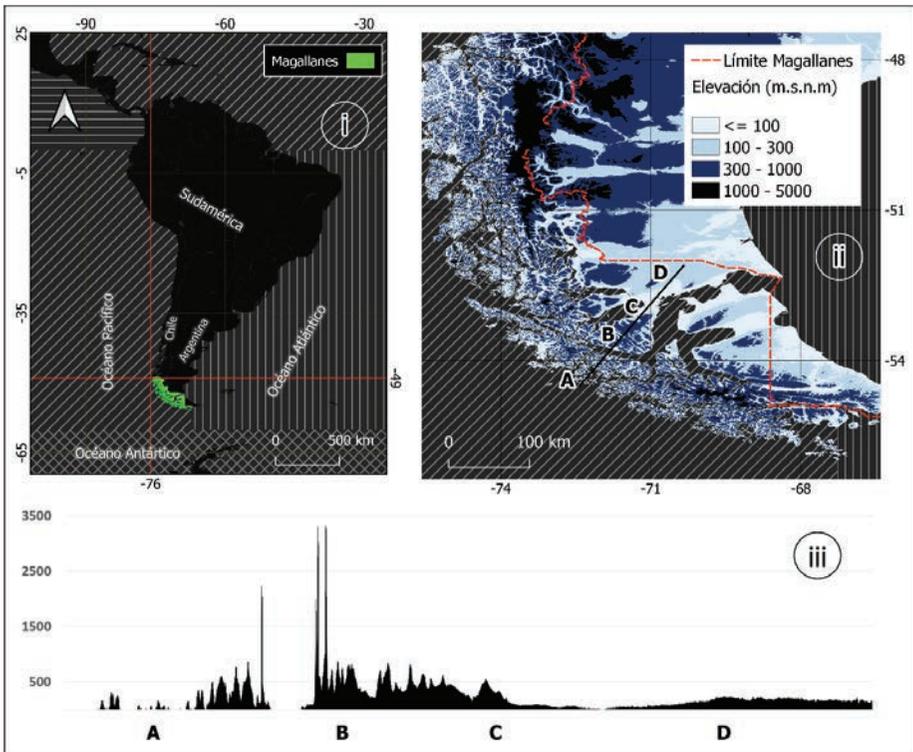


Figura 1. i) Mapa general de ubicación de la Región de Magallanes en un contexto sudamericano. ii) Mapa de elevación de la Región de Magallanes (basado en datos ASTER Global Digital Elevation Model). iii) Perfil vertical de una transecta (representada con una línea negra en el mapa ii que ilustra las siguientes zonas orográficas: A= zona archipelágica. B= zona cordillerana. C= zona subandina oriental. D= zona de planicies orientales).

Desde el punto de vista climático, el relieve (Figura 1iii), la circulación atmosférica y la influencia del océano Pacífico son los principales factores que controlan las características climáticas en esta zona del país. Existe una marcada dominancia de vientos del oeste (westerlies), los que llegan a la región con abundante vapor de agua, debido a su extenso recorrido por el océano Pacífico sur (Xercavins, 1984). Esta circulación oeste es prácticamente perpendicular a la dirección que presenta la cordillera de los Andes en esta zona, generando condiciones pluviométricas marcadas en el lado occidental y oriental de ella (barlovento y sotavento) (Endlicher y Santana, 1988). Consecuentemente, existe una fuerte gradiente de precipitación desde el oeste hacia el este, pasando de sectores que pueden llegar a superar los 5000 mm de precipitación anual en la zona archipelágica (sector oeste), mientras

que, en el sector más oriental de la región, los vientos del oeste han perdido casi toda su humedad al desplazarse cientos de kilómetros (hasta más de 300 km) y las precipitaciones pueden alcanzar valores incluso inferiores a los 200 mm anuales (Endlicher y Santana 1988). Cabe mencionar que en la Isla Grande de Tierra del Fuego, este fenómeno tiene una dirección predominantemente sur-norte (Figura 2B). Según Pisano (1977), esta configuración de los factores antes mencionados da paso a los siguientes tipos de climas, de acuerdo a la clasificación de Koppen: i) de estepa frío, ii) trasandino con degeneración esteparia, iii) de tundra isotérmico, iv) templado frío con gran humedad y v) de hielo por efecto de la altura.

Los pastizales de Magallanes están asociados principalmente a los climas i y ii. El primero ubicado en la zona de las planicies orientales, mientras que el segundo se desarrolla sobre la zona subandina oriental. El clima de estepa frío se caracteriza por una amplitud térmica marcada y una escasa pluviometría, con veranos cortos y frescos, teniendo un período estival de más o menos cuatro meses con temperaturas medias superiores a 10 °C, y un periodo invernal más prolongado, con temperaturas medias entre 0 °C y 3 °C (Figura 2B). Las temperaturas en esta estepa pueden llegar a los -30 °C en invierno y 30 °C en verano (Butorovic 2019). Este clima se desarrolla en el sector oriental de la Región de Magallanes, sobre una planicie costera con cotas no superiores a los 150 m.s.n.m. y sobre una planicie intermedia que consta de sectores mayoritariamente planos u ondulados, con cotas que varían entre los 150 y 300 m.s.n.m. Las condiciones geomorfológicas y la ubicación geográfica de estas planicies, las hacen estar resguardadas de la influencia directa de los vientos húmedos del Pacífico, lo que da su condición de clima estepario muy frío de tendencia seco estival, con precipitaciones medias anuales de 328 mm, las que se distribuyen de manera más o menos homogénea en las estaciones del año, presentándose en forma de nieve (parte de ellas en la época estival). Como se mencionó anteriormente, en este territorio la gradiente pluviométrica posee una disminución en sentido SO-NE (Figura 2A) (SAG 2004^a, Pisano 1977).

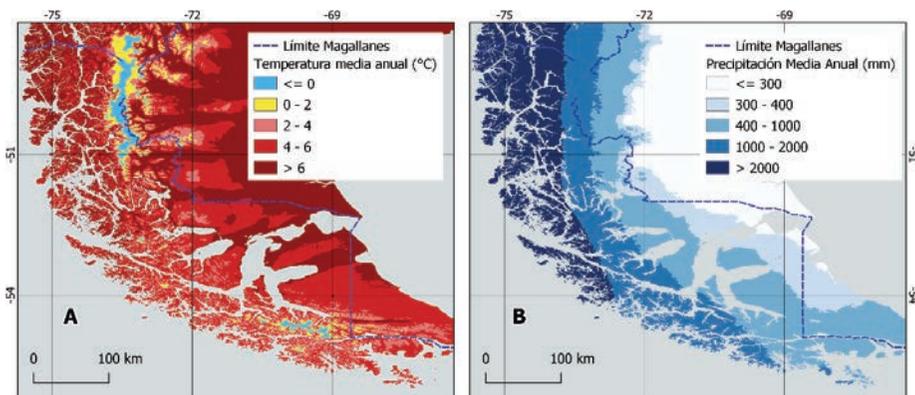


Figura 2. Mapas de variables climáticas de Magallanes. A) Mapa de temperatura media anual (°C). B) Mapa de precipitación media anual (mm). Fuente: Worldclim versión 2.1 periodo 1970-2000 (Flick y Hijmans, 2017).

Distribución de los pastizales en Magallanes

Las características orográficas, geológicas y el mosaico climático presente en Magallanes, dan paso a una gran amplitud de tipos de vegetación (Pisano 1977), pasando de ecosistemas altamente húmedos en zona occidental, en el marco del bioma de los bosques templados más australes del planeta, mientras que en la zona oriental se emplaza el bioma semiárido de la estepa patagónica, generando un marcado contraste.

En Magallanes, los pastizales se encuentran asociados principalmente a la zona de estepa patagónica. Este bioma en Sudamérica se extiende por gran parte de la zona centro y sur de la Patagonia, principalmente en Argentina, mientras que en Chile su distribución se concentra en Magallanes y en algunos sectores acotados de la Región de Aysén (Radic-Schilling *et al.*, 2021a). La estepa patagónica, desde un enfoque de la fisonomía de la vegetación, se define como un área ocupada principalmente por comunidades de gramíneas y hierbas duras, sin la presencia de especies arbóreas (Pisano 1985). Adicionalmente a la estepa, en Magallanes podemos encontrar zonas de pastizales que han sido derivadas por la acción antrópica. Estos pastizales surgen desde la época de la colonización (1891-1906) a partir de la sustitución de bosque nativo, mediante el uso del fuego como herramienta de expansión de la frontera agrícola (Otero 2001) dando paso, en muchos casos, a las denominadas praderas naturalizadas. Estas últimas forman una especie de cinturón transicional (de origen

antrópico) entre los bosques y la estepa, siendo este fenómeno muy marcado en la península de Brunswick.

La estepa patagónica en Magallanes ocupa una superficie de 24.434 km², representando el 18,5 % de la superficie regional. Esta superficie se concentra principalmente en las provincias de Tierra del Fuego y Magallanes, con una ocupación de 47,7 % y 43,9 %, respectivamente; quedando la superficie restante (8,4 %) ubicada en la provincia de Última Esperanza, específicamente en la vertiente oriental de la comuna de Torres del Payne (Radic-Schilling et al., 2021a) (Figura 3). Esta última presenta una elevación media por sobre las estepas de Magallanes y la fueguina (con medianas inferiores a los 200 m.s.n.m.) (Radic-Schilling et al., 2021a).

Casi la totalidad de la estepa patagónica presente en Magallanes, así como algunos sectores de praderas naturalizadas y el borde oriental de la distribución de los bosques caducifolios de Magallanes, se encuentran en el área de uso ganadero (Radic-Schilling et al., 2021b), actividad que se desarrolla en esta área hace más de 150 años (Martinic, 2006). Esta área de uso ganadero ocupa una superficie de 35.962,6 km², distribuidos principalmente en las provincias de Magallanes, Tierra del Fuego y Última Esperanza (43,3 %, 37,5 % y 18,2 %, respectivamente) (Radic-Schilling et al., 2021b) (Figura 3).

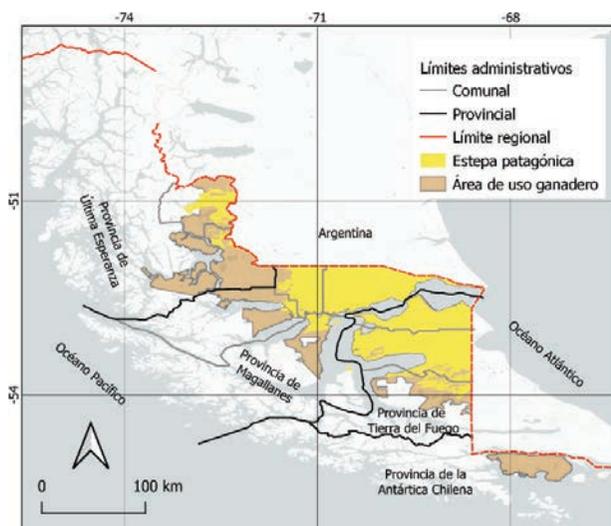


Figura 3. Mapa de la estepa patagónica y el área de uso ganadero. Fuente: Radic-Schilling et al., 2021a y Radic-Schilling et al., 2021b.

Vegetación de la estepa patagónica

Diversas aproximaciones se han realizado en la Región de Magallanes en relación al mapeo de las coberturas de suelo. Estas últimas se definen como las coberturas biofísicas observadas de la superficie terrestre (Digregorio y Jansen, 2005), que incluyen las zonas cubiertas por vegetación. Estas cartografías son fundamentales para cuantificar la cantidad de vegetación presente en un área determinada y, de esta manera, orientar políticas públicas (a una escala regional) y decisiones de manejo (a una escala predial). En este sentido, el desarrollo sostenible requiere de insumos de este tipo, ya que no podemos avanzar en esta dirección, sin saber ¿qué hay?, ¿dónde está?, ¿cuánto hay? y ¿qué características tienen los elementos que componen un territorio? Todas estas preguntas pueden encontrar respuesta o aproximaciones a través de una cartografía de coberturas de suelo.

Lara y Cruz (1987) generaron la cartografía de vegetación del área de uso agropecuario de Magallanes a una escala 1:100000. El siguiente mapeo corresponde al catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile (CONAF 1999). Este catastro —que tuvo un carácter nacional— fue luego actualizado por cada región. En el caso de Magallanes, existen dos actualizaciones. La primera corresponde al año 2005 (CONAF, 2006), mientras que la más reciente corresponde al periodo 2017-2019 (CONAF, 2021), que se generó a una escala 1:50000. Por su parte, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Magallanes, adaptando la metodología y sistema de clasificación de ecorregiones propuesto por Gastó et al. (1993), generó la cartografía de unidades homogéneas de paisaje (UPH) para el área de uso agropecuario de la región, a una escala 1:50.000 (SAG 2003; SAG 2004a; SAG 2004b). Cada una de estas cartografías propone una metodología específica y, consecuentemente, un sistema de clasificación diferente (referido a la categorización de las coberturas de suelo). Todas estas cartografías de coberturas de suelo antes mencionadas han sido de amplia utilidad en la región, llevando un catastro de los recursos vegetacionales presentes y orientando políticas públicas.

El mapeo realizado por Lara y Cruz (1987), así como el generado por SAG (2003, 2004a, 2004b), se enfocan en la zona de uso agropecuario de la región, es decir, abarcan principalmente un área dominada por pastizales, por lo tanto, se orienta principalmente en la discriminación de este tipo de vegetación, dado que es el sustento de la producción ganadera regional. Si bien consideran la categoría de bosque, lo hacen de manera más general, bajo una formación agrupada con potencial

de uso silvopastoral y sin diferenciación de especies. A diferencia del catastro realizado por CONAF (1999, 2006 y 2017-2019) el que abarca la totalidad de la región y pone un especial énfasis en la discriminación de bosques, inclusive, diferenciándolos por estado de desarrollo (por ejemplo, bosque adulto y renewal).

Considerando el mapeo realizado por el SAG y en concordancia con varios autores que han descrito la vegetación presente en la estepa patagónica (Pisano 1977, Moore 1983, Radic-Schilling et al., 2021a), en este sector podemos encontrar las siguientes comunidades de vegetación: praderas de coironales –donde aparecen con diferentes grados de dominancia– especies del género *Festuca* (*F. gracillima* y *Magellanica*, principalmente); praderas mésicas, compuestas por vegas y otras praderas húmedas generadas por condiciones topográficas específicas; los matorrales, donde destacan las formaciones de romerillo (*Chilliotribium diffusum*) y otras de menor distribución (*Lepidophyllum cupressiforme*, *Mulguraea tridens*, *Berberis microphylla*, entre otras); y, finalmente, los brezales que corresponden a subarbustos rastreros, donde destacan los extensos brezales dominados *Empetrum rubrum*, también conocidos como murtillares (Figura 4) (Radic-Schilling et al., 2021a).

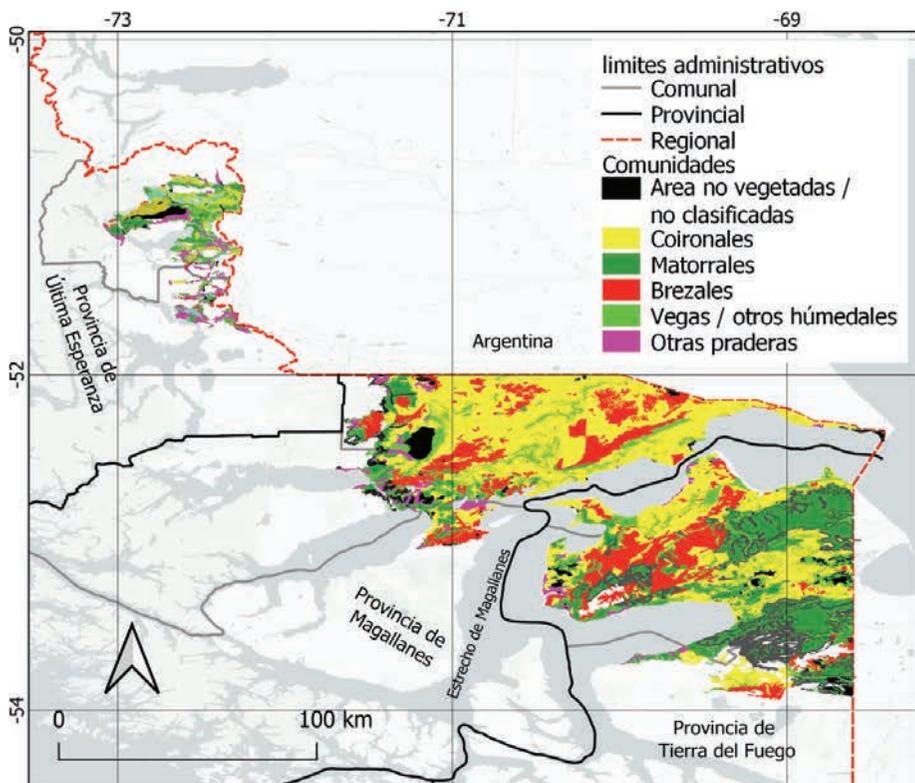


Figura 4. Mapa de vegetación de la estepa patagónica en Magallanes. Fuente: adaptada de SAG 2003, SAG 2004a, SAG2004b. Nota: las categorías coironales, matorrales y brezales incluyen los sectores de mezclas (por ejemplo, coirón-matorral, coirón-breza, etc.).

La distribución norte de la estepa en Magallanes está representada principalmente por la vertiente oriental de la comuna Torres del Paine, en la provincia Última Esperanza, donde aparecen coironales, matorrales y algunos sectores húmedos (Figura 4). Por su parte, Magallanes y Tierra del Fuego son las provincias con mayor extensión de la estepa en la región y el país. En ellas, los coironales son la formación más representativa, abarcando casi un 40 % de la superficie total de la estepa en la región. En la provincia de Magallanes, los coironales se ubican en su porción noreste, asociada a planicies costeras e intermedias en las comunas San Gregorio y Laguna Blanca, mientras que en Tierra del Fuego su distribución se encuentra en las planicies costeras e intermedias de las comunas Primavera y Porvenir. Después de los coironales, los matorrales y brezales corresponden a las formaciones más

abundantes en la estepa magallánica, abarcando el 24 y 17 %, respectivamente. Estas comunidades aparecen con más fuerza en sectores con condiciones orográficas más pronunciadas, encontrándose los matorrales en sectores de laderas (preferentemente de orientación sur), mientras que los brezales (principalmente murtilares) generan extensas comunidades en sectores de mesetas, aunque también aparecen con fuerza en las planicies o tierras bajas de la vertiente norte de la isla de Tierra del Fuego. Finalmente, podemos encontrar a las vegas y otros sectores húmedos que, asociados en muchas ocasiones a cursos de agua y generando condiciones hidromórficas para las plantas, representan un 8,9 % de la superficie de la estepa. Cabe mencionar que las vegas poseen una proporción similar en las tres provincias analizadas (Figura 4, Cuadro 1).

Cuadro 1. Superficie, según comunidad de vegetación y provincia. Fuente: adaptada de SAG 2003, SAG 2004a, SAG2004b.

Categorías	Última Esperanza		Magallanes		Tierra del Fuego		Total	
	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. ha	%
Brezales	49	0,0	219 209	20,5	195 169	16,7	414 427	17,0
Coironales	55 778	27,0	592 634	55,3	364 375	31,3	1 012 787	41,4
Matorrales	52 259	25,3	86 749	8,1	448 309	38,5	587 317	24,0
Otras praderas	32 309	15,7	31 497	2,9	14 411	1,2	78 217	3,2
Vegas/Otros humedales	21 185	10,3	89 982	8,4	107 274	9,2	218 441	8,9
Áreas no vegetadas/otras categorías	44 749	21,7	51 465	4,8	36 016	3,1	132 230	5,4
Total	206 329	100,0	1 071 536	100,0	1 165 554	100,0	2 443 419	100,0

Bibliografía

- Butorovic, N. 2019. Comportamiento de las variables precipitación y temperatura del aire en la ciudad de Punta Arenas durante el período Enero-Julio 2019. Informe solicitado por Empresa Pecket-Energy. Santiago: Chile.
- CONAF, CONAMA, BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Universidad Austral de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile: Santiago, Chile.
- CONAF. 2006. Catastro de uso del suelo y vegetación, región de Magallanes y Antártica Chilena. Monitoreo y actualización 2006. Santiago de Chile.
- CONAF. 2021. Catastro de uso del suelo y vegetación, región de Magallanes y Antártica Chilena. Monitoreo y actualización 2021. Santiago de Chile.
- Di Gregorio, A. & Jansen, M. 2005. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual for Software Version 2. FAO Environment and Natural Resources Service Series, No. 8, Rome.
- Endlicher, W. & Santana, A. 1988. El clima del sur de la Patagonia y sus aspectos ecológicos. Un siglo de mediciones climatológicas en Punta Arenas. In Anales del Instituto de la Patagonia.
- Fick, S. & Hijmans, R. 2017. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Gastó, J., Cosío, F. & Panario, D. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Editorial REPAAN. Quito, Ecuador.
- Martinic, M. 2001. Nociones De Geografía De Magallanes. Ediciones de la Universidad de Magallanes, Punta Arenas.
- Martinic, M. 2006. El poblamiento rural en magallanes durante el siglo XX: realidad y utopía. *Magallania (Punta Arenas)*, 34(1), 5-20.
- Moore, D. 1983. Flora of Tierra del Fuego. Flora of Tierra del Fuego.

- Lara, A., & Cruz, G. 1987. vegetación del área de uso agropecuario de la XII Región, Magallanes y la Antártica Chilena. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago.
- Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena. I.-Comunidades vegetales entre las latitudes 52 y 56° S. In Anales del Instituto de la Patagonia.
- Pisano, E. 1985. La estepa patagónica como recurso pastoril en Aysén y Magallanes. Ambiente y desarrollo, 1(2), 45-59 pp.
- Radic-Schilling, S., Corti, P., Muñoz-Arriagada, R., Butorovic, N. & Sánchez-Jardón, L. 2021a. Ecosistemas de estepa en la Patagonia chilena: distribución, clima, biodiversidad y amenazas para su manejo sostenible. In: Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos. Castilla, J. C., Armesto, J. J., y Martínez-Harms, M. J. (Eds.). Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica. 223-255 pp.
- Radic-Schilling, S., Sales, F., Lira, R., Muñoz-Arriagada, R., Corti, P., Covacevich, N., Ivelic-Sáez, J., Ordóñez, I., Vidal, O., Echeverría & R., Sandoval, C. 2021b. Magallanes Sheep Farming, in: Gonzalez, M., Palacios, C. (Eds.), Sheep Farming - Herds Husbandry and Management System, Reproductive and Improving Animal Health. IntechOpen. 1-29 pp.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2003. El pastizal de Tierra del Fuego. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. Punta Arenas, XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2004a. El pastizal de Magallanes. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2004b. El pastizal de Última Esperanza y Navarino. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.

Otero, L. 2001. La huella del fuego. Historia de los bosques nativos. Poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile. *Económica*, 67, 67.

Xercavins, A. 1984. Notas sobre el clima de Magallanes (Chile). *Revista de geografía*, 95-110.



Capítulo 2

Sistemas de pastoreo, paisaje y patrimonio en Magallanes

Nilo Covacevich C.

Ing. Agrónomo., M.Sc., Ph.D.

Introducción

En todo el mundo, variaciones naturales e intervenciones humanas han modelado el paisaje a través de procesos climáticos y geológicos que se miden en siglos, pero también en otros periodos de corto plazo. Catástrofes como erupciones volcánicas, terremotos e inundaciones cambian la topografía, el curso de los ríos y la composición de la vegetación en relativamente poco tiempo, como también la construcción de embalses, faenas mineras, siembras industriales, entre otros.

Entendemos como “paisaje rural” a la percepción integrada de topografía, vegetación nativa, cultivos y actividades humanas en zonas relativamente despobladas. En la última década, en algunos países se ha ido confirmando la noción de que el paisaje rural es en sí mismo un activo que tiene un valor de mercado definido por los servicios que preste.

Ese valor puede ser directamente productivo (agrícola, agropecuario, forestal, minero, turístico, etc.), ecológico, comercial y cultural, pero también escénico, que enmarca los otros aspectos y que es susceptible de ser ponderado. Evidentemente, el problema a resolver es cuánto pesa cada uno de estos factores en la ecuación final y cuál será el punto de equilibrio razonable para cada sector.

Habitualmente, los usuarios de estos recursos consideran solamente el insumo que conviene a su actividad económica o ideológica, quedando la integración de los otros componentes como una inquietud social que se intenta plasmar en planes de desarrollo territorial y otros que al productor agropecuario le pueden parecer ajenos.

Es así que con la intervención creciente de grupos de interés diverso, el paisaje se ha convertido “en un objeto de consumo y lucro empresarial, en un componente de la identidad territorial, en un catalizador de la calidad de vida y en un referente institucional para muchas políticas y actuaciones” (Silva Pérez, R 2009).

Una reciente aproximación metodológica integral novedosa para Magallanes es tratada exhaustivamente en un caso de estudio para definir: “Estrategias de planificación y salvaguardia mediante un plan maestro de ruta patrimonial en la Estancia San Gregorio” (Marincovich, 2021). Esto en el contexto del proyecto de ley de Patrimonio Cultural (2019) que incorpora una nueva categoría; Paisajes de Interés Cultural.

En este artículo se plantea preliminarmente que el sistema de pastoreo es un factor de manejo que, en Magallanes, a escala predial (o de polígonos de protección como en el caso de las rutas patrimoniales), puede contribuir a obtener una vegetación definida por una valoración escénica metódica. Esta proyección importa en una región en que el paisaje es precisamente un patrimonio que recién se empieza a valorar y que es parte de preocupaciones sociales muchas veces intuitivas, como ocurre, por ejemplo, con el rechazo a la producción de hidrógeno verde.

El paisaje magallánico



Figura 5. Pampa magallánica: coironal de *Festuca gracillima*. Fuente: Covacevich, 2006.

1.1 Regiones naturales magallánicas

Cuadro 2. Superficie total de las regiones y subregiones topográficas de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena (UE= Última Esperanza; M = Magallanes; TF= Tierra del Fuego).

	Región y subregión topográfica	UE	M	TF	Área
A	Alta Cordillera Patagónica	83 146	-	-	83 146
B	Precordillera Patagónica	116 032	241 504	141 867	499 403
B1	Bosques mixtos perenne-caducifolios	13 537	41 216	26 294	81 047
B2	Bosques caducifolios	68 975	79 858	115 573	264 406
B3	Praderas habilitadas a partir de bosques	33 520	120 430	-	153 950
C	Cerros, serranías y mesetas	153 427	82 433	503 266	739 126
C1	Estepas húmedas	-	-	27 518	27 518
C2	Estepas húmedas con bosques caducifolios mixtos	-	-	131 473	131 473
C3	Bosques y matorrales de las serranías y mesetas interiores de Última Esperanza	151 494	-	-	151 494
C4	Bosques mixtos caducifolios de Tierra del Fuego	-	-	83 164	83 164
C5	Matorrales densos	-	14 812	96 617	111 429
C6	Brezales y estepas con bosquetes achaparrados	1 933	39 284	-	41 217
C7	Brezales y estepas con arbustos rastreros	-	26 405	164 494	190 899
D	Lomajes y planicies	191 194	868 185	669 580	1 728 959
D1	Bosques abiertos achaparrados y caducifolios	148 264	21 896	-	170 160
D2	Praderas y matorrales mesófitos de transición estepa-bosque	-	52 809	-	52 809
D3	Estepa con arbustos altos	1 289	180 250	386 630	568 169
D4	Estepas gramínoideas	9 204	445 211	121 688	575 923
D5	Estepas con arbustos rastreros	7 090	168 019	161 262	336 371
D6	Matorrales y estepa xerófitas del norte de Última Esperanza	25 527	-	-	25 527
E	Valles, cañadones y depresiones	58 660	135 831	160 195	354 686
E1	Vegas	18 049	37 981	48 303	104 333
E2	Praderas húmedas	40 611	84 975	69 092	194 678
E3	Praderas halófitas	-	-	14 674	14 674
E4	Dunas y matorrales psamófilos	-	12 875	28 126	41 001
	Aguas continentales	54 645	23 191	40 385	118 221
	Áreas urbanas	198	1 586	200	1 984
	Total	657 302	1 352 730	1 515 493	3 525 525

Fuente: Cruz y Lara, 1987.

Existen descripciones cartográficas de la zona ganadera de Magallanes, desde el punto de vista de Vegetación, Distritos Agroclimáticos y Capacidad Ganadera. Sin embargo, desde el punto de vista del paisaje, el más representativo es el pocas veces citado Mapa de Regiones Naturales (G. Cruz y A. Lara, 1987), que describe topografía y grandes formaciones vegetacionales, resumido en el cuadro siguiente que muestra que la formación dominante son lomajes y planicies con vegetación estepárica (más del 40 % del área).

Valoración agrícola y ganadera

En Chile, la tasación agrícola y agropecuaria básica corresponde a la potencialidad productiva de las Clases de Suelo, pero en Magallanes la referencia es la distancia a los centros urbanos para los suelos agrícolas, y la capacidad de carga medida en ovinos/ha, para los ganaderos (cartas INIA y SAG).

El valor comercial depende del tipo y cantidad de bienes y servicios que pueda prestar un sector. En la zona central, miles de hectáreas de uso agrícola se han subdividido para generar condominios y parcelas de agrado, con precios de mercado que consideran al paisaje de manera integral.

Definiciones de pastizal ideal

Clímax y condición

El manejo y la evaluación de praderas naturales necesariamente se conciben respecto de un pastizal ideal. En la escuela clásica norteamericana este ideal es el pastizal nativo previo a la colonización europea, correspondiente al *clímax*, situación deseable de equilibrio entre vegetación y ambiente, al que se llega a través de una *sucesión* predecible y reversible de estados vegetacionales (Clements, 1936).

En concordancia, el "National Range Handbook" (SCS, USDA, 1976) establecía la Condición de la pradera en términos de la proporción presente de especies del clímax en: *Excelente* (más del 76 %), *Buena* (51-75 %), *Regular* (26-50 %) y *Mala* (menos del 25 %); y la "Society for Range Management" (1995), definió la *condición*

de praderas como "el estado presente de la vegetación en un sitio respecto a la vegetación clímax para ese sitio".

Evidentemente esto afectó la evolución del concepto de manejo y uso de este recurso, reflejado en los textos más conocidos. Sampson, en un texto pionero (1923), menciona el pastoreo diferido y enfatiza técnicas de mejoramiento para su uso con ganado doméstico; más tarde Stoddart et al. (1975) y Heady y Child (1975) avanzaron hacia conceptos de uso múltiple y funciones ecosistémicas, pero dentro del paradigma que busca una carga animal que permita recuperar o mantener la vegetación clímax y que atribuye el deterioro vegetacional al sobrepastoreo causado por cargas animales elevadas.

Savory (1989) generó polémica al proponer un cambio paradigmático, dando importancia al manejo de la frecuencia e intensidad del pastoreo dentro del llamado manejo holístico, que puede usar cargas animales muy elevadas para lograr cambios favorables en el sitio, que no necesariamente conducen a la vegetación clímax.

Estados múltiples

En 1989, Westoby, Walker y Noy-Meir propusieron la existencia de *Estados Múltiples* o vegetaciones diferentes y estables que pueden darse en un mismo lugar como producto del azar. Estos pueden cambiar, pero para que se produzca la *Transición* entre estados, debe ser superada una *Barrera* o resistencia natural del sistema al cambio, a través de una *Perturbación*, fenómeno externo que desencadena el proceso. Si la perturbación se reduce antes de cruzar la barrera, la vegetación puede revertir el proceso de cambio hacia el estado inicial; sin embargo, si la barrera es superada, el cambio puede mantenerse incluso aunque la perturbación sea suprimida después. Esto es evidente en murtillares originalmente favorecidos por el pastoreo, que después permanecen invariables en exclusiones donde se ha retirado el ganado por muchos años.

Baetti, Borrelli y Collantes (1993) para el pastizal méxico de *Festuca* sp del norte de Tierra del Fuego proponen siete estados y catorce transiciones, que van desde el coironal de *Festuca gracillima* y *Agropyrum fueguianum* a la pradera de *Poa pratensis*, o a la estepa subarbusciva de *Empetrum rubrum*. Este último es similar al caso magallánico chileno.

Grupos funcionales

En Chile ha tenido aceptación académica y aplicada el sistema de Clasificación de Ecoregiones y Determinación de Sitio y Condición, propuesto por Gastó, Cossio y Panario (1993), en que la *Condición* de la pradera se basa en una escala de cinco categorías del estado en que se encuentra el ecosistema-sitio, respecto del *Uso asignado* (1, excelente; a 5, muy pobre) y el *Estilo* de la transformación. Complementariamente, la *Tendencia* es la valoración en tres categorías (*deteriorante, estable y mejorante*) del cambio de estado del ecosistema-sitio, respecto de una situación deseada.

El pastizal deseable

Consistente con estos avances se formaliza el concepto de *Pastizal Deseable* con relación a objetivos específicos y definido en términos de grupos funcionales más bien que de especies individuales (DPC: Desired Plant Community, The Task Group on Unity in Concepts and Terminology, 1995). Se incorpora así la noción de la transformación programada del ambiente a través del manejo, para cumplir un objetivo productivo (uso asignado). Por lo tanto, en la década de los 90 se acepta que el pastizal ideal puede ser diferente al pastizal nativo, si es que se han naturalizado especies exóticas deseables.

Estos conceptos facilitaron la incorporación de propuestas de manejo de pastoreo distintas al continuo o diferido tradicional en pastizales naturales, con diferentes combinaciones de frecuencia e intensidad (pastoreo rotacional o racional). A pesar de las ventajas teóricas de este último, no hay resultados publicados que permitan recomendar uno u otro de manera consistente desde el punto de vista de la producción animal ni ecológico (Briske et al., 2008).

Coironales en Nueva Zelanda y Argentina

A pesar de estos cambios paradigmáticos, la concepción de la vegetación preganadera como modelo referencial todavía se refleja en una terminología negativa para designar los procesos evolutivos que se alejan del modelo clásico.

Así, Treskonova (1991) propone para los coironales de Nueva Zelanda un modelo de *degradación* en que la ganadería alteró la *arquitectura del pastizal*, provocando saltos entre estados más o menos permanentes y reconocibles en la siguiente secuencia: pastizal cerrado alto, coironal alto, coironal bajo, pastos cortos y, finalmente, plantas en roseta.



Figura 6. High country en NZ: coironal de *Festuca novaezelandiae*. Fuente: Covacevich, 2006.

Golluscio y Mercau (1994) sugieren un modelo de degradación para la Patagonia definido por el *reemplazo de plantas mesófitas por xerófitas*. Borrelli et al (1988), para el sitio Terraza de Río Gallegos, consideraron que el sobrepastoreo provoca un pasaje lineal de una estepa gramínea dominada por festuca hacia una estepa subarborescente dominada por *Nassauvia ulicina*. Más detalladamente, pero ahora para el sitio Santacrucense, Oliva y Borrelli (1993) postulan un esquema de siete estados y trece transiciones que va del coironal cerrado a la estepa subarborescente, pasando por pastos cortos e incorporación de *Stipa* sp, un coirón más xerófito.

Coironales en Magallanes

Si el pastizal nativo prístino no es, per se, el Pastizal Deseable (DPC) habría que evaluar cuáles de los estados vegetacionales presentes podrían cumplir mejor la función que se le desee asignar y cuál es el manejo que pudiera inducir y estabilizar esos estados. Consistente con ese concepto, más que especies índices individuales es conveniente identificar grupos funcionales que caracterizan el paisaje.

La expansión ganadera iniciada la última década del siglo diecinueve permitió que grandes masas de ganado consumieran selectivamente tanto especies como sitios, con frecuencias e intensidades que provocaron el cambio a nuevos estados vegetacionales que, probablemente, se estabilizaron a mediados del siglo veinte.

Durante ese período, el paradigma tecnológico dominante consistía en ‘mejorar’ (eliminar) los pastizales nativos con la siembra extensiva de ‘especies nobles’, que cubrieron más de 300 000 ha y que pronto se naturalizaron al no recibir un manejo diferente al tradicional extensivo.

En toda el área de matorral mesófito y transición con el coironal de *Festuca gracillima*, en particular, las colinas morrénicas que bordean el estrecho de Magallanes, las laderas de exposición norte y los sectores de pastoreo más intenso, presentan una clara dominancia de pastos cortos con *Poa pratensis* como especie tipo. La comparación con áreas adyacentes excluidas al ganado, dominadas por el coirón, indica que esta situación estable es consecuencia del manejo animal y de su capacidad de selección, tanto de dieta como de lugar de pastoreo (Covacevich, 1999).

Así, las intervenciones propias de la ganadería, más actividades forestales, mineras y efectos climáticos, fueron moldeando el paisaje de forma aleatoria. Lo que aquí se plantea, tomando como caso el área de coironal mesófito (250–300 mm) es que el manejo de pastoreo puede conducir a formaciones vegetacionales predeterminadas para cumplir un objetivo. Queda abierta la posibilidad de considerar la valoración relativa del paisaje como parte de un patrimonio territorial o predial, cuyo valor no se limita a la ganadería.

Control de la vegetación a través del pastoreo

El coironal mesófito magallánico presenta tres estratos dominantes: 1) Matorral, 2) Champas de coirón de cierta importancia forrajera en invierno, y 3) un estrato bajo y polífito o ‘cojín’, que es el recurso ganadero principal.

El manejo tradicional de cargas bajas por períodos prolongados provocó vegetaciones estables dominadas por: 1) *Festuca gracillima* (nativa), 2) *Poa pratensis* y hierbas (exóticas) o 3) *Empetrum rubrum* (geófito nativa sin valor forrajero), y 4) erosión.

Se consideran aquí dos estudios (Covacevich y Santana, 2004 y 2005) en la perspectiva de su posible aplicación, para el logro de unidades de paisaje en que el uso ganadero no es el único componente a valorar. Uno basado en la caracterización de contrastes de alambrados, para describir el comportamiento de las especies bajo el manejo histórico de un sector en el área de transición mata-coirón (270 mm), y otro, experimental, en que se consideraron tres cargas, pero solo en primavera. El primero no genera información directa sobre la producción animal asociada a las variaciones vegetacionales en el rango de situaciones reales de frecuencia e intensidad de uso. El segundo describe la respuesta de la vegetación bajo tres presiones de pastoreo, pero bajo una sola frecuencia de uso, de 20 a 30 días en el período de crecimiento activo.

Efectos de la intensidad de pastoreo ovino en la composición botánica y producción del coirónal mesófito magallánico

Este estudio considera el efecto experimental de tres presiones de pastoreo aplicadas durante diez años en el período de crecimiento activo de la pradera, en un coirónal excluido del pastoreo por siete años. Las presiones de pastoreo Baja, Media, Alta y Alta más Fertilización correspondieron en promedio a 0,9; 1,2; 2 y 1,9 equivalentes ovinos/ha/año.

Los *puntos* de corte de las curvas de respuesta se usaron para indicar un cambio de estado vegetacional. La zona roja indica el inicio de un estado muy frágil con todas las unidades taxonómicas en disminución, excepto pastos cortos. Como no hubo un tratamiento de castigo, el gráfico indica que para superar ese estado es necesario fertilizar.

La Figura 7 ilustra cómo el coirón presentó una tendencia lineal a disminuir su cobertura con la presión de pastoreo; en tanto que aumenta la proporción de pastos cortos, dominados por *P. pratensis*, y que *E. rubrum* aumenta con cargas medias, para luego disminuir con las más extremas. Hierbas como *Taraxacum officinale* tuvieron una distribución más errática.

Aunque la cobertura de coirón disminuye, el número de plantas aumenta de 6,4 a 7,3 por m² con la presión alta. Esto se debe a la desaparición del material muerto y envejecido. A la ventaja relativa de una mayor área de cojín, hay que añadir la palatabilidad aumentada del coirón, muy baja en las plantas maduras.

En cuanto al peso ovino, con la presión Baja se pierden 0,3 kg; en la Media se gana 1,35; en la Alta, 0,3 y en la Alta+Fert., 4,2 kg por animal. Esto es consistente con la producción mayor de MS en la carga Baja, y la superior digestibilidad en la carga Alta+Fert.

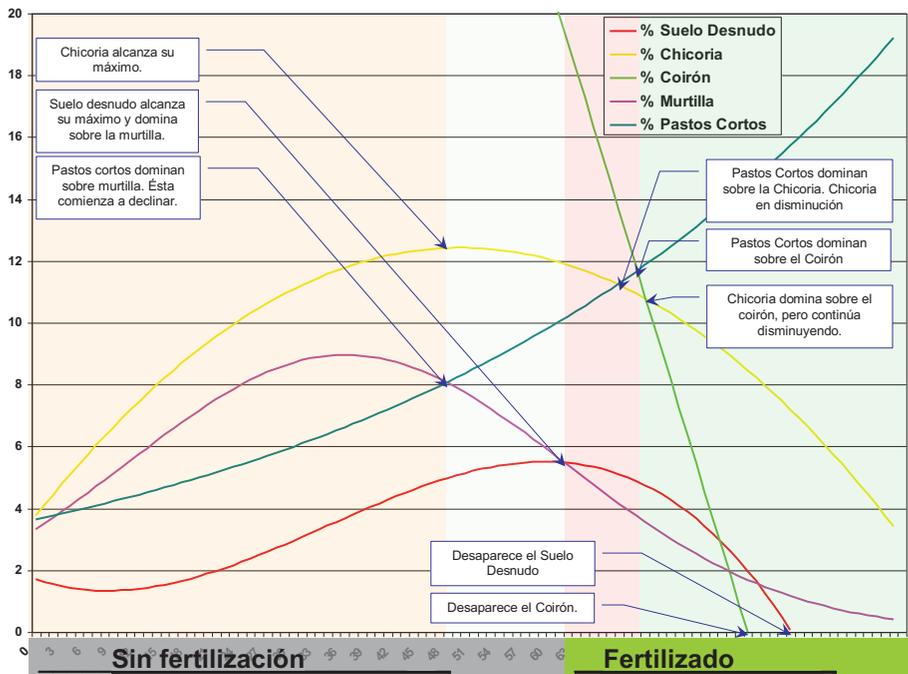


Figura 7. Variación porcentual de la composición botánica (eje y) en respuesta a la intensidad del pastoreo primaveral (eje x) sobre un coirónal rezagado por siete años con y sin fertilización básica. Fuente: Covacevich y Santana, 2004^{a,b}; 2005.

Respuesta al manejo de pastoreo tradicional (estacional continuo) en las principales especies de la zona de transición mata-coirón magallánica (*Festuca gracillima* - *Chilotrichum diffusum*)

Se midió composición botánica en 294 transectos pareados en contrastes de alambrados en cinco predios, sector Cabeza de Mar, provincia de Magallanes. Se encontraron 98 especies. Las especies fueron agrupadas en cinco categorías: 1) Murtilla (*Empetrum rubrum* con una pequeña proporción de otros arbustos rastreros);

2) Coirón (*Festuca gracillima*), 3) Dicotiledóneas 4) Gramíneas (fundamentalmente *Poa pratensis*) y Musgos. No se consideró la sinusia arbustiva (*Chiliotrichium diffusum*).

En el gráfico que ilustra la variación porcentual de cobertura de las especies versus intensidad de pastoreo, los puntos de corte de las curvas permiten distinguir una secuencia de tres zonas, que resultaron tener valores pastorales crecientes: 0,4; 0,5 y 0,65 (Bosch y Gauch, 1991, y Bosch y otros, 1992).

Esto se explica en la Figura 8, donde se aprecia claramente que: 1) en la primera zona de la gradiente de presión de pastoreo, todos los grupos aumentan con excepción de la Murtilla; 2) en la zona 2, inicialmente los componentes están equilibrados; el Coirón alcanza su máximo, empieza declinar, y aparecen los Musgos; y 3) que en la zona 3 alcanzan su máximo y comienzan a declinar las Dicotiledóneas y dominan definitivamente las Gramíneas.

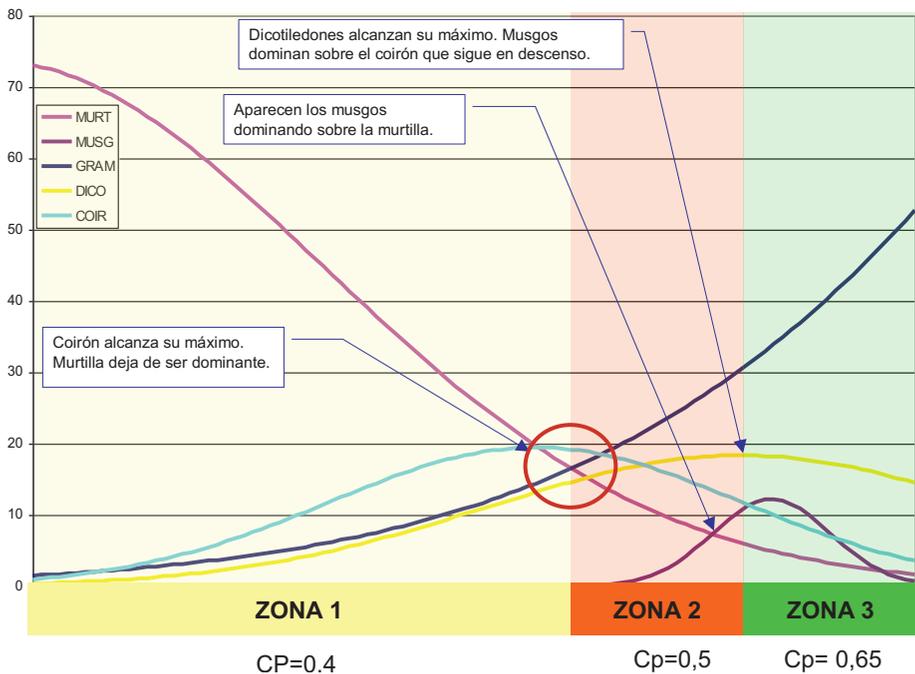


Figura 8. Variación porcentual de la composición botánica (Murtilla, Musgos, Gramíneas, Dicotiledóneas, Coirón) en respuesta a la intensidad del manejo de pastoreo estacional continuo Fuente: Covacevich, 1999; Covacevich y Santana, 2004^{a,b}; 2005.

La conclusión es que en este sector la intensificación del manejo ha sido controlada y se refleja en una mejora relativa de la calidad de la pradera, dominando especies naturalizadas como *Poa pratensis* y *Taraxacum officinale*. El manejo (frecuencia e intensidad) es tanto o más importante que la carga, sobre todo para el coirón, que se beneficiaría con períodos de pastoreo cortos e intensos y rezago anual. La murtilla no tolera cargas altas y es eventualmente reemplazada por pastos cortos. No hay señales de erosión.

En los gráficos siguientes, al comparar las curvas de respuesta a la intensidad de pastoreo generadas por el Modelo 1, partiendo de vegetación sin ganado por siete años, y por el Modelo 2, con vegetación estabilizada en campos ganaderos, en la zona correspondiente a las presiones de pastoreo más bajas, comportamiento de la murtilla (*Empetrum rubrum*) y el coirón (*Festuca gracillima*) es diferente.

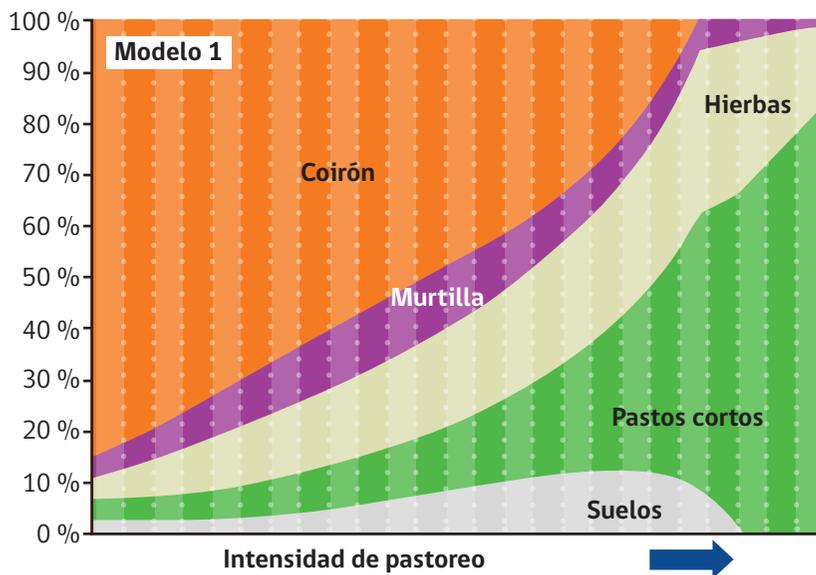


Figura 9. Porcentaje de cobertura de distintas especies en respuesta a la intensidad de pastoreo (software ISPD; Modelo 1). Fuente: Covacevich y Santana, 2005.

La línea base del Modelo 1 fue una pradera excluida al pastoreo, con una vegetación dominada por el coirón en una proporción que ya no existe en campos pastoreados. En cambio, en los campos con manejo tradicional del Modelo 2, la presión más baja o línea base está dominada por murtilla.

La respuesta de la murtilla y el coirón reflejaría una mayor susceptibilidad de estas especies a las frecuencias de pastoreo. El coirón pierde vigor con períodos de pastoreo largos y presiones moderadas, pero si tiene un rezago de un año resiste presiones altas por períodos relativamente cortos (20 a 30 días). La murtilla, en cambio, aumenta con pastoreos prolongados y presiones bajas y moderadas, desapareciendo bajo cargas altas.

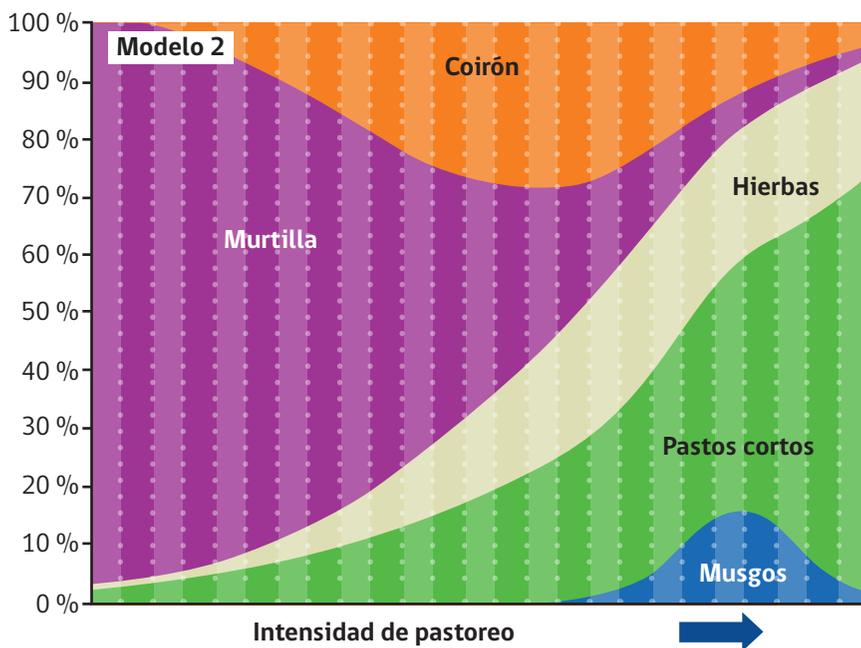


Figura 10. Porcentaje de cobertura de distintas especies en respuesta a la intensidad de pastoreo (software ISPD; Modelo 2). Fuente: Covacevich y Santana, 2005.

En el extremo opuesto del gráfico, las hierbas (*Taraxacum officinale* y otras) y los Pastos Cortos (*Poa sí* y otras) confirman la cespedización del coironal por efecto de altas presiones y baja frecuencia de pastoreo.

Conclusiones

En el coironal mesófito magallánico, el manejo ovino con distintas presiones de pastoreo primaveral por períodos de hasta 20 días, se puede mantener la vegetación presente o cambiarla. Puede así generarse un **césped de** *Poa pratensis* con hierbas y un porcentaje de coirón de valor pastoral superior al coironal definido por el manejo continuo tradicional, o la dominancia de especies de importancia ganadera discutible. Aplicado a escala real, esto genera diferencias importantes en el efecto visual.

Si la valoración escénica es importante o no dependerá de una sólida definición del uso asignado al sector.

Bibliografía

- Aponte-García, G., Escobar, L. & Molina, C. 2018. Exploración de metodologías para la valoración del paisaje. Aproximación al diseño de una metodología propia". *Bitácora Urbano Territorial*, 28 (1): 45-60pp.
- Baetti, C., Borrell, P. & Collantes, M. 1993. Sitios glaciares y flujo-glaciares del Norte de Tierra del Fuego. En: Secuencia de deterioro en distintos ambientes patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones. Eds: Paruelo, J., Bertiller, M., Schlichter, T. & Coronato. LUDEPA SME, Bariloche, 5-13pp.
- Barbour, M. G, Burk, J. H., & Pitts, W. D. 1987. *Terrestrial Plant Ecology* (2nd ed.). CA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc, 12-27pp.
- Bosch, O.J.H & Booyesen. J. 1991. Rangeland condition and capability assessment as a basis for management decisions on farm level. XIV Congress International des Terres de Parkours, Motpellier, France, 1991, 89-93pp.

- Bosch, O.J.H. 1992. An integrative approach to rangeland condition and capability assessment. *J. Rango Management* 45:116-122pp.
- Borrelli, P., Anglesio, F., Baietti, C. & Iacomini, M. 1988. Condición de Pastizales en el Sudeste de Santa Cruz' *Re. Arg. Prod. An.* 3(8) 201-213pp.
- Briske, D.D., Derner, J.D., Brown, J.R., Fuhlendorf, S.D., Teague, W.R., Havstad, K.M., Gillen, R.L., Ash, A.J. & Willms, W.D. 2008. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence, *Rangeland Ecology & Management*, Volume 61:3-17pp.
- Covacevich, N. 1999. Efectos de la Carga Animal en la Composición Botánica y Producción Ovina del Coironal Mesófito Magallánico. XXIV Reunión Anual SOCHIPA, octubre de 1999, Temuco.
- Covacevich, N. & Santana, M. 2004a. Efectos de la intensidad de pastoreo ovino en la composición botánica y producción del coironal magallánico: I Curva de respuesta de las principales especies. XXIX Reunión Anual SOCHIPA, 3-4pp.
- Covacevich, N. & Santana, M. 2004b. Efectos de la intensidad de pastoreo ovino en la composición botánica y producción del coironal magallánico. II: Producción de materia seca. XXIX Reunión Anual SOCHIPA, 5-6pp.
- Covacevich, N. & Santana, M. 2005. Respuesta al manejo de pastoreo tradicional en las principales especies de la zona de transición mata-coirón magallánica. XXX Reunión Anual SOCHIPA, 117-119 pp.
- Cruz, G. & Lara, A. 1987a. Regiones naturales del área de uso agropecuario de la XII, Magallanes y de la Antártica Chilena [en línea]. Santiago, Chile: INIA. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/34407>
- Cruz, G. & Lara, A. 1987b. Evaluación de la erosión del área de uso agropecuario de la XII región, Magallanes y de la Antártica chilena [en línea]. Santiago, Chile: INIA. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/39650>
- Friedel, M. H. 1991. Range condition assessment and the concept of thresholds: A viewpoint. *Journal of Range Management*, 44(5), 422-426.
- Gastó, J., Cossio, F. & Panario, D. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. REEPAN, 254 pp.

- Gibson, R.S. & Bosch, O.J.H. 1996. Indicator species for the interpretation of vegetation condition in the St. Bathans area, Central Otago, NZ' NZ Jour. Ecology20(2): 163-172pp.
- Golluscio, R. & Mercau, J. 1994. Cambios en la biodiversidad ante distintos grados de desertificación provocada por el pastoreo. Patagonia: Actas del Taller sobre recursos fitogenéticos, desertificación y uso sustentable, Eds: Montes, L. & Oliva, G. Gobierno de la Provincia de Sta. Cruz, 60-74pp.
- Heady, H.F. & D. Child, 1994. Rangeland Ecology and Management. Boulder, Colorado: Westview Press, 519 pp.
- INIA. 1990. Informes Técnicos 2ª etapa Plan de Desarrollo Tecnológico Agropecuario XII Región, Intendencia de la XII Región de Magallanes.
- Lara, A. & Cruz, G. 1987. Vegetación del área de uso agropecuario de la XII región, Magallanes y de la Antártica Chilena. Santiago, Chile: INIA. 24 pp.
- Laycock, W.A. 1991. Stable states and thresholds of range condition on North American rangelands: a viewpoint. *Journal of Range Management*, 44, 427-433 pp.
- Marinkovich, E. 2021. Valoración del paisaje cultural de la Estancia San Gregorio: estrategias de planificación y salvaguardia mediante un plan maestro de ruta patrimonial. Tesis para optar al grado académico de Magíster en Arquitectura del Paisaje. Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Escuela de Arquitectura.
- Miles, J. 1979. Vegetation dynamics. Chapman and Hall, London. 79 pp.
- Sampson, A.W. 1923. Range and pasture management. John Wiley & Sons, Inc., N.Y. 421 pp.
- Sampson, A.W. 1944. Plant succession on burned chaparral lands in northern California. University of California College of Agriculture Bull. 685.
- Silva, R. 2009. Agricultura, paisaje y patrimonio territorial. Los paisajes de la agricultura vistos como patrimonio. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (49). 309-334 pp.

Society for Range Management (SRM) Task Group on Unity in Concepts and Terminology. 1995. New Concepts for Assessment of Rangeland Condition. *Jour. Range Man.* 48(3).

USDA, SCS (United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service). 1976. National range handbook. Washington, D.C., USA.

Westoby, M., Walker, B., & Noy-Meir, I. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42(4), 266-274 pp.



Capítulo 3

Estudios de suelos realizados en la región de Magallanes

Sergio Radic-Schilling,

Ing. Agrónomo. M.Sc., Ph.D.
Universidad de Magallanes

Jorge Ivelic-Sáez

Ing. Agrónomo. M.Sc.
Universidad Austral de Chile

Susana Valle T.

Ing. Agrónoma. Ph.D.
Universidad Austral de Chile

Mirna Navarro N.

Ing. Agrónoma
Universidad de Magallanes

La Región de Magallanes y de la Antártica Chilena está ubicada en el extremo sur de Chile, siendo la más extensa del país. Posee una extensión de 13 millones de hectáreas (ha) aproximadamente, de las cuales 5.357.442 ha tienen relación con predios de uso agropecuario (INE, 2007). Los suelos de Magallanes están constituidos por materiales de origen glacial y fluvioglacial, depositados sobre un subsuelo formado por arenisca y arcillas del terciario. Las texturas son variables, siendo común las franco-arenosas y franco-arcillo-arenosas en superficie (Sáez, 1994). Las bajas temperaturas de primavera y verano influyen en una baja velocidad de mineralización, lo que a su vez resulta en una acumulación de materia orgánica mayor a la esperada para esa pluviometría. Lo anterior, junto a la calidad del material vegetal depositado, se asocia con una deficiencia crónica de nitrógeno disponible, en la mayoría de los suelos de la región (Covacevich y Ruz, 1996).

Existe una amplia gama de estudios agrológicos de la región, en donde se esquematizan, describen y caracterizan las diversas áreas de suelos que se encuentran en el territorio austral. Uno de los primeros estudios fue el de Díaz et al. (1959-1960) quienes describieron los grandes grupos de suelo de Magallanes, señalando información de las características geológicas, climáticas, hidrológicas y de vegetación. También incluyeron una clasificación de suelo, utilizando como unidad cartográfica el "Gran Grupo", donde describieron varias series y señalaron diferentes factores que afectan el uso de los suelos, atendiendo de manera general a

las diversas relaciones entre suelo-clima, vegetación y topografía, las que tienen una influencia visible sobre el uso de los terrenos. Asimismo, consideraron información relevante sobre la erosión, fertilidad de los suelos y el manejo de los pastos. Años más tarde, sobre la base del estudio antes mencionado, el IREN (1968) realizó un informe de las asociaciones de Suelos de la Provincia de Magallanes (zona continental) que incluye las diferentes asociaciones de suelo, describiendo cada serie y señalando la ubicación, área, topografía, material de origen, pluviometría, vegetación natural, drenaje, erosión y la descripción del perfil.

El interés de investigar cómo se relaciona la vegetación característica de la Región de Magallanes aumentó con la aparición de nuevos estudios; el hecho de que Díaz et al. (1959-1960) señalaran en su escrito que **existe una verdadera interdependencia entre la vegetación y los suelos, los que están afectados por el clima**, en donde la distribución de lluvias repartida equitativamente en las cuatro estaciones del año, la baja temperatura y la alta intensidad de los vientos, son factores que afectan el crecimiento de las plantas; además de ser información crucial para una evaluación integral de los niveles de fertilidad de dichos suelos. Uno de los estudios que destacaron fue el realizado por Schenkel et al. (1973), quienes realizaron una recolección de suelo de diversos sectores de la provincia de Magallanes, para posteriormente realizar estudios en contenedores. De dicho informe se logra extraer información como el diagrama de fertilidad de la provincia de Magallanes, señalando los niveles de fertilidad de los macro y micronutrientes de las zonas analizadas. Años más tarde nace una necesidad de información actualizada y completa de clasificación de suelo, ya que si bien existía la realizada por Díaz et al. (1959-60), dicha clasificación se basó en la antigua Clasificación Americana, la que fue sustituida por la Taxonomía de Suelos (USDA-NRCS, 1999). Frederiksen (1988) realizó una clasificación de suelos, a los que dividió en semiáridos, subhúmedos, húmedos y peri-húmedos. Dicha descripción se basó en el área de Tierra del Fuego. Seis años después, Saéz (1994) generó una caracterización de la fertilidad de los suelos de la Región de Magallanes, estudio en el que se clasificó y detalló las agrupaciones de suelo, mediante sus características físicas y químicas como el contenido de arcilla, la acidez, salinidad, disponibilidades de nutrientes, tales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio; disponibilidad de micronutrientes como Hierro, Manganeso, Cobre, Cinc, Boro y Molibdeno; estas agrupaciones de suelo fueron caracterizados en suelos castaños, praderas, pardopodsoles, praderas alpinas, podzol y distintas clasificaciones de vegas. Unos años más tarde, la Comisión Nacional de Riego (CNR, 1997) realizó un "Estudio integral de riego y drenaje de Magallanes - XII región", en donde efectúa una descripción de la geología, geomorfología y suelos, en

el Volumen II del documento denominado “Introducción, aspectos metodológicos, caracterización general del área de estudio y estudios básicos”. Además, se refiere a las características físicas y morfológicas del pedón, la capacidad de uso, categoría de riego, clase de drenaje, salinidad y erosión para las series descritas en tres provincias de la región (Magallanes, Última Esperanza y Tierra del Fuego). Gracias a los trabajos mencionados es que en la actualidad se cuenta con información que ha sido clave para el desarrollo agronómico de los suelos de la región y con la que nacieron nuevas investigaciones afines, como lo fue la descripción detallada de la clasificación de vegas realizada por Filipová et al. (2010). Otro estudio importante en la región es la descripción de “Suelos asociados a tres comunidades vegetales de pastoreo importantes en la Patagonia Sur”, el que fue realizado por Valle et al. (2015), documento que entrega información fundamental de la morfología y las características químicas de los suelos bajo las principales comunidades de la estepa (murtillar, coironal, vega).

A continuación, se describirán las clasificaciones y fertilidad de suelos realizados en la región.

Clasificaciones de suelo de Magallanes

Existen algunos trabajos realizados en la zona que presentaron clasificaciones de los suelos existentes, los que desarrollaremos en adelante para tres provincias de la región (Última Esperanza, Magallanes y Tierra del Fuego). Uno de los primeros fue el de Díaz et al. (1959-1960) titulado “Los grandes grupos de suelos de la provincia de Magallanes”.

Díaz et al. (1959-1960)

Uno de los primeros estudios de descripciones de grandes grupos fue realizada por Díaz et al. (1959-1960), quienes separaron y describieron diferentes series de suelos, las que se detallan a continuación, de manera general:

Suelos castaños. Este tipo de suelo se encuentra en la provincia de Magallanes y, parte, en la de Tierra del Fuego. Presenta suelo originado a partir de sedimentos glaciales antiguos y, en algunos casos, sedimentos glaciales recientes. También puede

presentar suelo originado a partir de cenizas volcánicas; el horizonte superficial es de textura liviana y posee mediana profundidad.

Suelos praderas. Se distribuyen en el continente y en la isla de Tierra del Fuego. El suelo fue originado a partir de sedimentos glaciales mezclados y, en algunos casos recientes, el horizonte superficial es de textura liviana, aunque en ocasiones todo el perfil presenta texturas medias a pesadas. El suelo es de profundidad media, aunque a veces suele ser un suelo delgado.

Suelos de tránsito pradera-planosol. Se distribuyen principalmente en la isla de Tierra del Fuego y en sectores más reducidos del continente, en las zonas vecinas al estrecho de Magallanes. Presenta suelo originado a partir de sedimentos glaciales antiguos, mezclados. En algunos casos, presenta suelo originado a partir de sedimentos glacio-lacustres y a partir de tobas volcánicas. El horizonte superficial es de textura liviana, que se hace pesada en profundidad.

Suelos podzólicos. Ocupan una superficie de 344 500 ha de la zona de estudio. Dentro de éstos se encuentran los siguientes grandes grupos: A) Suelos de Podzol, que se distribuyen a lo largo de las morrenas laterales y sedimentos glaciales de la cuarta glaciación en la costa del estrecho de Magallanes; la textura superficial es liviana y es un suelo delgado. B) Podzol de Agua Subterránea, que se distribuyen en la zona de Puerto Natales, entre Puerto Jamón por el norte y el lago Balmaceda por el sur; presenta suelo originado a partir de sedimentos mezclados con cenizas volcánicas; todo el perfil presenta textura liviana, de mediana profundidad. C) Suelos Pardo Podzólicos, que se distribuyen en dos sectores: en el sur de Puerto Natales, entre el lago Balmaceda y el Cordón de Verano (situado al norte de Laguna Blanca); en tanto, el otro sector está ubicado en la isla de Tierra del Fuego, al sur-oeste de Bahía Inútil; presentan suelo originado a partir de sedimentos glaciales mezclados con cenizas volcánicas, textura liviana a media y profundidad media. D) Suelos de Praderas Alpinas, que se distribuyen en el sur de la península de Brunswick y en Tierra del Fuego, al sur-oeste de Bahía Inútil; presenta suelo derivado de sedimentos glaciales mezclados; textura media en todo el perfil y es un suelo delgado. E) Suelos Grises de Bosques, que se distribuyen formando una faja a orillas del estrecho de Magallanes, que va desde Punta Arenas hasta Puerto Bulnes; presentan suelo delgado, derivado de sedimentos glaciales mezclados.

Clasificación de suelos por provincia

Posterior a Díaz et al. (1959–1960), se han generado diferentes trabajos que indican clasificaciones de suelos de la región en diferentes provincias, lo que en su conjunto permite tener una idea de los tipos de suelos existentes. A continuación, se describirán características de los suelos por provincia, de acuerdo a los principales trabajos desarrollados.

Suelos de la provincia de Última Esperanza. La Comisión Nacional de Riego (CNR, 1997) describió series, detallando las siguientes para esta provincia: 1) Serie Última Esperanza, cuyos suelos son formados por sedimentos fluvio-glaciales depositados sobre materiales lacustres que se encuentran compactados y muy duros, pero que no están cementados; suelen ser suelos delgados, las raíces solo penetran por las fracturas, este substrato está acompañado de gravas finas escasas a comunes. La textura superficial es franco limosa o franco arenosa muy fina, llegando a ser franca en sectores. Son de materiales sueltos, permeables, porosos y bien estructurados y con un elevado contenido de materia orgánica. 2) Serie Tres Pasos, posee suelo de terraza aluvial, en posición ligeramente inclinada con pendiente dominante de 1 a 2 %. Ocupa generalmente las terrazas medias dentro del paisaje. De textura superficial franco arenosa fina, con gravas finas redondeadas y angulares en todo el perfil, el que es moderadamente profundo con arraigamiento entre 75 a 80 cm. 3) Serie Baguales, presenta suelo franco arcillo limoso, con un horizonte orgánico superficial, sedimentario y profundo. En el sector del río Baguales se presentan pequeñas áreas con abundantes carbonatos y salinidad. 4) Serie Las Chinas, presenta suelo franco limoso, en posición de terraza aluvial intermedia, de textura superficial entre franco limosa y arcillo limosa, que presenta buen arraigamiento y contenido moderado de carbonatos. 5) Serie Los Cisnes, presenta suelo formado por sedimentos fluvio-glaciales, depositado sobre materiales glaciolacustres de textura arcillosa, muy duros, denominados comúnmente como mazacote. Presenta un substrato de gravas finas y medias abundantes, con una textura superficial franco arenosa fina y, en profundidad, las texturas son franco arcillo limosa y arcillo limosa. Estos suelos son sueltos superficialmente, ligeramente profundos, permeables, porosos, bien estructurados y con un elevado contenido de materia orgánica. 6) Serie Llanuras de Diana, presenta suelo en posición baja dentro del paisaje, cercano a los suelos denominados de vega, de textura superficial franco limosa y, en profundidad, la textura es franco. 7) Serie Calvario, el suelo de esta serie es de textura franco arcillo limoso. Es suelo de origen fluvio-glacial, que posee un substrato de arenisca, arena cementada y quebradiza que impide el desarrollo de las raíces.

Este sector de Última Esperanza se asocia a un régimen de humedad ústico y a un régimen de temperatura frígido. Presentan un nivel freático que puede fluctuar entre 50 y 90 cm de profundidad. Los suelos se han descrito como profundos, yendo de 100 hasta 130 cm, también se han encontrado suelos delgados de 25 a 50 cm, y los ligeramente profundos, de 50 a 75 cm (con profundidad limitada). Dicha profundidad quedó definida por la presencia de sedimentos fluvio-glaciales parcialmente cementados. Además, en algunos de estos suelos, en la superficie, se han formado horizontes orgánicos (epipedón hístico) que pueden llegar a 25 cm de espesor. El sustrato de los suelos es variable, describiéndose sustratos de gravas redondeadas con arena intersticial, arenisca compactada, arcilla, compactada, cementada y un material glaciolacustre compactado y duro, con un cierto grado de mazacote. La clase textural de los horizontes superficiales varía entre franco arcillo limosa y franco limoso, y en algunos suelos se hace ligeramente más gruesa, franco arenoso fina. Mientras que en los horizontes más profundos no existe una tendencia definida, describiéndose diferentes clases texturales, como arcillosa, arcillo limosa, franco limoso, franco arenoso y hasta arenosa muy fina (Luzio et al., 2010).

Siguiendo la clasificación americana, Luzio et al. (2010) caracterizaron los Suelos Castaños de esta provincia, definiéndolos como bien estructurados, con un incremento en el contenido de arcilla hacia el horizonte B. De acuerdo con las descripciones de perfiles, se podrían asimilar al concepto de Inceptisol y, para ser más precisos, a Dystrustept. Aparentemente, la mayoría de los suelos se han desarrollado a partir de sedimentos glaciales y de cenizas volcánicas. Los Suelos Pradera-Planosol van de moderadamente profundos a profundos, con un incremento de la fracción fina hacia los horizontes subsuperficiales. En comparación con los suelos descritos anteriormente, este grupo de suelos ha evidenciado un grado de evolución pedogénica. Por último, los suelos de Praderas Alpinas se presentan como suelos delgados, de menos de 50 cm de profundidad, que se han descrito sobre pizarras o sobre sedimentos glaciales mezclados.

Suelos de la provincia de Magallanes. El Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN, 1968), realizó un informe de las asociaciones de suelos de la provincia de Magallanes, donde describió las diferentes asociaciones de suelo de cada serie y señaló la ubicación, área, topografía, material de origen, pluviometría, vegetación natural, drenaje, erosión y la descripción del perfil. En su descripción señaló que los suelos de la provincia de Magallanes tienen diversos materiales de origen, tales como sedimentos marinos recientes, rocas sedimentarias meteorizadas del terciario, sedimentos glaciales, sedimentos fluvio-glaciales, sedimentos glaciales mezclados

con sectores de loess o cenizas volcánicas, sedimentos fluvio-glaciales con material morrénico, depósitos de materiales recientes, arenas y gravas de depositación marina reciente, arenas eólicas, sedimentos lacustres y terrazas marinas antiguas. También señaló las diferentes profundidades de suelo del primer horizonte de esta provincia, siendo el más profundo descrito hasta los 17 cm, mientras que el más delgado va de 0-3 cm. Por otro lado, las profundidades más comunes en las descripciones del primer horizonte fueron de 0-4 cm y de 0-9 cm.

En la descripción realizada por la CNR (1997) se señalan las siguientes series para la provincia de Magallanes: 1) Serie Agua Fresca, este sector presenta suelo originado a partir de cenizas volcánicas, descansa sobre un material fino llamado comúnmente mazacote, de textura superficial franco limosa y, en profundidad, de textura franco arcillo arenosa. 2) Serie Ciaike, suelo sedimentario, de textura superficial franco limosa y, en profundidad, de textura arcillo arenosa. Presenta un horizonte orgánico de 30 a 40 cm, con abundantes raíces y ligera reacción por carbonatos que en profundidad aumentan hasta 70 cm. 3) Serie La Leona, suelo profundo formado por sedimentos fluvioglaciales. De textura superficial franco arenosa fina y, en profundidad, de textura arcillo arenosa. 4) Serie Dinamarquero, suelo moderadamente profundo, formado por sedimentos glaciares. De textura superficial franco limosa y, en profundidad, la textura es arcillosa. 5) Serie Kampenaike, suelo delgado de origen fluvioglacial, de textura franco arenoso muy fino en la superficie y franco arenosa en profundidad. Presenta gravilla y gravas finas abundantes, tanto nuevas como meteorizadas desde los 35 cm. 6) Serie Tehuelche, suelo formado por sedimentos lacustres finos, con pendientes dominantes de 0 a 2 %. De textura franco limosa en la superficie y arcillosa en profundidad, donde las raíces solo alcanzan hasta 40 o 50 cm. 7) Serie Portada, corresponde a un suelo ligeramente profundo, con características sedimentarias y de origen fluvioglacial, de textura superficial franco arenosa muy fina y de textura franco arenosa gruesa en profundidad, con arraigamiento hasta 50 cm. 8) Serie Mina Rica, suelo ligeramente profundo, sedimentario de origen fluvioglacial, con un substrato de gravas con matriz arenosa. De textura superficial franco limosa, y en profundidad de textura franco arcillo limosa. 9) Serie Morro Chico, suelo delgado de origen fluvioglacial, de textura superficial franco arenosa fina y, en profundidad, de textura franco arenosa con gravas redondeadas con matriz arenosa gruesa. 10) Serie Oazy Harbour, suelo ligeramente profundo formado por sedimentos fluvioglaciales, con substrato formado por gravas y piedras redondeadas, frescas meteorizadas. De textura superficial franco arenosa y de textura arenosa en profundidad. 11) Serie Rio Penitente, suelo profundo, sedimentario, en posición de terraza plana con ligero micro relieve aluvial, de textura superficial franco arenosa muy fina y, en profundidad,

de textura arcillo limosa. 12) Serie Rio Verde, suelo sedimentario, en posición de terraza marina con substrato de arcilla densa con gravas y piedras. De textura franco arenosa muy fina a nivel superficial y en profundidad.

Por otro lado, Luzio et al. (2010) señalaron que, si bien existe una dominancia del régimen de humedad ústico y un régimen de temperatura frígido, no se descarta que puedan existir sectores más secos hacia el este, pero siempre como ústicos o más húmedos hacia el oeste, que podrían caer en el concepto údico. Señalan también que son áreas que han sufrido diversos cambios del paisaje, con diferentes sustratos de los suelos como sedimentos glaciales y fluvioglaciales, gravas redondeadas nuevas y meteorizadas con matriz arenosa y presencia de mazacote, con una profundidad hasta el sustrato variable entre 60 y 120 cm.

Las clases texturales de los horizontes superficiales varían entre franco limosa y franco arenosa muy fina, mientras que en los horizontes más profundos en contacto con el sustrato, las clases texturales son variadas, encontrando texturas arcillosa, arcillo arenosa, franco arcillo limosa, franco arcillo arenosa, franco arenosa fina y areno francosa. Los suelos de esta área se han descrito con abundantes gravas en el perfil, donde domina la estructura de bloques subangulares a través de los perfiles, que se hace maciza en los horizontes más profundos. También se encuentra una estructura granular en aquellos suelos que presentan un horizonte superficial orgánico (Luzio et al., 2010).

Los suelos de Pradera y Pradera-Planosol se caracterizan por ser delgados a moderadamente profundos, sobre sedimentos glaciales mezclados, en algunos casos con gravas graníticas y basálticas. Hacia el oeste se ha descrito una franja de orientación NW-SE en la que se encontrarían bien representados los Podzoles (concepto sustentado en la presencia de un horizonte de eluviación A2 - E), los cuales se caracterizan por presentar un perfil con un horizonte superficial que contiene una capa rica en raíces y materia orgánica; le sigue un horizonte mineral franco arenoso fino, franco limoso o incluso arenoso, para terminar en un horizonte franco limoso o franco arcillo limoso o franco limoso. Estos suelos se han descrito como delgados a moderadamente profundos, sobre un sustrato de sedimentos glaciales con gravas y piedras, o bien, un esquisto cretácico (Luzio et al., 2010).

Suelos de la provincia de Tierra del Fuego. Para esta provincia, Frederiksen (1988) realizó un trabajo donde tuvo como sitio de estudio Tierra del Fuego, que fue elegida por poseer diferencias significativas en la geografía física en transectas de corta

distancia, por poseer semejanzas con Escandinavia y por el poco conocimiento de estos suelos. Su descripción caracterizó los suelos en semiáridos, subhúmedos, húmedos y peri-húmedos. Para los suelos semiáridos señala que las diferencias están relacionadas, principalmente, con la posición topográfica de los pedones y la distribución vertical del material parental. Los paisajes de morrena, deshielo, glaciar y ladera están cubiertos por una capa de loess, que da lugar a las siguientes secuencias de material parental: loess limoso sobre textura variable, loess limoso sobre grava de deshielo, loess sobre varvas arcillosas/limosas y loess limoso sobre rocas sedimentarias. El régimen de este suelo es xérico. En este tipo de suelo casi no hay piedras y predominan los paisajes volcánicos, aluvial, mareal, playa y dunar. Para los suelos subhúmedos señala que en la zona subhúmeda y subárida, la pedogénesis está relacionada con el relieve y el material parental y se le aplica la misma división en tipos de paisaje que la zona semiárida, siendo muy escasas las piedras superficiales. La zona subhúmeda está dominada por los paisajes de cuesta y morrenas, y la zona subárida por el paisaje de morrena y ambos están cortados por una red de valles aluviales y de agua de deshielo, donde el paisaje glaciar cubre solo una pequeña área. El régimen de humedad es údico que bordea el ácuico. Por otra parte, en los suelos húmedos se describe la región alpina, donde señala que los suelos de ladera (familias Navarino, Valdivieso y Darwin) se caracterizan por un delgado horizonte orgánico que recubre fragmentos de rocas volcánicas, turbitas y esquistos. En tanto los suelos medios y bajos (familia Carbajal y Bulnes) presentan material parental till y tienen un régimen de humedad údico. Los fondos del valle (familias Ushuaia, Alakush y Yahgan) son bastante diferentes entre sí, donde la familia Ushuaia se da en arcos morrénicos marginales cubiertos por una lámina de loess teframixada, el material parental es limoso y tienen un régimen údico. La familia Alakush se encuentra en valles de agua de deshielo y presenta un régimen críico. La familia Yahgan se desarrolló en bancos de conchas antropogénicas. Finalmente se describen los suelos peri húmedos, en donde prácticamente no hay sedimentos sueltos y la roca es granodiorítica, los suelos se presentan dispersos o con cubiertas continuas sobre la superficie rocosa (manto de turba) y son todos Histosoles. En esta clasificación se definieron dos familias: la familia Brecknock, formada por turba en toda la sección, y la familia Hoste, formada únicamente por una capa fina de turba sobre la roca.

Por otro lado, dentro de las series descritas por la CNR (1997) se encuentran las siguientes para esta provincia 1) Serie Río del Oro, que corresponde a un suelo de terraza aluvial baja, textura franco arenosa muy fina en la superficie y, en profundidad, una textura que varía de franco arcillo limosa a franco arenosa muy

fina. Presenta un horizonte superficial orgánico con raíces muy abundantes, alcanzando un arraigamiento a 60 cm, en promedio; variando entre 50 a 70 cm. 2) Serie Río Rogers, suelo de terraza aluvial baja, de textura franco arenosa muy fina en la superficie y franco arenosa muy fina en profundidad. Presenta un horizonte superficial orgánico con raíces muy abundantes, donde el arraigamiento alcanza entre 50 y 60 cm. 3) Serie Santa Olga, suelo de terraza alta y media delgada, de textura superficial franco arenosa fina, presentando grava y gravilla en todo el perfil, que aumenta en profundidad. 4) Serie Santa Susana, suelo sedimentario formado por materiales glaciales que se presentan compactados en profundidad. De textura superficial franco limosa y arcillo limosa, que se encuentra sobre una arcilla glacial semipermeable y que limita la profundidad de arraigamiento. 5) Serie Side, suelo sedimentario, en posición de terraza aluvial, moderadamente profundo. De textura superficial franco arenosa fina y, en profundidad, de textura franco arcillo limosa. 6) Serie Sombrero, suelo de origen fluvioglacial, delgado, de terrazas medias, es de textura superficial franco arenosa fina y, en profundidad, de textura franco arenosa con gravas redondeadas. 7) Serie Bellavista, suelo de terrazas bajas, originado a partir de sedimentos fluvioglaciales con sustrato de arcilla glacial. De textura superficial franco limosa, y de textura arcillosa en profundidad. Puede presentar un sustrato aluvial de gravas con arena bajo 100 cm. 8) Serie Los Azules, suelo formado por sedimentos glaciales, de textura franco arenosa muy fina y, en profundidad, de textura franco arcillo arenosa, con abundante gravilla y grava en el perfil, que aumenta en profundidad.

A lo anterior se adiciona Luzio et al. (2010), quienes señalan que los suelos descritos para esta área se encuentran en posición de terrazas aluviales a diferentes alturas (bajas, medias y altas). Los sustratos más comunes corresponden a materiales aluviales, tales como gravas redondeadas con matriz arenosa, también son frecuentes los sustratos de origen fluvioglacial, asociados con mazacote. Las clases texturales de los epipedones varían entre franco limosa y franco arenosa fina, con dos tendencias a variar en profundidad, de acuerdo a los suelos descritos. Un grupo de suelos presenta horizontes subsuperficiales de clase textural franco arcillo arenosa y arcillosa y, en otro grupo, las clases texturales gruesas, arenosa y areno francosa. La estructura es de bloques subangulares en superficie, a maciza hacia los horizontes subsuperficiales. La profundidad del sustrato es variable, ya que se han descrito suelos de 45 cm sobre un sustrato fluvioglacial, hasta otros de hasta 120 cm.

Suelos de Vegas

De manera transversal, en todas las provincias de la región existen comunidades vegetales de características azonales, que presentan clasificaciones de suelo distintivas (Radic et al., 2001). Uno de los primeros trabajos que caracterizó estos tipos de suelos fueron el de Filipová et al. (2009), quienes realizaron una descripción detallada de la clasificación de suelo presente en un predio de la provincia de Magallanes, pero extendiendo su clasificación a otras vegas de la región. Señalan que si bien el estudio de Sáez (1994) abarcó toda la región, así como una amplia variedad de hábitats, solo caracterizó una capa superficial de 20 cm de espesor. Por esto, dichos autores efectuaron una descripción actualizada de los tipos de suelos de las vegas del sur de la Patagonia chilena; describiendo en específico un área relativamente restringida, que fue la Estación Experimental INIA Kampenaike, en donde existen diferentes tipos de vegas y sus combinaciones: vegas cerca de ríos/arroyos o manantiales, vegas que rodean lagunas estacionales o permanentes, vegas en depresiones cóncavas con suelos arcillosos impermeables (incluidas las vegas sobre sedimentos lacustres) y vegas sobre sedimentos en el fondo de las laderas, donde se describieron 24 perfiles. Este estudio se amplió a diferentes tipos de vegas, en explotaciones agropecuarias de toda la región, analizándose 23 perfiles, por lo que se excavaron un total de 47 perfiles diferentes para la investigación, los que se dividieron en: 20 perfiles de Histosoles (43 % del estudio), 19 perfiles de Fluvisoles (40 %), 3 Gleysoles (6 %) y 5 perfiles que no son típicos de las vegas (11 %).

Histosoles (HS). Estos suelos se caracterizan por la presencia de un horizonte hístico o fólico de 40 cm o más de espesor, que comienza a 30 cm de la superficie. El horizonte fólico está formado por materia orgánica del suelo bien aireada. Los horizontes hísticos están saturados de agua durante uno o más meses en el año, lo que se traduce en la presencia de materia orgánica poco aireada. Alrededor del 90 % de todos los Histosoles (38 % de las vegas muestreadas) tienen propiedades hiperhúmicas (un alto contenido de C orgánico en el metro superior). Los clastos no están presentes en ningún perfil a aproximadamente 1 m de la superficie del suelo. Solo cinco perfiles tienen un horizonte pedregoso (4-30 % del volumen) a más de 1 metro de profundidad. La materia orgánica está formada por restos vegetales, principalmente de gramíneas y sphagnum, y la capa de humolitas puede alcanzar hasta 4 m y más, mientras que normalmente mide alrededor de 1 m.

Fluvisoles (FL). Suelos con material fluvial (sedimentos marinos y lacustres que reciben material fresco a intervalos regulares o que lo han recibido en un pasado

reciente). Comienza a 25 cm de la superficie del suelo y continúa hasta una profundidad de, al menos, 50 cm desde la superficie del suelo. Es un suelo estratificado, con texturas que varían entre arena fina, arcillo-arenosa o arcilla. Los Fluvisoles también tienen una alta capacidad de retención de agua. Incluyen diferentes tipos de suelos, dada la variabilidad de condiciones ambientales que se dan en zonas perilacustres y en las cuencas fluviales. Dentro de los Fluvisoles se encuentran los Húmicos, que presentan un alto contenido de C orgánico (más del 1% en peso de C orgánico en la fracción de tierra fina hasta una profundidad de 50 cm); los hísticos, que se han desarrollado sobre sedimentos fluviales o lacustres (con presencia de conchas de moluscos en los sedimentos); y los Endogléricos, que se encuentran a orillas de una laguna estacional, en un área con vegetación poco desarrollada. El suelo es pobre en MO, todo el perfil presenta un nivel de pH extremadamente alto (entre 8,5-9,4).

Gleysoles (GL). Los suelos desarrollan propiedades gléyicas si están completamente saturados por agua subterránea, durante un período que permite la ocurrencia de condiciones de reducción. Dentro de este tipo de suelo se encuentran los Gleysoles hísticos, que se desarrollaron cerca de un río, por lo que las condiciones de saturación de agua provocaron la acumulación de materia orgánica en el horizonte hístico. El horizonte con propiedades gléyicas, con un espesor de más de 60 cm, es de origen aluvial (arenas) y está continuamente saturado de agua. En tanto, los Gleysoles háplicos presentan suelo que se desarrolló sobre sedimentos fluviales de grava y arena.

Los tipos de suelo que no son típicos de las vegas son relativamente raros y presentan características específicas, dado a su alto contenido salino o su textura y se dividen en los siguientes tipos:

Solonchaks (SC). Suelos que presentan un horizonte sálico que comienza dentro de los 50 cm desde la superficie del suelo. Dentro de este tipo de suelo se encuentran los Solonchaks Gípsico (Aquisalids) en donde el perfil se caracteriza por su horizonte gípsico subsuperficial, que se presenta a poca profundidad. Este tipo de horizonte se caracteriza por no estar cementado y contener acumulaciones de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en diferentes formas (en este caso, en forma de pseudo-micelios y acumulaciones pulverulentas compactas). Las sales más solubles que el yeso se acumulan en el horizonte superior.

Solonetz (SZ). Suelos con presencia de un horizonte nátrico. Es un horizonte

subsuperficial denso, con mayor contenido de arcilla que los horizontes suprayacentes. También tiene un alto contenido de Na y/o Mg intercambiable. Dentro de este grupo se encuentran los Gleyic Solonetz - Natrargids. El perfil considerado en este estudio se originó sobre sedimentos fluviales en un ambiente fuertemente alcalino; el pH (H₂O) del horizonte nátrico es extremadamente básico (9,2). Otros procesos pedogenéticos son la salinización, que afecta al horizonte superficial, y la gleyización leve, que aparece en el horizonte por debajo del horizonte nátrico. Al igual que los Solonchaks, los Solonetz se han formado en condiciones de escasa precipitación y fuerte evapotranspiración, donde este tipo de condiciones climáticas y edáficas favorecen el desarrollo de la vegetación halófila.

Vertisoles (VR). Este suelo presenta un horizonte vértico dentro de los 100 cm desde la superficie. Es un horizonte subsuperficial que, como resultado de la contracción y expansión, tiene superficies pulidas y acanaladas (slickensides) o estructuras de cuñas. Los horizontes vérticos son arcillosos y tienen una consistencia que va de dura a muy dura. Dentro de este grupo se encuentran los Vertisoles háplicos, con presencia de gleyización periódica. El suelo se desarrolló de un material arcilloso que probablemente se deslizó de las laderas circundantes.

Regosoles (RG) - Inceptisoles. Son suelos pobremente evolucionados sin horizontes diagnóstico. Hay dos perfiles de suelo clasificados como Regosoles, muestreados solo para su comparación con las vegas. Su presencia en las áreas cubiertas —en la mayoría de los casos, por sustratos del cuaternario— es muy común. El primer perfil pertenece a un suelo desarrollado en un área con abundante vegetación, a la orilla de una laguna estacional en la Estancia Laguna Blanca. Probablemente esto se deba a que este suelo se formó en el fondo de una laguna transitoria que luego desapareció. El horizonte B1 tiene ciertas características de un horizonte argílico. La estructura porosa y el color pálido (resultado del lavado de Fe reducido) indican un período lacustre en el desarrollo del suelo y, aunque la gleyización se observa claramente, este suelo no puede clasificarse como Gleysol.

El segundo perfil se encuentra en la Estancia Las Coles, en una pradera originada a partir de un bosque talado. El suelo es muy delgado, desarrollado sobre sedimentos glaciales de gravas, solo se notan procesos de ilimerización (iluvación de arcilla), lo que provoca la formación de un horizonte eluvial (bajo un régimen de abundantes precipitaciones).

Fertilidad de los suelos de Magallanes

La baja fertilidad de algunos nutrientes en los suelos de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena es una severa limitante en la producción de las praderas (Sáez, 1994). De acuerdo a lo anterior, existen algunos trabajos que muestran estas deficiencias.

Díaz et al. (1959–1960)

Díaz et al. (1959–1960), en su descripción de grandes grupos de suelo, caracterizó la fertilidad y aptitud del suelo de cada una de las series. Dentro de ellas, están los **Suelos Castaños** que presentan una moderada fertilidad y deficiencias en nitrógeno. En algunos sectores cercanos al camino de Punta Arenas a Río Gallegos, debido a su material de origen derivado de cenizas volcánicas, presentan problemas de fijación de fósforo. **Suelos de Pradera**, con variada fertilidad, que responden a las aplicaciones de nitrógeno. **Suelos de transición Pradera-Planosol**, de fertilidad moderada y pobres en nitrógeno. **Suelos podzólicos**, en condiciones topográficas que impiden su aprovechamiento agrícola, debido a su topografía escarpada; poseen aptitud forestal y de praderas permanentes de regular calidad. Cuando los suelos se hacen más delgados (aproximadamente, 10 cm), la vegetación es substituida completamente, encontrándose murtila y otras especies de las denominadas plantas de cojín. Son suelos ácidos, pobres en elementos nutritivos, lo que hace un suelo de fertilidad moderada a baja.

Schenkel et al. (1973)

Si bien la descripción de la fertilidad de las series de suelo descrita por Díaz et al. (1959–1960) detalló en forma muy general el tema de la fertilidad, el trabajo realizado por Schenkel et al. (1973) es considerado uno de los primeros trabajos que se realizó para determinar deficiencias de nutrientes. Dichos autores señalaron que la baja productividad de los suelos de Magallanes incide sobre los rendimientos de muchas especies de vegetales. La intensidad de las deficiencias nutritivas encontradas decrece en el siguiente orden P>S>K>micronutrientes>Ca=Mg. Los autores trabajaron con suelo extraído de diversos sectores de la región, realizando ensayos en macetas con *Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*, en donde se aplicaron tratamientos de

fertilización nitrogenada, logrando concluir que una sola fertilización nitrogenada es incapaz de elevar la fertilidad de los suelos de Magallanes a un nivel satisfactorio.

Los autores antes mencionados lograron realizar un diagrama de la fertilidad de Magallanes señalando el comportamiento del índice de rendimiento (%) con tratamientos de fertilización completa, tal como se presenta en la Figura 11.

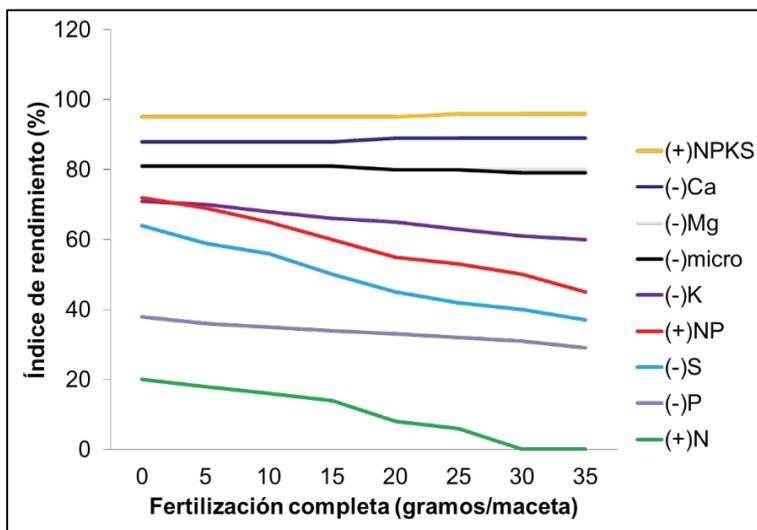


Figura 11. Diagrama de fertilidad de la provincia de Magallanes. Fuente: adaptado de Schenkel et al. (1973).

Además, se determinó que suelos ricos en fósforo muestran mejor respuesta a la fertilización nitrogenada y que la magnitud de esta respuesta depende de la severidad con la que se presentan las restantes deficiencias, especialmente potasio y azufre. También detectaron que suelos muy pobres en fósforo y/o azufre y potasio no tienen una adecuada respuesta a la fertilización nitrogenada. En conclusión, señalan en su estudio que los suelos de Magallanes deberían mejorar notablemente sus niveles de fertilidad si a ellos se añaden nitrógeno, fósforo, azufre y potasio (NPKS). A su vez, cuando las disponibilidades de magnesio y/o microelementos son inadecuadas, deberían responder poco a esta fertilización. Indican que ni aún los suelos con mayor riqueza de fósforo mejoran sustancialmente los niveles de fertilidad con N, porque en ellos, por lo general, se manifiestan muy severas las demás carencias, especialmente de azufre.

Sáez (1994)

Este trabajo de Díaz et al. (1959-1960) permitió que otros investigadores continuaran con el estudio de estos suelos, realizando caracterizaciones detalladas como la presentada por Sáez (1994), quien describió las agrupaciones de suelos existentes en la Región de Magallanes, las que se describen a continuación (Figura 12):

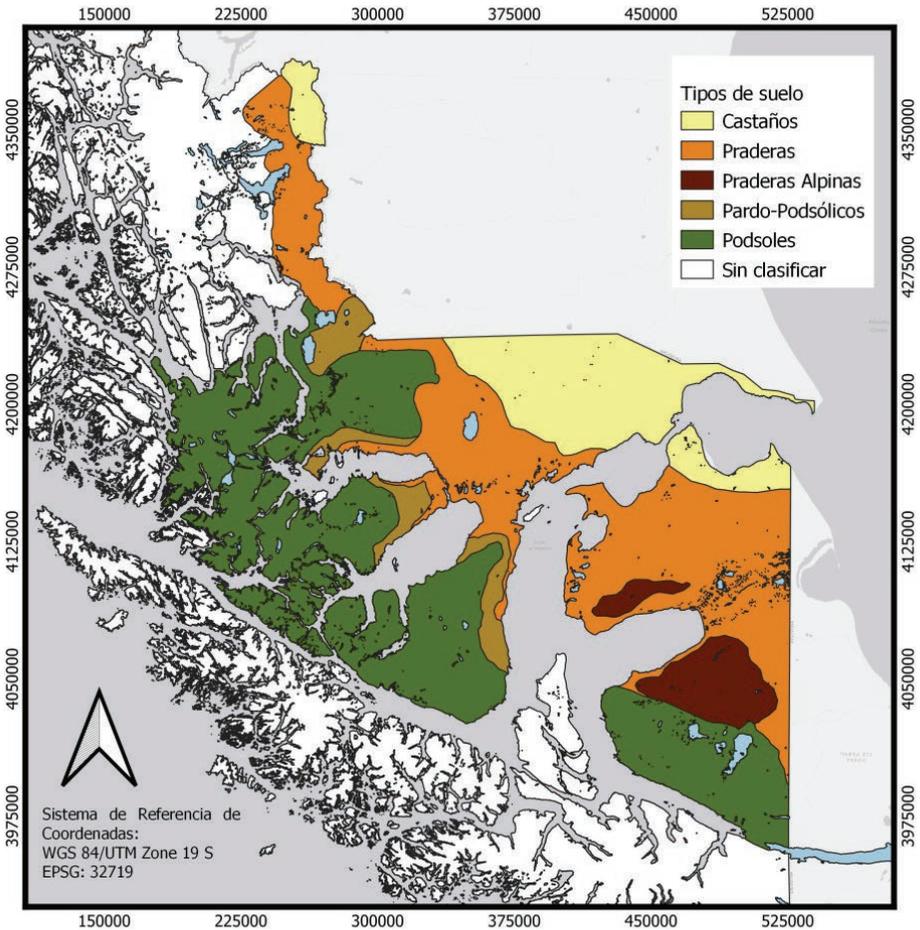


Figura 12. Mapa esquemático de las agrupaciones de suelos de la Región de Magallanes. Adaptado de Sáez (1994).

Suelos Castaños. Se caracterizan por una disponibilidad muy baja de N, P y S (5,5 y 4 ppm en promedio, para P y S, respectivamente). Con altos contenidos de K (406 ppm o 1,04 meq/100 g), y Mg (3,10 meq/100 g), con un suministro moderado de micronutrientes (ver Cuadro 3, para niveles críticos de los nutrientes). En estos suelos se espera una respuesta agronómica a la fertilización con N, P y S..

Suelos de Praderas. Abarcan la mayor superficie de la región y se encuentran entre los suelos Castaños y Podzólicos. Ocupan gran parte de la región fisiográfica de las Planicies Orientales, junto a los suelos Castaños. Se caracterizan por una disponibilidad baja de N, que se incrementa hacia la zona de transición al bosque. La disponibilidad de P es baja, los valores promedios de P en praderas pH > 6 es de 16 ppm, en praderas pH 5,9 - 5,7 es de 13 ppm y en praderas pH < 5,7 es de 10 ppm. Por otra parte, la capacidad de retención de P es baja en los suelos más alcalinos y media en los ácidos. La disponibilidad de K es alta en los suelos más alcalinos y media en los suelos ácidos, al igual que las reservas de K (valores promedios de K intercambiable en praderas pH > 6 poseen 512 ppm; praderas de pH 5,9-5,7 poseen 339 ppm K promedio; y las praderas < 5,7 presentan 286 ppm) (ver Cuadro 3). Se señala que los suelos más ácidos se encuentran en la zona húmeda con bosque achaparrado.

Los suelos de pradera fueron agrupados según su pH en las siguientes divisiones:

- Suelos con pH > 6
- Suelos con entre pH 5,7 y 5,9
- Suelos con pH < 5,7

Suelos Pardo-Podzólicos. Ocupan una posición intermedia entre los Suelos de Praderas ácidas y los Suelos Podsoles de bosque. Presentan textura limosa y un horizonte de iluviación pardo amarillento. Se distribuyen en una franja paralela a los Suelos Podsoles de bosque desde Última Esperanza hasta Tierra del Fuego. En los Suelos Pardo-Podzólicos, el suministro de N es medio y la disponibilidad de P es muy baja. A su vez, ésta va acompañada por una alta capacidad de retención de P. La disponibilidad de S es muy baja (promedio de 8 ppm) y el K presenta valores medios a bajos, siendo bajas las reservas de este nutriente (nivel promedio de 189 ppm o 0,48 meq/100 g) (ver Cuadro 3). Finalmente, la disponibilidad de Mg y de los micronutrientes Fe, Mn, Zn y Mo es adecuada en la mayoría de las muestras y bajos los niveles de Cu y B.

Suelos de Podsoles. Ocupan posiciones altas de la precordillera subandina oriental, se caracterizan por presentar un proceso de podsolización con un horizonte gris claro de 7 a 15 cm y otro pardo amarillento rojizo en profundidad. Presentan una disponibilidad media de N y muy baja de P (media de P-Olsen 8 ppm). También se caracterizan por bajos contenidos de S (media de S extractable de 10 ppm) y altos de K (media K intercambiable 189 ppm o 0,48 meq/100 g) (ver Cuadro 3).

Praderas Alpinas. Se encuentran en posiciones altas del Cordón Baquedano y del Cordón Carmen Silva, en los sectores de Calafate, Cameron y Russfin. Son de textura limosa. Los Podsoles, Pardo Podsolíticos y de Praderas Alpinas se caracterizan por poseer arcillas montmorilloníticas, hidróxidos de Al y tipo alofánicas. Estas arcillas dan a los suelos de estas tres agrupaciones de características "ándicas", alta retención de agua y alta retención de P. Las otras agrupaciones presentan arcillas montmorilloníticas, junto a cloritas, illitas y vermiculitas.

Suelos de Vegas. Se consideraron todos aquellos que se encuentran en una depresión y que presentan una acumulación transitoria de agua y de sales, debido a una estrata impermeable del sustrato. Las Vegas fueron subdivididas según su grado de salinidad, contenido de sodio y materia orgánica en:

- Vegas No Salinas (< 4 mmhos/cm, < 15 % Na)
- Vegas Salinas (> 4mmhos/cm, < 15 % Na)
- Vegas Salino-Sódicas (> 4mmhos/cm, >15 % Na)
- Vegas Sódicas (< 4 mmhos/cm, 15 % Na)

Vegas Orgánicas (> 20 % materia orgánica)

Cuadro 3. Estándares de análisis de suelo.

Análisis	Unidad	Nivel	Categoría
Fósforo extractable	Ppm	< 5 5-10 11-15 > 15	Muy bajo Bajo Medio Alto
Potasio de intercambio	meq/100 g	< 0,13 0,13-0,25 0,26-0,38 >0,38	Muy bajo Bajo Medio Alto
Azufre extractable	Ppm	< 4,0 4,0-8,0 8,1-12,0 > 12,0	Muy bajo Bajo Medio Alto
pH	Al agua	< 5,0 5,0-6,0 6,1-7,0 > 7,1	Muy bajo Bajo Medio Alto

Fuente: Adaptado de Rodríguez (1991).

Los Suelos de Vegas No Salinas presentan una disponibilidad media de N, un 40 % de muestras con un contenido medio a alto de P y un 60 % con niveles bajos de P (12 ppm P-Olsen) (ver Cuadro 3). Sin embargo, su capacidad de retención de P es baja. En los Suelos de Vega No Salinas, el contenido de bases Ca, Mg, K, son altas. También presenta altos contenidos de S, B y de micronutrientes. Debido a lo anterior, las Vegas No Salinas son la Agrupación de Suelos que presenta mayor fertilidad. Los valores mencionados son comparables con lo presentado por Rodríguez (1991) en sus estándares de análisis de suelo, que se presentan en el Cuadro 3.

En todas las agrupaciones de suelos mencionadas, las principales deficiencias nutricionales son el N y el P. El S también presenta un número significativo de muestras con un nivel deficiente, salvo en la mayoría de los suelos de vegas. Además, en los suelos más ácidos los contenidos de K y B son bajos.

Valle et al. (2015)

En las últimas décadas, los estudios se enfocan en la descripción general de las diversas comunidades vegetales existentes en la región. Cruz y Lara (1987) señalan que las formaciones vegetales más difundidas corresponden a las comunidades

arbustivo-herbáceas y a las praderas naturales, incluyendo en esta última las formaciones de vegas, que constituyen en conjunto el 60 % de los terrenos de pastoreo. Los mismos autores señalan que los tipos vegetales más extensos son: pradera de *Festuca gracillima* "Coirón" (17,5 %); las comunidades de *Chilotrichum diffusum* - *F. gracillima* "Mata verde - Coirón" (14,1 %) *Empetrum rubrum* - *F. gracillima* "Murtilla - Coirón" (9,6 %); el Bosque de *Nothofagus pumilio* "Lenga" (8,0 %), el Brezal de *Empetrum rubrum* "Murtilla" (7,7 %) y las vegas (3,7 %). Por otra parte, el SAG (2003, 2004a y 2004b) indica que en el extremo sur de la Patagonia destacan al menos siete comunidades vegetales importantes en la superficie de uso agropecuario, generalmente asociadas a suelos minerales: bosques, coironal, murtilla, turba, mata, vega y pradera. También señalan que es limitada la vinculación entre suelos y su cubierta vegetal para los suelos minerales de aptitud agropecuaria de la región.



Cuadro 4. Característica química de los suelos evaluados bajo tres comunidades vegetales en la Región de Magallanes.

Prof.	Sitio	Murtillar			Coironal			Vega		
	Unidades	A1-A2	Bw	2C	Oe-A1-A2	B	2Cg1	Oe-Oa-A	2Cg1	2Cg2
	cm	0-32	32-78	78-100	0-35	35-50	50-64	0-36	36-70	70-90
pH-H₂O	-	4,78	5,88	6,40	6,03	6,40	6,92	5,64	6,38	7,72
pH-CaCl ₂	-	3,85	4,39	4,99	5,24	5,40	5,87	4,68	5,13	6,37
P-Olsen	mg kg ⁻¹	6,09	3,32	13,67	4,51	1,37	1,48	4,75	41,15	3,46
Azufre	mg kg ⁻¹	6,87	0,24	0,22	0,26	0,22	0,20	0,26	0,19	0,13
Al extr	mg kg ⁻¹	748	174	57	22	30	28	110	25	20
Zn DTPA	mg kg ⁻¹	1,16	0,44	0,46	4,05	1,36	0,66	0,99	0,79	0,43
Fe DTPA	mg kg ⁻¹	424	3,65	3,06	304,13	220,13	2,96	240,40	6,74	1,62
Mn DTPA	mg kg ⁻¹	0,55	1,89	2,52	7,49	3,11	6,74	22,58	23,4	260,75
Cu DTPA	mg kg ⁻¹	1,16	0,71	0,62	1,51	1,96	1,67	1,97	1,59	3,26
Ca	cmol _c kg ⁻¹	1,75	5,21	5,1	13,27	11,3	12,25	2,09	7,24	11,94
Mg	cmol _c kg ⁻¹	1,33	3,74	3,91	6,56	6,07	7,89	4,33	5,45	6,47
K	cmol _c kg ⁻¹	0,58	0,17	0,31	1,07	0,50	0,29	0,41	0,61	1,08
Na	cmol _c kg ⁻¹	0,54	0,48	0,54	0,88	0,92	1,10	0,63	0,39	0,40
Al int.	cmol _c kg ⁻¹	5,23	1,5	0,26	0,01	0,01	0,01	0,12	0,13	0,01
S.Bases	cmol _c kg ⁻¹	4,20	9,60	9,86	21,78	12,72	21,53	7,46	13,69	19,89
Sat. Al	%	55,44	13,50	2,62	0,04	0,07	0,05	1,54	0,91	0,06
MO	%	30,75	4,74	3,69	19,45	9,39	5,61	20,87	4,03	3,88

Nota. Al extr: aluminio extraíble; Al int: aluminio intercambiable; Sat Al: saturación de aluminio; MO: materia orgánica; S.Bases: suma de bases. Fuente: adaptado de Valle et al. (2015).

Valle et al. (2015) establecieron en su trabajo relaciones generales entre tres comunidades vegetales (murtillar, coironal y vegas) y las propiedades de los suelos minerales que las sustentan. En el Cuadro 4 se presentan los resultados analíticos de las características químicas de los suelos evaluados bajo estas comunidades, en donde se determinó que el suelo bajo murtillar posee los valores de pH más bajos de los tres sitios. Las principales deficiencias para los suelos de las tres comunidades son el fósforo y azufre, en donde el murtillar presenta el mayor nivel de P-Olsen y de S; luego se encuentra la vega y, por último, el coironal, coincidiendo estas dos últimas

en los niveles de azufre. En tanto, las tres comunidades presentan altos contenidos de potasio, según los estándares presentados por Rodríguez (1991) (Cuadro 3).

Ivelic-Sáez (2021)

En la investigación multidisciplinaria publicada en el boletín denominado “Balance hídrico de humedales de uso agropecuario: el primer paso para el mejoramiento en la gestión hídrica a nivel predial en Magallanes”, se señala el reconocimiento y clasificación de suelos asociados a una cuenca de estudio de un sector de vega. Se indica que las vegas o mallines se distribuyen por toda la Patagonia, pero factores locales que favorecen la retención de agua por el suelo harán depender su ubicación en el área, siendo las planicies glaciares y aluviales y las mesetas formadas entre pendientes escoriales, los lugares más propicios para la formación de cada una, ya que dependen fundamentalmente de la geología y geomorfología del sector, debido a que esta determinará la dinámica hídrica.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de la clasificación de suelos realizada, la que se basó en el sistema de clasificación del USDA-NRCS. De los perfiles se clasificaron 10 pedones como Inceptisol (con diferencias importantes en el contenido de carbono y régimen de humedad), cuatro como Histosols, un Mollisol y un Aridisol. Es importante destacar la alta variabilidad en las características de estos suelos, en el sitio que fue descrito como Serie Kampenaike, suelos de origen fluvio-glaciar, delgados, de texturas gruesas en superficie, pero más arcillosos en profundidad con abundantes gravas.

Se muestran los cuatro órdenes junto a sus principales variaciones: Histosols (Typic haplofibrists, Hemic haplofibrists, Hydric haplofibrists); Inceptisols (Typic Haplustepts, Typic humustepts, Typic halaquepts); Mollisols (Fluvaquentic endoaquolls); Aridisols; (Sodic haplocalcids). Este reciente estudio entregó datos importantes sobre los distintos tipos de suelo que pueden existir en un sector de vega, en donde también se realizó una caracterización química de los horizontes de suelos analizados los cuales se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Características químicas de los diferentes suelos evaluados (primer y segundo horizonte).

Suelo	Hor.	Prof. (cm)	pH H ₂ O	P-Olsen mg/kg	C org. %	Sat. Bases %	PSI %	CE dS/m
Haplofibrists	Oe-Oi	0-40	6,24-8,08	10,5-31,3	23,3-30,4	100*	3,9-16,2	0,4-24,8
Haplustepts	Oi	0-2	6,7	19,5-30,1	8,1-14,4	56-69	0,9-1,4	1,2-1,8
	Ah	2-21	6,1-6,3	7,8-13,4	5,1	62-68	1,2-1,6	0,6-0,7
Humustepts	Ah-A	0-38	5,84-6,96	4,8-12,5	3,6-9,4	30-70	0,9-2,0	0,4-0,6
Halaquepts	Ah	0-32	8,66	21,8	16,7	100*	13,4	10,9
Haplocalcids	Ak1	0-17	9,07	82,4	1,0	100*	100**	0,9
Endoaquolls	Oe/Ah	0-12/12-30	7,15/7,67	55,8/15,8	9,1/3,0	70/100*	0,7/3,1	1,3/0,7

Nota: Hor, Horizonte, PSI, porcentaje de sodio intercambiable. * Valores mayores a 100 % por cálculo: Saturación de bases= ((Suma de bases/CIC)*100); PSI= ((Na intercambiable/CIC)*100). **Suelo con extremadamente a muy fuerte reacción al HCl. (-), muestra rango de valores para esos horizontes. (/) Muestra el valor para cada horizonte específico. Fuente: Adaptado de Ivelic et al. (2021).

Comentarios finales

La Región de Magallanes posee una variedad de ecosistemas y los estudios de suelos existentes son antiguos, por lo que es necesaria una descripción actualizada de los suelos de la totalidad de la región. Como se mencionó en los capítulos precedentes, los estudios de los suelos de la región están realizados en sectores conocidos y detallados principalmente para la provincia de Magallanes, dejando excluidos varios sitios que presentan diversas características edafoclimáticas y de comunidades vegetales, información que podría resultar relevante para la determinación de líneas base o caracterización de los ecosistemas existentes.

La clasificación predominante de los suelos de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena está relacionada con la superficie del área bajo uso agropecuario, donde la estepa es la que presenta una mayor predominancia. En ésta se encuentra en mayor medida Mollisoles, pero —dependiendo del sitio evaluado— se pueden hallar Inceptisoles o Aridisoles. Para el caso de las vegas se presentan Histosoles o Fluvisoles, principalmente, con una considerable variabilidad en su contenido de materia orgánica y pH. En menor medida se encuentran Gleysoles y otros tipos de suelo atípicos para vegas.

De acuerdo con los resultados existentes en los diferentes trabajos realizados, las principales deficiencias de nutrientes son nitrógeno, fósforo y azufre, existiendo niveles de potasio suficientes para la mayoría de los sitios de la región. Para el caso del azufre, existen niveles adecuados en la comunidad vegetal de vegas que presentan en su mayoría contenidos altos de materia orgánica. Por otro lado, los suelos ácidos se presentan en los sectores donde aumenta la pluviometría y empiezan las áreas con bosques. La excepción de lo anterior son los suelos bajo las comunidades del subarbusto *Empetrum rubrum* (murtilla), los que se pueden encontrar en sectores de estepa.

Bibliografía

- Comisión Nacional de Riego (CNR). 1997. Estudio Integral de Riego y Drenaje de Magallanes, XII Región. Volumen 2. Introducción, aspectos metodológicos, caracterización general del área y estudios básicos. Punta Arenas, Chile.
- Covacevich, N. & Ruz, J. 1996. Praderas en la zona austral: XII Región (Magallanes). En I. Ruiz (Ed.). Praderas para Chile. 2a ed. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 639-655 pp.
- Cruz, G. & Lara, A. 1987. Vegetación del área de uso agropecuario de la XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Díaz, C., Avilés, C. & Roberts, R. 1960. Los grandes suelos de la Provincia de Magallanes. *Agricultura Técnica* 19/20, 227-308 pp.
- Filipová, L., Hédler, R., & Covacevich N. 2010. Variabilidad de Tipos de Suelo en Praderas de Humedales en el Sur de la Patagonia Chilena. *Revista Chilena de Investigaciones Agropecuarias*, 70 (2), 266-277 pp.
- Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN). 1968. Asociaciones de Suelos de la Provincia de Magallanes (Zona Continental). Informe N°24. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal. <http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censo-agropecuario-y-forestal-2007>.

- Ivelic-Sáez, J., Dörner, J., Arumí, J.L., Cisternas, L., Valenzuela, J., Muñoz, E., Clasing, R., Valle, S., Radic, S., Alonso, H., López, R., Uribe, H., Muñoz, R., Ordoñez, I. & Carrasco, J. 2021. Balance hídrico de humedales de uso agropecuario: El primer paso para el mejoramiento en la gestión hídrica a nivel predial en Magallanes. Una investigación multidisciplinaria. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. Boletín INIA N°435. 162 pp.
- Luzio, W., Casanova, M. y Seguel, O. 2010. Suelos de la Zona de Magallanes (Desde 50° LS hasta 55° LS). En: Suelos de Chile. Ed: Luzio, W. Universidad de Chile. 291 - 306 pp.
- Radic-Schilling, S., Corti, P., Muñoz-Arriagada, R., Butorovic, N. & Sánchez-Jardón, L. 2021. Ecosistemas de estepa en la Patagonia chilena: distribución, clima, biodiversidad y amenazas para su manejo sostenible. En: Conservación en la Patagonia chilena: evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos. Eds: Castilla, J. C., Armesto, J. J. & Martínez-Harms, M. J. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Católica. 223-256 pp.
- Rodríguez, J. 1991. Manual de fertilización. Ediciones Universidad Católica, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. 362 pp.
- Sáez, C. 1994. Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Región de Magallanes. Informe Final. Proyecto Fundación Fondo Investigaciones Agropecuarias Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2003. El pastizal de Tierra del Fuego. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. Punta Arenas, XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2004a. El pastizal de Magallanes. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2004b. El pastizal de Última Esperanza y Navarino. Guía de uso, condición actual y propuesta de seguimiento para determinación de tendencia. Gobierno de Chile. XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.

- Schenkel, G., Baher Le, P., Floody, H., & Gajardo, M. 1973. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Magallanes, Continente. *Agricultura Técnica*, 34(3), 116-136.
- USDA-NRCS. 1999. *Soil Taxonomy A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Second Edition. 886p.
- Valle, S., Radic, S., y Casanova, M. 2015. Suelos asociados a tres comunidades vegetales de pastoreo importantes en Patagonia Sur. *Revista Agro Sur*, 43(2), 89-99





Capítulo 4

Relación suelo-planta- agua: tasas de crecimiento y dinámica hídrica de los pastizales en la región de Magallanes

Iván Ordóñez V.

Ing. Agrónomo. Ph.D., M.Sc.
INIA Kampenaiké.

Paula Oyaneder P.

Ing. Agrónoma.
INIA Kampenaiké.

Sergio Radic-Schilling.

PhD. MSc, Ing. Agrónomo.
Universidad de Magallanes.

Alinne Castro S.

Ing. Agrónoma.
Universidad de Magallanes.

Dante Pinochet T.

Ing. Agrónomo. Ph.D., M.Sc.
Universidad Austral de Chile.

Jaime Valenzuela M.

Técnico
INIA Kampenaiké.

Jorge Ivelic-Sáez

Ing. Agrónomo. M.Sc.
Universidad Austral de Chile.

Las estructuras vegetales de importancia ganadera en la Región de Magallanes son los pastizales y las praderas naturalizadas. En el caso de los pastizales, así como fue descrito, son los coironales y vegas que comparten los mismos sitios climáticos, pero con distinta morfología de paisaje (Figura 13, Pisano, 1977; Collantes y Faggi, 1999; Domínguez et al., 2017). Los coironales pueden presentar distintas asociaciones, en conjunto con el romerillo (*Chiliotrichum diffusum*) y la murtilla (*Empetrum rubrum*), entre otras (Domínguez et al., 2017; ver capítulo Distribución espacial y clima de los pastizales en Magallanes).

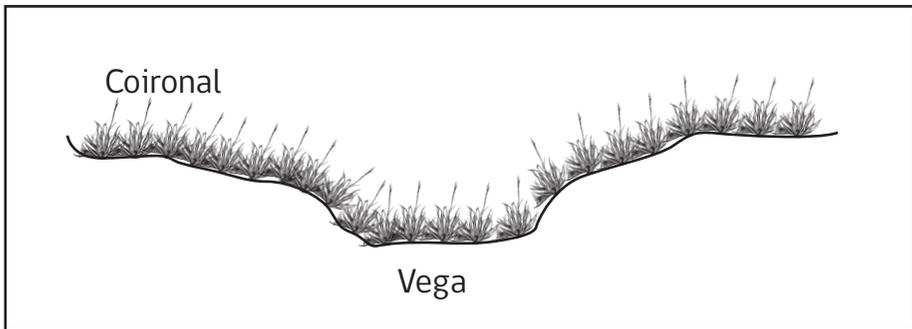


Figura 13. Fuente: Collantes y Faggi, 1999. Esquema simplificado de la posición topográfica de una vega y coironal.

Descripción productiva de los coironales

Los coironales son dominados por especies de coirón, como la *Festuca gracillima* y *Festuca magellanica*, encontrándose en los sectores más húmedos *Festuca pallescens* (Pisano, 1973; 1977; Soto, 1984). Se caracterizan por ser la estructura vegetal de importancia ganadera de mayor extensión en la Región de Magallanes (ver capítulo 1; Radic et al., 2021). Presentan una alta variabilidad, tanto en relieve, tipo de suelo y profundidad de suelo como por las estructuras de la comunidad de plantas presentes, como las plantas de coirón (*F. gracillima*, *F. magellanica* y *F. pallescens*) y las especies presentes en el intercoirón, romerillo (*C. diffusum*) y murtilla (*E. rubrum*) (Soto, 1984).

Los sectores de coironales —debido a variabilidad de temperaturas, baja pluviometría y, mayoritariamente, suelos delgados, velocidad del viento y una napa freática profunda (Universidad de Chile, 2008; Radic et al., 2021)— poseen una baja producción potencial de biomasa (Covacevich, 2001). En este sentido, la producción de biomasa del coironal puede variar entre 150 a 800 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ (Covacevich y Ruz, 1996) y presentan fragilidad al sobrepastoreo (Ver capítulo 2; Covacevich y Santana, 2006; CIREN, 2010). Esta fragilidad al pastoreo, o defoliaciones, puede estar relacionada con sus características de conservación de recursos, que se refleja en sus bajas tasas de crecimiento y su alta tolerancia al estrés hídrico (Ordóñez et al., 2022; Castro, 2023; Oyaneder, 2023).

La presencia de *F. gracillima* (coirón) es característica de los coironales y no sobrepasa el 70 % de cobertura (Pisano , 1977). Soto (1984) ha indicado valores máximos de 80 % y un promedio de 49 % de participación en la composición botánica, incluyendo el material vivo y muerto en 16 de 18 sitios de muestreo. Las especies de coirón se encuentran acompañadas de una estructura vegetal llamada inter -coirón , compuesta por especies dicotiledóneas subarborescentes y herbáceas cespitosas que, generalmente , presenta cobertura por sobre 75 % (Pisano , 1977; Soto, 1984). Dentro de la oferta forrajera se ha determinado que alrededor del 80 % del total es materia muerta , tanto de las plantas de *F. gracillima* como el inter-coirón (Ordoñez et al., 2022b).

Crecimiento de *Festuca gracillima* (Coirón)

Es una especie altamente sensible al pastoreo y a la defoliación, en especial, cuando se encuentra en condiciones de estrés hídrico (Ordoñez et al., 2022^a; Oyaneder, 2023). En estudios en condiciones controladas y bajo estrés hídrico se ha observado que la defoliación bajo los 10 cm afecta el crecimiento total de la planta y longitud de lámina (Oyaneder, 2023). Dentro de esto se ha reportado un gran largo de vida de sus tejidos , en donde las hojas no muestran signos de senescencia sobre los 1000 °C día acumulados (con temperatura base de 0 °C) (Ordoñez et al., 2022^a; Oyaneder, 2023), además, el recambio de tejido foliar es aproximadamente de 2,5 a 3 veces más lento que otras gramíneas (Cuadro 6; Cuadro 7; Castro, 2023). Se ha determinado una tasa de aparición de hoja cada 200 °C a 265 °C día acumulado (Cuadro 6; Cuadro 7; Castro, 2023; Ordoñez et al., 2022^a; Oyaneder, 2023) en condiciones hídricas similares a las que se encuentran en el campo. Presenta una lenta expansión foliar (Oyaneder , 2023) y radical (Castro, 2023), en comparación con otras gramíneas (Castro, 2023; Garcia-Favre et al., 2021; Ordoñez et al., 2021).

Es una especie con una baja exploración de suelo (ver longitud de raíces; Cuadro 7), debido a un menor largo de raíces, menor área foliar y biomasa que *Holcus lanatus* (pasto dulce) (Cuadro 7; Castro, 2023), especie que presenta altas tasas de crecimiento, similares a las especies que crecen en las vegas de buena condición. Sin embargo, *F. gracillima manifesta* una gran capacidad de tolerar estreses hídricos severos (Oyaneder, 2023).

Cuadro 6. Tasa de aparición de hojas (filocrono) para dos experimentos. Experimento 1: filocrono para distintas alturas de defoliación (3, 5, 8 y 10 cm de residuo) y condición hídrica (control y estrés hídrico severo). Experimento2: filocrono (tasa de aparición de hojas) para dos especies (*F. gracillima* y *H. lanatus*) en dos hojas de desarrollo distintas.

	Tratamientos	Altura de defoliación cm	Filocrono hoja °C día	
<u>Experimento 1</u>	<i>Festuca gracillima</i>	3 cm	287 b	
		5 cm	236 b	
	Condición hídrica control	8 cm	257 b	
		10 cm	238 b	
	<i>Festuca gracillima</i>	3 cm	376 a	
		5 cm	377 a	
		Estrés hídrico severo	8 cm	412 a
			10 cm	437 a
<u>Experimento 2</u>	Tratamientos	Filocrono hoja °C día		
	<i>Festuca gracillima</i> Hoja número 2		249,2 a	
	<i>Festuca gracillima</i> Hoja número 3		183,6 b	
	<i>Holcus lanatus</i> Hoja número 2		88,7 b	
	<i>Holcus lanatus</i> Hoja número 3		104,6 a	

Fuente: Ordoñez et al., 2022 a; Oyaneder , 2023 ; Castro , 2023 . Nota : Experimento 1; condición hídrica control es una simulación a una condición hídrica a nivel de campo; estrés hídrico severo es una simulación a una sequía severa en la Región de Magallanes. Experimento 2; hoja número 2 indica el desarrollo cuando aparece la hoja 2; hoja número 3 indica desarrollo de hoja número 3. Diferentes letras indican diferencias significativas de $P < 0.001$.

Por lo tanto, *F. gracillima* es una especie de baja capacidad competitiva (bajas tasas de crecimiento; Castro, 2023, Oyaneder, 2023) pudiéndose clasificar como una especie que se enfoca en la conservación de recursos más que de adquisición, según la definición aplicada por Reich et al. (2014). Es una especie que está siendo sometida constantemente a pastoreo, especialmente en la época invernal (eventos de nieve). Pero es una planta que necesita un mayor tiempo de recuperación post- pastoreo, siendo relevante en este contexto la aplicación de sistemas de rotación diferido, para permitir la recuperación correcta de los pastizales de coirón (Borrelli y Oliva, 2001) y/o realizar ajuste de cargas para no sobre- pastorear el coironal (Capítulo 2).

Cuadro 7. Crecimiento aéreo y radical de *Festuca gracillima* y *Holcus lanatus*.

Especies	Biomasa aérea g planta ⁻¹	Biomasa radical g planta ⁻¹	Área foliar cm ² planta ⁻¹	Longitud radical cm planta ⁻¹
<i>Festuca gracillima</i>	0,047 b	0,015 b	8,4 b	38,7 b
<i>Holcus lanatus</i>	0,127 a	0,031 a	50,6 a	130,9 a

Fuente: Castro, 2023. Diferentes letras indican diferencias significativas de $P < 0.001$.

Descripción productiva de las vegas

Debido a los bajos potenciales productivos que presentan los coironales, la crianza ovina y bovina en la estepa se centra mayormente en las vegas, durante la época de crecimiento. Las vegas de buena condición son sectores de mayor potencial productivo durante la época de primavera y verano (Covacevich, 2001; Ivelic-Sáez y Hepp, 2015; Jara, 2018). Sin embargo, no se utilizan durante el invierno y primavera temprana, debido a las condiciones de humedad del suelo de estos sitios (Ivelic-Sáez et al., 2021).

Las vegas han sido descritas como terrenos planos, levemente ondulados y corresponden a valles fluvio-glaciales o a sectores de depresión entre cordones morrénicos (Pisano, 1973). Domina la vegetación hidrófila (Collantes et al., 1998) y presentan suelos inundados de forma permanente o temporal (Collantes y Faggi, 1999) o una napa freática cercana a la superficie (Ivelic-Sáez et al., 2021). Son áreas húmedas y fértiles, por las características de su topografía y por la existencia de estratos arcillosos impermeables a distintas profundidades (SAG, 2004). Presentan

una alta heterogeneidad, debido a la variabilidad en la profundidad efectiva y propiedades químicas del suelo (Filipová et al., 2010; Jara, 2018), y a la presencia de distintas especies, con altas y bajas tasas de crecimiento durante las épocas de primavera y verano (Anchorena y Collantes, 1989; Filipová et al., 2013; Jara, 2018). Es la estructura vegetal de mayor palatabilidad y disponibilidad de forraje, en comparación con los coironales, donde se han indicado potenciales entre 500 hasta 11.000 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ (Covacevich, 2001; Hepp, 2006; 2014; Jara, 2018).

La presencia y dominancia de ciertas especies dependerá de la naturaleza intrínseca de la vega (Filipová et al., 2010; 2013) y de los manejos de pastoreo históricos realizados, donde se han detectado condiciones de sobrepastoreo, lo que afectará la productividad primaria neta (Borrelli y Oliva, 2001; Oliva et al., 2019). Una caracterización vegetacional del ecosistema de vega es difícil de realizar, debido a la gran variabilidad de especies y distintos tipos de vegas en la región (Filipová et al., 2010; 2013).

Jara (2018) señaló una relación entre productividad, factores del suelo y las especies dominantes, en distintos sectores de una vega en Tierra del Fuego. La variabilidad en producción de biomasa fue entre 500 y 11.000 kg MS ha⁻¹.

La composición botánica y los rendimientos fueron los siguientes. En el sitio de 11.000 kg MS ha⁻¹ hubo una presencia de *H. lanatus*, *Carex acaulis* y *Agrostis capillaris*; estas tres especies formaron el 70 % de la composición botánica. El sitio de 7.000 kg MS ha⁻¹ exhibió una alta presencia de *H. lanatus*, *Hordeum pubiflorum*, *Juncus scheuchzerioides* y *C. acaulis*; estas cuatro especies integraron el 74 % de la composición botánica. En el sitio de 2.000 kg MS ha⁻¹ hubo una alta presencia de *J. scheuchzerioides*, *Azorella trifurcata*, *Poa pratensis* y *Taraxacum officinale*; estas cuatro especies hicieron el 68 % de la composición botánica. En el sitio de 500 kg MS ha⁻¹ hubo una alta presencia de *C. acaulis*, *A. trifurcata* y *T. officinale*; las tres especies constituyeron el 65 % de la composición botánica. Por lo tanto, las distintas tasas y formas de crecimiento de las especies que componen una vega, influenciarán la disponibilidad de forrajes en los sitios de vegas. Esta diferencia en rendimiento y composición botánica podría estar dada por condiciones de suelo (Filipová et al., 2013; Jara, 2018) o por el manejo histórico del pastoreo (Borrelli y Oliva, 2001).

Filipová et al. (2013) realizó un estudio en 47 sitios de vegas, el mayor censo vegetacional de vegas realizado en la región. Las clasificó en cinco tipos con distintas

asociaciones, según las características intrínsecas del suelo y a la frecuencia de las especies de plantas. La división de las vegas realizadas por el autor fueron las siguientes:

Marisma Magallánica Ácida. Se caracteriza por tener como especies indicadoras a *Caltha sagittata*, *Scirpus cernuus* y *Gunnera magellanica*, un pH al agua de 6,6 y una alta saturación de agua durante todo el año. Presenta una alta frecuencia de *Cotula scariosa*, *Carex gayana*, *J. scheuchzerioides*, *Pratia repens* y *Koeleria mendocinensis*. Además, la presencia de *Colobanthus subulatus*, *H. pubiflorum* y *Acaena magellanica*, especies comunes en otro tipo de vegas.

Pastizal Magallánico Húmedo Alcalino. Se caracteriza por tener como especies indicadoras a *Erigeron leptopetalus*, *Samolus spathulatus*, *Eriochaenium magellanicum*, *A. trifurcata*, *Sisyrinchium patagonicum* y *Agrostis inconspicua*, un pH al agua de 7,6. Además, signos de sobrepastoreo pueden ser encontrados, debido a la alta palatabilidad de las especies presentes en esta vega. Ostenta una la alta frecuencia de *A. trifurcata*, *C. scariosa*, *C. gayana*, *J. scheuchzerioides*, *P. repens*, *Colobanthus quitensis* y *C. subulatus*, *S. patagonicum* y *A. inconspicua*. La dominancia de *A. trifurcata* indica una condición pobre de la vega.

Vega salina. Se caracteriza por tener especies indicadoras a *Plantago litorea*, *Deschampsia patula*, *Puccinia magellanica*, *Plantago maritima* y *Salicornia ambigua*, un pH de 8,26 y una alta presencia de especies halófitas como *P. litorea* y *S. ambigua*, debido a la alta concentración de sales. Además, puede experimentar una alta saturación de agua durante la primavera.

Marisma Magallánica de Juncos Altos. Se caracteriza por tener como especies indicadoras a *Carex macloviana*, *Alopecurus magellanicus*, *Calamagrostis stricta* y *Agrostis stolonifera*, un pH al agua de 6,21. Presenta una alta frecuencia de juncos altos como *C. macloviana* y gramíneas como *A. stolonifera*, *C. stricta* y *A. magellanicus*. Estas vegas son comunes en los sectores de Tierra del Fuego.

Pradera Magallánica. Se caracteriza por tener como especies indicadoras a *Hordeum lechleri*, *Trifolium repens*, *T. officinale*, *Bromus araucanus*, *Myosotis arvensis*, un pH al agua de 5,95. Estas vegas están moderadamente bien drenadas y se caracterizan por una alta presencia de especies naturalizadas, con altas tasas de crecimiento. Las gramíneas dominan la composición botánica de estas vegas, encontrándose

A. stolonifera, *H. lanatus* y *H. lechleri*. También se indicó la presencia de dicotiledóneas como *T. repens* y *T. officinale*, además de las malezas *Descurainia sophia* y/o *Capsella bursa-pastoris*.

Tasa de crecimiento y modelamiento de crecimiento de biomasa

Durante los años 2022 y 2023 se realizaron evaluaciones con una frecuencia de 30-45 días, aproximadamente, entre en dos sectores cercanos a Cerro Sombrero, San Gregorio e INIA Kampenaike, para poder determinar las tasas de crecimiento de coironales y vegas. Los coironales seleccionados en Cerro Sombrero fueron tres, en San Gregorio uno y en INIA Kampenaike, uno. Las vegas seleccionadas en Cerro Sombrero fueron dos, en San Gregorio uno y en INIA Kampenaike, uno. En todos los sectores seleccionados se construyeron exclusiones para evitar herbivoría de fauna y ganado doméstico. El periodo de evaluación coincidió con un severo déficit hídrico durante la época primavera-verano, lo que limitó el crecimiento del pastizal de vega y coironal. Con respecto a las evaluaciones de coironal se evaluó la tasa de crecimiento del coirón (*F. gracillima*), a nivel de planta y por hectárea. Respecto de las vegas, la evaluación también fue por hectárea.

Cuadro 8. Cobertura de las estructuras vegetales en los coironales.

Sector		Coirones (n° m ²)	Cobertura %	Intercoirón %	Suelo desnudo %
Cerro Sombrero	Coironal 1	36,8	47,3	52,0	0,7
Cerro Sombrero	Coironal 2	34,4	37,7	62,3	0,0
Cerro Sombrero	Coironal 3	29,6	66,2	33,8	0,0
San Gregorio	Coironal	13,6	24,3	69,0	6,7
INIA Kampenaike	Coironal	30,4	67,4	32,6	0,0

Para efectos de aplicar el modelo a las condiciones de Magallanes y calcular los valores por hectárea de las estructuras vegetales evaluadas, se determinó en todos los sectores la cobertura de especies para coironales (Cuadro 8) y vegas (Cuadro 9) usando fotografías y software para estimar la participación de cada grupo funcional. En los coironales se observa una variación de cobertura entre 24,3% y 67,4%, siendo San Gregorio el valor más bajo e INIA Kampenaike el más alto en cuanto a cobertura de coirón. Con respecto a las vegas, Cerro Sombrero e INIA Kampenaike mostraron

valores por sobre 90 % de cobertura de gramíneas. San Gregorio tuvo una cobertura de gramíneas de alrededor de 14 % y un 86 % de *Azorella trifurcata*.

Cuadro 9. Cobertura de las estructuras vegetales en las vegas.

Sector		gramíneas %	Leguminosas %	<i>A. trifurcata</i> %	Suelo desnudo %
Cerro Sombrero	Vega 1	92	8	0	0
Cerro Sombrero	Vega 2	100	0	0	0
San Gregorio	Vega	14	0	86	0
INIA Kampenaike	Vega	100	0	0	0

El Cuadro 10 muestra la condición nutricional del suelo en los primeros 20 cm, para todos los sitios evaluados. En coironales se pueden observar niveles medios y bajos de P-Olsen, entre 2,9 y 11 ppm; pH al agua entre 5,6 y 6,2; bajos niveles de saturación de aluminio (igual o menor a 0,1 %); altos niveles de K disponible, entre 322 y 632 ppm; bajos niveles de azufre, entre 2,0 y 3,5 ppm. Con respecto a las vegas, se encontraron niveles altos de P-Olsen, entre 16,6 y 26,9 ppm; pH al agua entre 5,9 y 7,2; bajos niveles de saturación de aluminio (igual o menor a 0,1 %); altos niveles de K disponible, entre 200,7 y 838,7 ppm; niveles bajos, medios y altos de azufre, entre 7,2 y 271 ppm. El sodio en las vegas no superó el 7 % de la suma de bases en ningún sitio.

Cuadro 10. Estado nutricional del suelo en los sitios seleccionados.

Sector		pH agua	N disponible mg/kg	P-Olsen mg/kg	K disponible mg/kg	Na intercambiable cmol/kg	Suma de bases cmol/kg	Sat. Al %	S disponible mg/kg
Cerro Sombrero	Coironal 1	5,8	35,4	6,0	515,2	0,4	13,7	0,1	2,4
Cerro Sombrero	Coironal 2	5,8	32,2	11,0	561,1	1,0	25,2	0,1	3,5
Cerro Sombrero	Coironal 3	6,2	16,3	2,9	321,5	0,5	10,7	0,1	2,0
San Gregorio	Coironal	6,0	20,5	3,0	632,0	0,5	15,3	0,1	2,3
INIA Kampenaike	Coironal	5,6	40,7	6,0	629,0	0,5	19,7	0,1	2,2
Cerro Sombrero	Vega 1	5,9	28,3	26,9	838,7	1,1	25,2	0,1	18,6
Cerro Sombrero	Vega 2	7,2	40,6	21,3	454,3	3,9	66,5	0,0	264,9
San Gregorio	Vega	7,0	41,4	16,6	818,7	1,7	39,0	0,0	7,2
INIA Kampenaike	Vega	6,0	2186,0	17,0	200,7	4,5	64,2	0,0	271,0

Nota: El valor de N disponible para la Vega INIA Kampenaike podría deberse a que algún material (como fecas) estaba dentro de la muestra extraída.

Tasa de crecimiento de la planta de *Festuca gracillima* (coirón)

La ganadería de la Región de Magallanes y pastizales se deberían centrar en la realización de un manejo que evite la degradación del ecosistema, debido a que la simple degradación de la vegetación, las grandes extensiones y las constantes limitantes ambientales, hacen muy difícil la recuperación de los sectores degradados. En este escenario, el sobrepastoreo es un factor en la sobreutilización del forraje y la cubierta vegetal (CIREN, 2010), junto con otros. Por tanto, para los coironales y vegas, el manejo debiese enfocarse en incrementar la persistencia y sobrevivencia de plantas individuales. En los coironales, la pérdida de plantas por superficie trae como consecuencia la degradación del pastizal (ver capítulo 2). Debido a esto, determinar y/o estimar el crecimiento a nivel de planta y por hectárea es fundamental, para manejar la frecuencia e intensidad de pastoreo.

Los pastizales y praderas son dependientes de las condiciones climáticas como, por ejemplo, la radiación incidente, temperatura ambiental, precipitaciones y evapotranspiración (Pinochet, 2022). Dentro de esto se puede observar en la Figura 14A que el crecimiento de los coirones (como planta individual) se divide en dos grupos, en los sectores evaluados. Aquellos en Tierra del Fuego, cercanos a Cerro Sombrero, y los del continente, correspondientes a INIA Kampenaike y San Gregorio. Los coirones que crecieron en los alrededores de Cerro Sombrero tuvieron una mayor tasa de crecimiento (casi tres veces más) que los que crecieron en el continente. Por otro lado, en Kampenaike y San Gregorio mostraron tasas de crecimiento similares, indicando que el sector de transición y estepa del continente podrían haber tenido similares tasas de crecimiento. Si bien se necesitan más estudios para poder comprobar esta similitud, este resultado podría significar que el sector transición del continente posee una baja recuperación de sus coironales, al igual que San Gregorio. Por lo tanto, los sistemas de pastoreo se debiesen adaptar a estas bajas tasas de crecimiento, a un criterio de pastoreo más laxo, en comparación con aquellos que podrían aplicarse en las cercanías de Cerro Sombrero. Un sistema de pastoreo que permitiría una recuperación de los coironales es el pastoreo rotacional diferido o un pastoreo con ajuste de carga (Borrelli y Oliva, 2001).

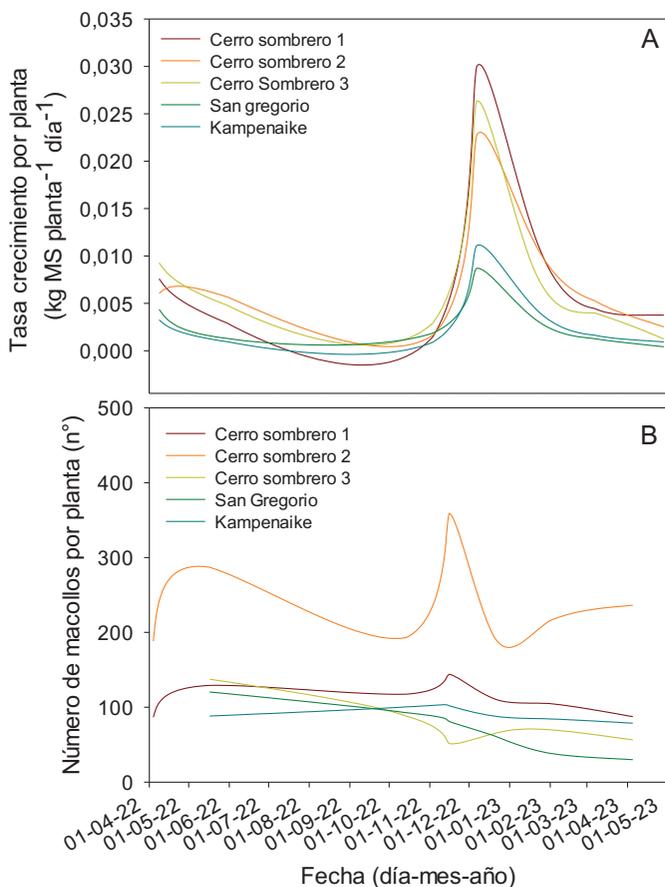


Figura 14. Tasa de crecimiento por planta y número de macollos de coirón (*Festuca gracillima*) en tres sectores de Cerro Sombrero, San Gregorio e INIA Kampenaike.

Crecimiento de los pastizales y prospección de un modelo de crecimiento para Magallanes

El conocer el funcionamiento del crecimiento de las plantas nos puede llevar a la construcción de modelos para poder estimar su desarrollo, de acuerdo con las condiciones ambientales y de suelo. Sin embargo, para poder afinar la estimación de un modelo de crecimiento se necesitan varias temporadas, de modo de poder comparar lo estimado con lo medido. Pero antes que eso, tiene que haber una

prospección del modelo, para luego incorporar parámetros que entreguen una mayor precisión a la estimación. La prospección del modelo para vegas y coironales (en este caso, solo se estimó el crecimiento del coirón) fue determinado durante la temporada 2022-2023.

El modelo propuesto para realizar la prospección se denomina PradSim y fue desarrollado por Pinochet (2011); Pinochet (2022), para las condiciones del sur de Chile, para praderas de alto rendimiento, tanto sembradas como naturalizadas sin déficits nutricionales. El modelo contempla la intercepción de luz, evaluada a través de la radiación incidente ($Mj\ m^2$) y cobertura de especies (índice de área foliar); un factor de restricción hídrica del suelo, en función del punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de campo del suelo (CDC) y, para el caso del presente estudio, del contenido volumétrico de agua del suelo; función térmica que explica las tasas de fotosíntesis, en función de la temperatura (Ecuación 1):

$$RUE = RUE_{max} * fCOB * fT * fH$$

Siendo RUE, la Eficiencia en el Uso de la Radiación; RUE_{max} , la radiación solar incidente ($MJ\ m^2$); $fCOB$, el índice de área foliar o cobertura de las especies forrajeras; fT , las temperaturas cardinales o temperatura mínima, máxima y óptima; fH , el balance hídrico y resistencia de entrega de agua.

Los datos de temperatura ambiental y radiación incidente fueron extraídos de las estaciones de la Red Agrometeorológica de INIA (<https://agrometeorologia.cl/>), en primavera (Cerro Sombrero), el 5 de enero (San Gregorio) y entre el 01/03/2022 y el 01/02/2023 en INIA Kampenaike (Laguna Blanca). Los datos de humedad fueron extraídos de los sensores instalados en terreno y la cobertura fue determinada en terreno.

Se puede observar en la Figura 15 las tasas de crecimiento medidas y estimadas para el sector de Cerro Sombrero, Coironales 1 y 2, y la Vega 1. Los coironales crecieron con un máximo en la tasa de crecimiento en primavera tardía, entre 7,8 y 11,0 $kg\ MS\ ha^{-1}\ día^{-1}$ (mediados de noviembre; Figura 15A, B). Por otro lado, durante el mismo periodo, en la condición de vega se observó un crecimiento máximo de 13,0 $kg\ MS\ ha^{-1}\ día^{-1}$ (Figura 15C). Para este sector, se puede observar que el modelo propuesto (Ecuación 1) tiene una buena estimación hasta la época de mediados de noviembre. Posteriormente, para el sitio Coironal 1 y 2, y para la Vega 1 se observa un incremento en lo estimado, en comparación a lo medido.

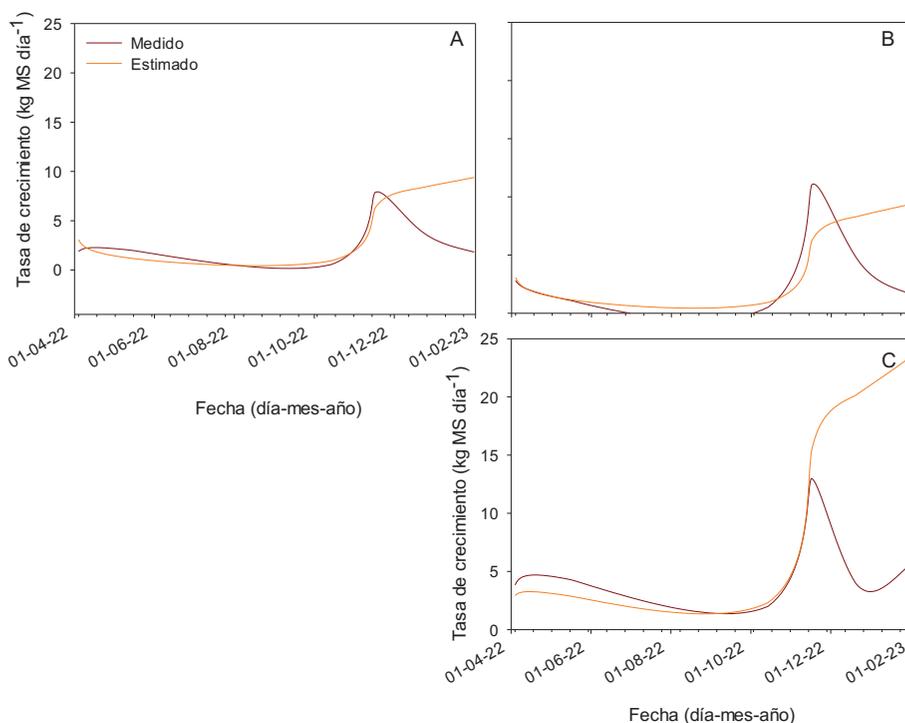


Figura 15. Tasa de crecimiento medida y estimada para el sector de Cerro Sombrero. Coironal 1 (A), Coironal 2 (B) y Vega 1 (C; n=5)). Las tasas de crecimiento de los coironales solo consideran las plantas de coirón (n=20).

Para el Coironal 3 (Figura 16A) se observó un máximo de tasa de crecimiento a mediados de noviembre, de 7,8 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, similar al Coironal 2. La Vega 2 (Figura 16B) logra un crecimiento máximo a mediados de octubre, con 9,0 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ y se mantiene en valores de 7,5 y 8,7 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ durante los meses de diciembre y enero. El modelo para el Coironal 3 presentó una sobreestimación de 0,8 y 6 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ hasta noviembre, para luego estar por sobre los 15 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ de sobreestimación para el Coironal 3. La Vega presentó una subestimación de aproximadamente 7,6 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, para luego mostrar una mejora en el ajuste de la curva. A mediados de noviembre del 2022, mostró una sobreestimación de aproximadamente 3 kg MS ha⁻¹ día⁻¹.

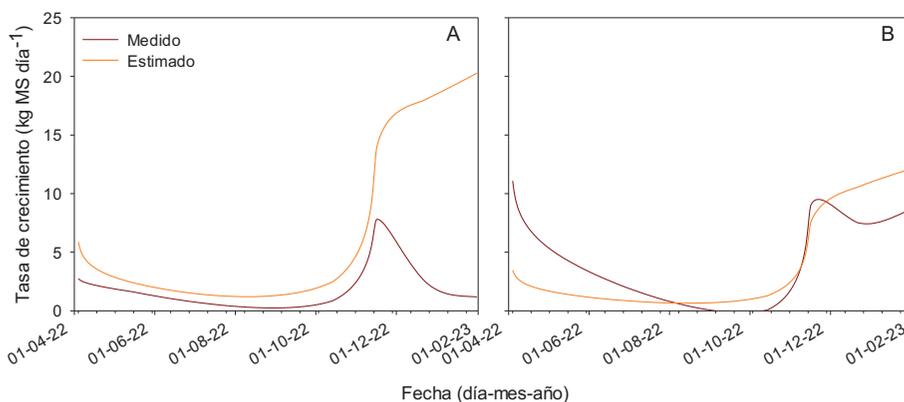


Figura 16. Tasa de crecimiento medida y estimada para el sector de Cerro Sombrero. Coironal 3 (A) y Vega 2 (B;n=5). Las tasas de crecimiento de los coironales solo consideran las plantas de coirón (n=20).

Para el Coironal en San Gregorio (Figura 17A) se registraron valores menores que en Tierra del Fuego, donde se observa un crecimiento inicial de $0,6 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y logrando un máximo entre noviembre-diciembre de $1,2 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. El modelo estimó con precisión hasta mediados de noviembre, para luego llegar a una sobrestimación de $3,6 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. En el caso de las vegas (Figura 17B) lo medido fue mayor a lo estimado durante casi toda la temporada, entre $2,2-0,7 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Sin embargo, al final del periodo, al igual que en todas las estimaciones realizadas por el modelo, se sobrestimó la producción posterior a mediados de noviembre, por aproximadamente $1,5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

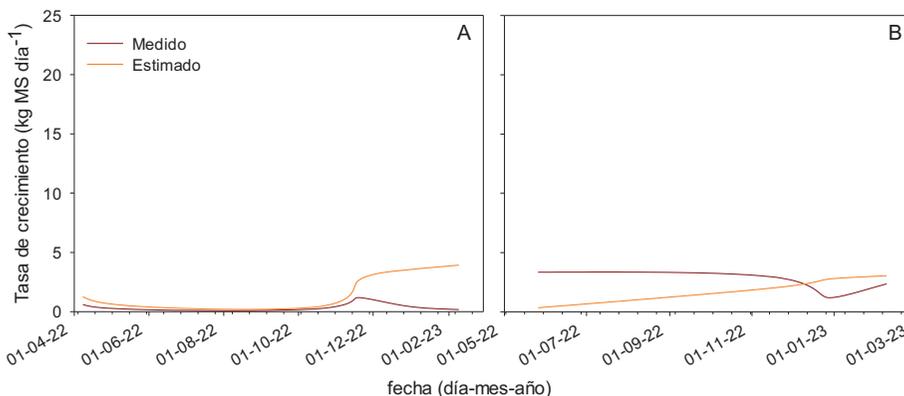


Figura 17. Tasa de crecimiento medida y estimada para el sector de San Gregorio. Coironal (A) y Vega (B; n=5). Las tasas de los coironales solo consideran las plantas de coirón (n=20).

En la Figura 18 se observan las producciones acumuladas durante el año de evaluación, siendo el resultado de las tasas de crecimiento medidas en los sectores descritos. Los coironales (solo considerando las plantas de coirón) de Cerro Sombrero destacaron con producciones anuales entre 711 y 903 kg MS ha⁻¹ año⁻¹. Por otro lado, los valores más bajos fueron para el coironal de San Gregorio e INIA Kampenaike, con 133 y 279 kg MS ha⁻¹ año⁻¹. Por otro lado, las vegas evaluadas siguieron la misma tendencia: Vega 1 y Vega 2, ubicadas en Cerro Sombrero, mostraron las mayores producciones acumuladas, con 1412 y 1472 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. Mientras que INIA Kampenaike produjo 1083 kg MS ha⁻¹ año⁻¹ y San Gregorio solo 426 kg MS ha⁻¹ año⁻¹.

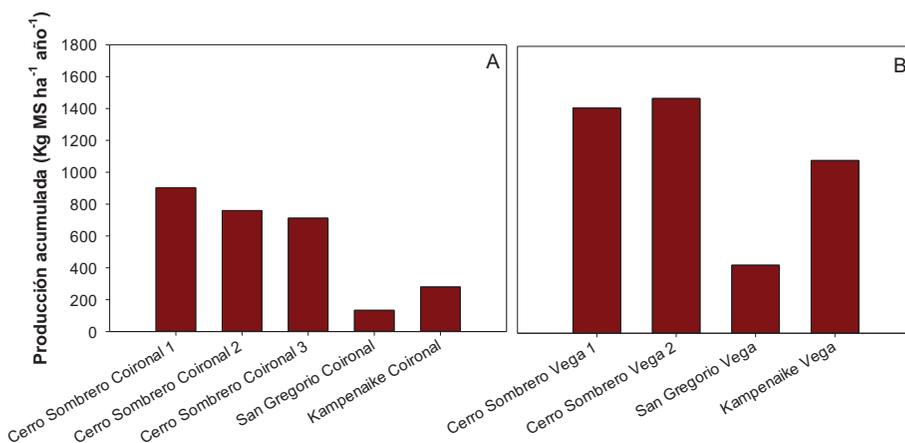


Figura 18. Producción acumulada de los sectores de coironales (solo Coirón; A) y vega (B) en Cerro Sombrero, San Gregorio e INIA Kampenaike.

En términos generales, el modelo PradSim ha predicho los rangos de valores de crecimiento de biomasa factibles para la Región de Magallanes, tanto para el crecimiento de coirón por hectárea (sin considerar el intercoirón) y el crecimiento de las vegas, en una temporada con altos niveles de estrés hídrico y sin realizarle ningún tipo de modificación para ajustar la curva de crecimiento a la Región de Magallanes. Sin embargo, hay que considerar que las estimaciones fueron realizadas en un periodo de solo un año y en constante restricción hídrica en los primeros centímetros de suelo, lo que podría haber generado las bajas tasas de crecimiento en los sectores de vegas. Si bien el rango de valores del modelo se acercó a lo medido, el modelo generó una sobreestimación de la producción de biomasa posterior al mes de diciembre. Estos resultados abren la discusión de los conocimientos que faltan

ajuste al modelo. Para ajustar el modelo es necesario una mayor cantidad de años y condiciones de mayor normalidad en las precipitaciones; conocer las temperaturas cardinales de las especies nativas y naturalizadas que dominan los pastizales en Magallanes; conocer el comportamiento en el crecimiento de los estados vegetativo y reproductivo de las especies. En este sentido, son relevantes la temperatura base de crecimiento (temperatura en donde comienza la fotosíntesis) y la temperatura óptima de crecimiento (temperatura donde la fotosíntesis es máxima). Conocer el comportamiento de las especies nativas y naturalizadas cuando pasan a estado reproductivo, y a que se hipotetiza que la menor producción de biomasa posterior a finales de noviembre fue debido al cambio de estado fenológico de las especies que componen las vegas y coironales.

Dinámica hídrica de coironales y vegas en la región

La relación que existe entre agua-suelo y crecimiento no ha sido aproximada en la mayoría de las publicaciones, a excepción de Ivelic-Sáez et al., 2021. La revisión e información entregadas en este capítulo abarcan la dinámica hídrica de dos sectores en Tierra del Fuego, localizados en Cerro Sombrero; y dos sectores en el continente, que corresponden a San Gregorio e INIA Kampenaike.

Las condiciones de crecimiento de los pastizales en Magallanes son altamente heterogéneas, diversas y estresantes, desde el punto de vista de crecimiento para las plantas (Ivelic -Sáez et al., 2021). Por lo mismo, generar criterios de utilización de los recursos forrajeros es una tarea compleja, debido a la variabilidad que posee el ecosistema, tanto de sus suelos (Filipová et al., 2010), diversidad de especies con distintos rasgos de crecimiento (Filipová et al., 2013; Pisano, 1973, 1974, 1977) y la gradiente de precipitaciones existente (ver Capítulo 1). Esto se expresa en el presente capítulo, al mostrar las tasas de crecimiento, calidad de forraje, y dinámica de agua y de temperaturas del suelo en tres profundidades.

La ganadería extensiva de Magallanes depende ampliamente del clima (Strauch y Lira, 2012; Radic-Schilling et al., 2022), siendo las precipitaciones y el agua el principal factor identificado que afecta el crecimiento de los pastos, durante la época de crecimiento; y las temperaturas las que limitan el crecimiento durante

otoño e invierno (Ivelic -Sáez et al., 2021). En la época de crecimiento, el agua es la principal limitante en la producción de forraje. Esto es observable debido a la diferencia de producción primaria de una vega y un coironal, siendo la vega la que presenta un mayor potencial productivo (Figura 19; Ivelic-Sáez et al., 2021). La oferta de agua es la que determina la colonización de especies en la Región de Magallanes, como se puede ver en los sectores de mayor pluviometría y/o oferta de agua (vegas) donde se pueden encontrar especies de altas tasas de crecimiento como *Hordeum* spp, *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* y *Taraxacum officinale*, entre otras (Soto, 1984; Filipová et al., 2013; Jara, 2018). Sin embargo, en los sectores de mayor restricción hídrica (coironales), dado que se encuentran en sectores altos y con suelos delgados, son colonizados por especies con alta tolerancia al estrés hídrico y bajas tasas de crecimiento (ver Reich et al., 2014) como el coirón (*Festuca gracillima*) (Oliva, 1996; Ordóñez et al., 2022a). Los pastizales cesan su crecimiento durante la época de invierno, debido a las temperaturas invernales, para reiniciar el crecimiento en primavera. Por tanto, el agua, temperatura y el tipo de especies que domina el sistema son las principales responsables de las tasas de crecimiento, en los distintos sectores de la Patagonia.

Cuadro 11. Capacidad de campo (%) y punto de marchitez permanente (PMP; %) de los primeros 20 cm de suelo, para todos los sitios evaluados.

Sector		Capacidad de campo (%)	Punto marchitez permanente (%)
Cerro Sombrero	coironal 1	62,95	25,77
Cerro Sombrero	coironal 2	94,15	42,86
Cerro Sombrero	coironal 3	47,18	18,87
San Gregorio	coironal	52,29	13,57
INIA Kampenaike	coironal	78,25	23,89
Cerro Sombrero	vega 1	90,85	35,94
Cerro Sombrero	vega 2	108,94	77,73
San Gregorio	vega	105,25	43,53
INIA Kampenaike	vega	176,55	57,56

Nota: valores cercanos o mayores al 100 % son logrados debido a que son suelos con un alto porcentaje de materia orgánica.

La Figura 19 muestra la dinámica del contenido volumétrico de agua en cuatro tipos de vegas en la Región de Magallanes. En estas se incluyen una Vega en San Gregorio (Figura 19A); INIA Kampenaike (Figura 19B); Cerro Sombrero 1 (Figura 19C); Cerro Sombrero 2 (Figura 19D), y sus variaciones durante el año de evaluación.

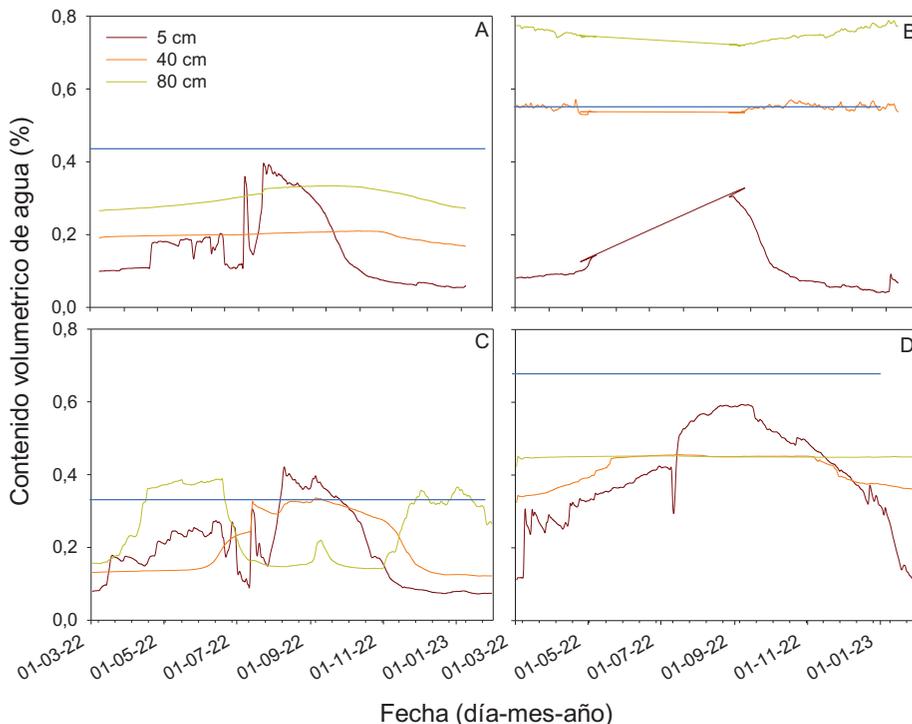


Figura 19. Contenido volumétrico de agua de vegas en A) San Gregorio; B) INIA Kampenaike; C) Cerro Sombrero 1; D) Cerro Sombrero 2. Línea café indica contenido volumétrico de agua a 5 cm; línea naranja indica contenido volumétrico de agua a 40 cm; línea amarilla indica contenido volumétrico de agua a 80 cm. Línea azul indica punto de marchitez permanente de los primeros 20 cm (relacionada con la línea café, contenido volumétrico de agua a 5 cm).

La dinámica hídrica de las vegas, como se puede observar en la Figura 19, difiere en todas las vegas seleccionadas. En los primeros 20 cm se encuentra la mayor cantidad de raíces (sobre el 70 %; (Crush et al., 2005) y para la presente temporada 2022-2023, los primeros centímetros de suelo (primeros 15 cm medidos con el sensor a los 5 cm) están en constante punto de marchitez permanente (PMP), a excepción de la vega de Cerro Sombrero 1, que presenta niveles por sobre el PMP, entre septiembre-octubre

(Cuadro 11). A las profundidades de 40 y 80 cm , existe una constante disponibilidad de agua en INIA Kampenaike y Cerro Sombrero, sin embargo, esto no se vio reflejado en las tasas de crecimiento medidas (Figuras 15 , 16 y 17), indicando la relevancia de la primera estrata de suelo en el crecimiento, debido a una mayor concentración de raíces que puedan extraer el agua (García-Favre et al., 2022).

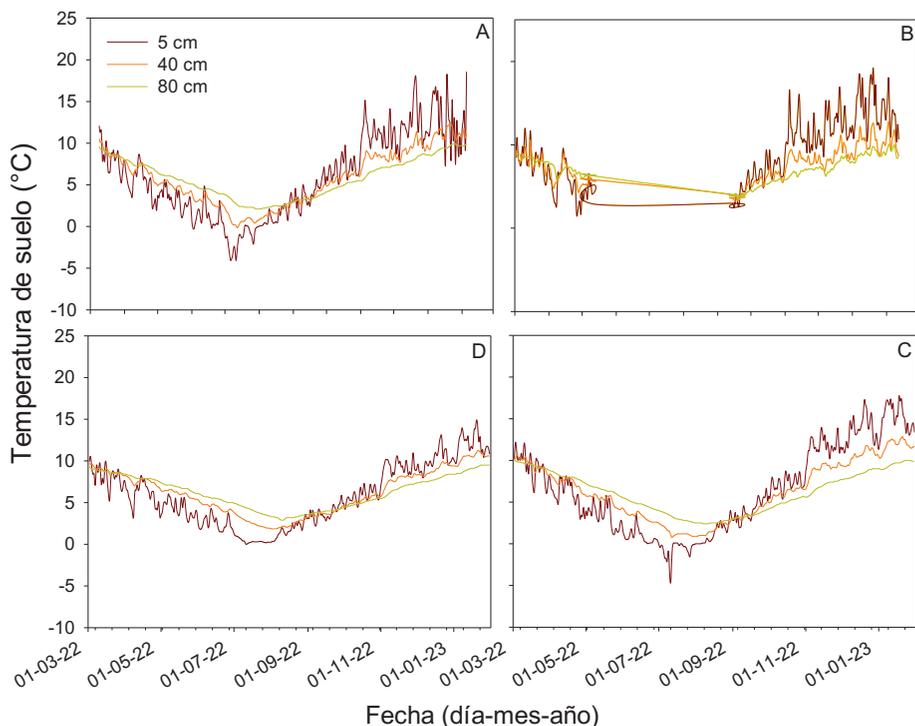


Figura 20. Temperatura de suelo en vegas A) San Gregorio; B) INIA Kampenaike; C) Cerro Sombrero 1; D) Cerro Sombrero 2. Línea café indica temperatura de suelo a 5 cm; línea naranja indica temperatura de suelo a 40 cm; línea amarilla indica temperatura de suelo a 80 cm..

La dinámica del contenido de agua en el suelo tiene directa injerencia en la temperatura del suelo (Ordóñez et al., 2018) y, como se puede observar en la Figura 20, difiere en todas las vegas seleccionadas. La mayor variabilidad de temperatura y del contenido de agua de un suelo en superficie se debe a que la capa superficial del suelo se encuentra en mayor contacto con el ambiente (Šimunek et al., 2003). Por lo tanto, es normal que las temperaturas sean mucho más variables a medida que se encuentren más cercanas a la superficie y a medida que el suelo vaya perdiendo agua. Por el contrario, las temperaturas en profundidad del suelo son más estables, esto último se observa a los 80 cm en todas las vegas. A 40 cm, sin embargo, se observa una mayor variabilidad de la temperatura en las vegas de INIA Kampenaiké y San Gregorio, lo que indica que la cantidad de agua a estas profundidades es menor a lo medido en los sectores de Cerro Sombrero. Las temperaturas sobre 5 °C en las capas superficiales del suelo se encuentran entre mediados de septiembre y la primera semana de mayo para INIA Kampenaiké y San Gregorio; y entre finales de septiembre y mediados de mayo para Cerro Sombrero. Esto es relevante debido a que sobre los 5 °C son las temperaturas en que, comúnmente en las plantas forrajeras comienza la fotosíntesis.

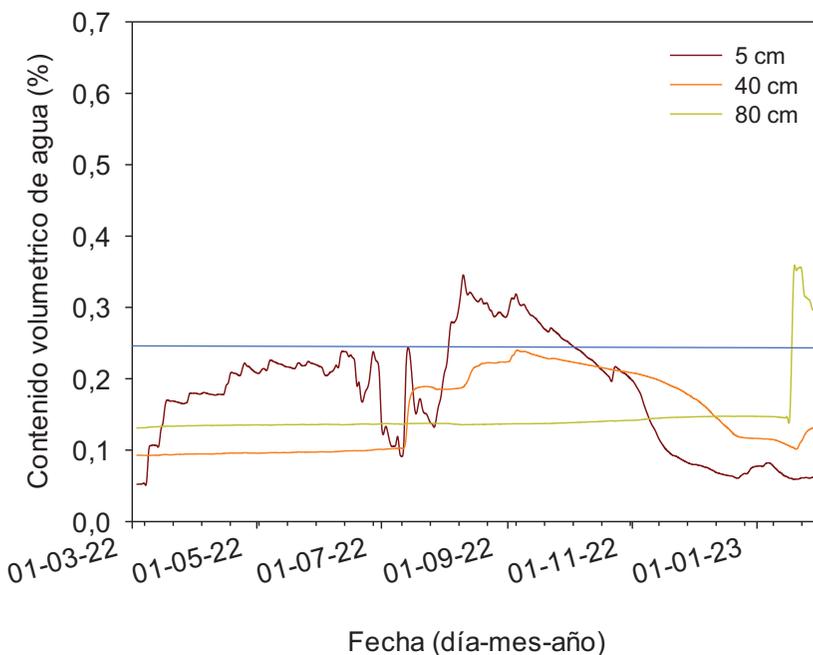


Figura 21. Contenido volumétrico de agua en Coironal 1, en Cerro Sombrero. Línea café indica contenido volumétrico de agua a 5 cm; línea naranja indica contenido volumétrico de agua a 40 cm; línea amarilla indica contenido volumétrico de agua a 80 cm. Línea azul indica punto de marchitez permanente de los primeros 20 cm (relacionada con la línea café, contenido volumétrico de agua a 5 cm).

En la Figura 21 se observa la dinámica hídrica de un coironal que, al igual que en Ivelic-Sáez et al. (2021), el volumen de agua a 40 y 80 es muy bajo. No obstante, en los primeros centímetros de suelo se observa que el contenido volumétrico sobrepasa el PMP, en el periodo de primavera temprana. El resto de la temporada de crecimiento está en una situación constante de estrés hídrico.

Calidad nutricional de los coironales y vegas

En el Cuadro 12 se observa la calidad nutricional con respecto a la proteína. El porcentaje de proteína fue mayor durante la época de primavera, para casi todos los sectores y condiciones (excepto coironal INIA Kampenaike y Cerro Sombrero Vega 2), siendo la vega de INIA Kampenaike y la Vega 1 en Cerro Sombrero, aquellas con mayores niveles de energía y proteína, cumpliendo los requerimientos del animal. Sin embargo, durante el verano, todos los sectores a excepción de INIA Kampenaike se sitúan bajo el 10 % de proteína, siendo un nutriente deficiente bajo condiciones de pastoreo. Con respecto a los coirones, estos no sobrepasan el 4,13 % de proteína y 1,31 Mcal EM de MS, indicando que estos sectores son altamente deficientes nutricionalmente, tanto en calidad (Cuadro 12) como en cantidad (Figura 18; Ordóñez et al., 2022b).

Cuadro 12. Calidad nutricional en otoño, primavera y verano de los coironales (coirón) y vegas en todos los sitios evaluados.

Sector	Otoño		Primavera		Verano	
	PC (%)	EM Mcal/kg MS	PC (%)	EM Mcal/kg MS	PC (%)	EM Mcal/kg MS
Cerro Sombrero coironal 1	3,48	1,46	3,65	1,12	3,63	1,32
Cerro Sombrero coironal 2			3,92	1,14	2,93	1,26
Cerro Sombrero coironal 3	3,26	1,06	4,13	1,17	3,59	1,37
San Gregorio coironal			4,05	1,14	3,46	1,09
INIA Kampenaike coironal			3,03	1,31	3,08	1,26
Cerro Sombrero vega 1	9,73	1,58	18,89	2,22	9,87	1,99
Cerro Sombrero vega 2	8,47	1,614	7,57	1,76	9,96	1,90
San Gregorio vega	7,38	1,37	11,37	2,12	8,50	2,14
INIA Kampenaike vega	13,45	1,80	18,35	2,20	15,54	2,14

Nota: el análisis bromatológico consideró toda la planta, lo que incluye material vivo y muerto.

Comentarios finales

El estrés hídrico afectó a todas las estructuras vegetaciones de pastizales en las evaluaciones, incluso no habiendo muchas diferencias en las tasas de crecimiento entre los coironales y las vegas evaluadas, durante un periodo de crecimiento.

Las vegas presentaron distintas dinámicas de agua en el suelo, reflejado en diferencias de temperatura de suelo. La vega que presentó mayor déficit y menor crecimiento fue la vega en San Gregorio. El estrés hídrico a que es sometida una vega en los primeros 20 cm es esencial para el crecimiento durante la época de mayor temperatura y luz incidente en los sitios evaluados. Sin embargo, es importante señalar que para sacar conclusiones más certeras es necesario realizar este tipo de estudios por un periodo más prolongado y con evaluaciones fisiológicas que nos permita evaluar el estrés de la planta.

Los resultados con respecto a la dinámica de agua del Coironal 1 en Cerro Sombrero fueron similares a los obtenidos por Ivelic-Sáez et al. (2021), mostrando que los coironales se encuentran durante casi todo el periodo bajo estrés hídrico constante, a excepción de la primavera temprana. Esto sugiere la gran tolerancia y capacidad de *F. gracillima* (coirón) de sobrevivir y crecer en constante estrés hídrico, como fue indicado por Oyaneder (2023) y Ordóñez et al. (2022b).

El modelo PradSim (Pinochet, 2011; 2022) se ajustó de forma moderada al crecimiento en la Región de Magallanes. Sin embargo, después de finales de noviembre, sobreestimó consistentemente el crecimiento de los pastizales. Se deben incluir parámetros que permitan ajustar el modelo, para lograr una mayor precisión y que pueda transformarse en una herramienta orientada a la estimación de forraje de los pastizales en la región. Inicialmente, estos parámetros serían las temperaturas cardinales de crecimiento de las especies más relevantes en coironales y vegas; y el comportamiento fenológico y crecimiento que tienen las especies durante la temporada.

Debido a los crecimientos, tanto en coironales como vegas, se recomienda tomar medidas con respecto a los descansos de los potreros. Si observamos que el mayor crecimiento fue $1.400 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, es un valor muy bajo versus los recomendados para comenzar un pastoreo. Se ha recomendado para praderas naturalizadas en el sur de Chile, entrar a pastorear con aproximadamente $2.300 \text{ kg MS ha}^{-1}$, para mantener

una frecuencia de pastoreo que incentive el rebrote. Si asumimos que las especies gramíneas presentan mecanismos similares de crecimiento, durante la presente temporada no se acumuló el mínimo de crecimiento para realizar un pastoreo. Por lo tanto, considerar apotreramientos, pastoreos rotativos diferidos y/o pastoreo continuo con ajuste de carga para generar descanso de los potreros anualmente, es una estrategia que se debiese analizar para incrementar la sustentabilidad del manejo de los pastizales en Magallanes.

Bibliografía

- Anchorena, J. y Collantes, M.B. 1989. Utilización del paisaje por ovinos en Tierra del Fuego. En: Resúmenes de la XIV Reunión Argentina de Ecología. p. 165. Asociación Argentina de Ecología. Jujuy.
- Cibils, A.F. & Coughenour, M.B. 2001. Impact of grazing management on the productivity of cold temperate grasslands of Southern Patagonia - a critical assessment. En: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. 11-21 de Febrero 2001, Sao Paulo, Brazil. pp. 807-812 pp.
- CIREN. 2010. Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Región de Magallanes y Antártica Chilena. Síntesis de Resultados. (eds. J.P. Flores, E. Martínez, I. Ahumada, E. Marión, P. Avendaño, G. Henríquez, P. Torres). Publicación CIREN N°153. 46 pp.
- Borrelli, P. & Oliva, G. 2001. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral, tecnología de manejo extensivo (Eds.). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. pp. 270.
- Collantes, M.B., Anchorena, J. & Cingolani, A.M. 1998. The steppes of Tierra del Fuego: floristic and growth form patterns controlled by soil fertility and moisture. *Plant Ecology* 140: 61-75.
- Collantes, M.B. y Faggi, A.M. 1999. Los humedales del sur de Sudamérica. En: Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica (Ed Malvárez, A.I). UNESCO, Montevideo, Uruguay. pp. 15-25pp.

- Covacevich, N., & E. Ruz. 1996. Praderas en la zona austral: XII Región (Magallanes). En: Praderas para Chile (Ed. Ruiz, I). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Santiago, Chile. 639-655 pp.
- Covacevich, C. 2001. Guía de manejo de coironales: Bases para el planeamiento de la estancia. Boletín INIA, 47:1-23pp.
- Covacevich, N. & Santana, N. 2006. Efectos de la intensidad de pastoreo ovino en la composición botánica y producción del coironal mesófito Magallánico I) curvas de respuesta de las principales especies. En: Sochipa en Magallanes 30 años. (Eds Strauch, O., Covacevich, N., Cárdenas, A.). 108 pp,
- Crush, J.R., J.E. Waller & Care, D.A. 2005. Root distribution and nitrate interception in eleven temperate forage grasses. Grass Forage Sci. 60(4): 385-392. doi: 10.1111/j.1365-2494.2005.00488.x.
- Domínguez, E., Pérez, C., Suarez, A., Lira, R., Ivelic-Saéz, J. & de la Fuente, J. 2017. Manual para estimar la cantidad de forraje disponible en pastizales naturales: una herramienta necesaria para un uso racional de estos ecosistemas. Boletín INIA N° 401. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile 154 pp.
- Filipová, L., Hédl R. & Covacevich, N.C. 2010. Variability of soil types in wetland meadows in the south of the Chilean Patagonia. Chilean Journal of Agricultural Research 70: 266-277.
- Filipová, L., Hédl R. & Covacevich, N.C. 2013. Magellanic wetlands: More than Moor. Folia Geobot 48: 163-188.
- García-Favre, J., I.F. López, L.M. Cranston, D.J. Donaghy, and P.D. Kemp. 2021. The growth response of pasture brome (*Bromus valdivianus* phil.) to defoliation frequency under two soil-water restriction levels. Agronomy 11(2). doi: 10.3390/agronomy11020300.
- García-Favre, J., I. F. López, L.M. Cranston, D.J. Donaghy, P.D. Kemp & Ordoñez, I. 2022. Functional contribution of two perennial grasses to enhance pasture production and drought resistance under a leaf regrowth stage defoliation criterion. J. Agron. Crop Sci. (April): 1-17. doi: 10.1111/jac.12602.

- Hepp, C. 2006. Degradación de ecosistemas de la Patagonia húmeda y posibilidades de recuperación de las praderas naturalizadas. En: Degradación de ecosistemas pastoriles en la Patagonia (ed. Hepp, C), Acta Grupo de estudio de pastizales patagónicos FAO. 4-6 abril 2006. Coyhaique, Chile. p 1-10.
- Hepp, C. 2014. Fertilidad química de los suelos de la región de Aysén. En: Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental. (Eds. Hepp y Stolpe). INIA. p 77-102.
- Ivelic-Sáez, J. y Hepp, C. 2015. Praderas y cultivos suplementarios para la alimentación bovina en Magallanes. En: Bases para la producción bovina en Magallanes (Boletín N° 314). (Eds. Sales, F y Lira, R). Centro Regional de Investigación Kampenaike, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Punta Arenas, Chile. 209 pp.
- Ivelic-Sáez, J., Dörner, J., Arumí, J.L., Cisternas, P., Valenzuela, J., Muñoz, E., Clasing, R., Valle, S., Radic, S., López, H., Uribe, H., Muñoz, R., Ordoñez, I. & Carrasco, J. 2021. Balance hídrico de humedales de uso agropecuario: El primer paso para el mejoramiento en la gestión hídrica a nivel predial en Magallanes. Una investigación multidisciplinaria. Boletín INIA - Inst. Investig. Agropecu. N° 435: 162 pp.
- Jara, R. 2018. Factores de demanda de macronutrientes minerales, en las praderas de vega, tierra del Fuego, Magallanes. Tesis de Magister. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 111 pp.
- Oliva, G. 1996. Biología de poblaciones de *Festuca gracillima*. Tesis Doctoral en Ciencias Biológicas. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 121 pp.
- Oliva G, Paredes P, Ferrante D, Cepeda C, Rabinovich J. 2019. Remotely sensed primary productivity shows that domestic and native herbivores combined are overgrazing Patagonia. *J Appl Ecol.* 1- 10. [https://doi.org/ 10.1111/1365-2664.13408](https://doi.org/10.1111/1365-2664.13408).
- Ordóñez, I., López, I., Kemp, P., Descalzi, C., Horn, R., Zuñiga, F., Dec, D. & Dörner, J. 2018. Effect of pasture improvement managements on physical properties and water content dynamics of a volcanic ash soil in southern Chile. *Soil Tillage Res.* 178(May 2017): 55-64. doi: 10.1016/j.still.2017.11.013.

- Ordóñez, I., López, I., Kemp, P., Descalzi, C., Horn, R., Zuñiga, F., Dec, D. & Dörner, J. 2018. Effect of pasture improvement managements on physical properties and water content dynamics of a volcanic ash soil in southern Chile. *Soil Tillage Res.* 178: 55-64. doi: 10.1016/j.still.2017.11.013
- Ordóñez, I.P., I.F. López, P.D. Kemp, D.J. Donaghy, Y. Zhang, et al. 2021a. Response of *Bromus valdivianus* (Pasture Brome) growth and physiology to defoliation frequency based on leaf stage development. *Agronomy* 11(10): 2058. doi: 10.3390/agronomy11102058.
- Ordóñez, I., P. Oyaneder, K. Quiroz, J. Ivelic-Sáez, S. Radic, et al. 2021b. Resultados preliminares : efecto de la condición hídrica e intensidad de defoliación sobre la tasa de expansión de lámina y población de macollos de festuca gracillima. In: Teuber , O., Valderrama , X., and Sandoval , C., editors , XLVI Congreso SOCHIPA A.G. p. 77-78
- Ordoñez, I., Oyaneder, P., Radic, S., Valenzuela, J., Ivelic, J. & Yagello, J. 2022a. Respuesta fisiológica de *Festuca gracillima* a la altura de defoliación y estrés hídrico severo. Punta Arenas, Chile: Informativo INIA Kampenaike. N° 119.
- Ordoñez, I., Ivelic, J. & Valenzuela, J. 2022b. Contribución de la materia viva y muerta del coirón (*Festuca gracillima*) e inter-coirón (multi especies) en los pastizales de Magallanes. Punta Arenas, Chile: Informativo INIA Kampenaike. N° 120.
- Oyaneder, P. 2023. Respuesta a la intensidad de defoliación y estrés hídrico de *Festuca gracillima* Hook, f. bajo condiciones de invernadero. Tesis de pregrado inédita Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile. 57p.
- Pinochet, D., 2011. Modelo agroclimáticos para caracterizar y cuantificar areas homogéneas de producción de forraje. Proyecto Consorcio Lechero. Consultado 05-07-2021. <https://consorciolechero.cl/chile/documentos/p.predial/forraje/info-results-proyectos-fiam2p1.pdf>
- Pinochet, D.; Almonacid, T.; Ordóñez, I.; Jara, R. 2022. Predicción de los factores de estrés hídrico y térmico en praderas creciendo en Kampenaike desde 2012 a 2022. IN: Proceedings of the XLVII Congreso SOCHIPA A.G. (Eds. Teuber, O., Reyes, C., Martinez, M.). pp. 89-90.

- Pisano, E. 1973. Fitogeografía de la península Brunswick, magallanes. I. Comunidades meso-higromórficas e higromórficas. An. del Inst. la Patagon. IV(1-3): 141-206.
- Pisano, E. V. 1974. Estudio Ecologico de la region continental sur del area Andino-Patagonica. II. Contribución a la fitogeografía de la zona del parque nacional "Torres del Paine." An. del Inst. la Patagon. V(1-2): 59-104.
- Pisano, E., 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I.- Comunidades vegetales entre las latitudes 52 y 56°. Anales Instituto Patagonia (Chile) 8: 121-250.
- Radic-Schilling, S., Sales, F., Lira, R., Muñoz-Arriagada, R., Corti, P., Covacevich, N., Ivelic-Sáez, I., Ordoñez, I., Vidal, O., Echeverría, R. & Sandoval, C. 2021. Magallanes Sheep Farming. In: Gonzalez, M. and Palacios, C., editors, Sheep Farming - Herds Husbandry and Management System, Reproductive and Improving Animal Health [Working Title]. IntechOpen. 1-29 pp.
- Reich, P.B. 2014. The world-wide "fast-slow" plant economics spectrum: A traits manifesto. *Journal of Ecology*. 102; 275-301,
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 1998. Región de Magallanes y sus recursos naturales renovables. Gobierno de Chile. XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, Punta Arenas, Chile.
- Šimunek, J., N.J. Jarvis, M.T. Van Genuchten, and A. Gärdenäs. 2003. Review and comparison of models for describing non-equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone. *Journal of Hydrology*. 14-35 pp.
- Soto, L.M. 1984. Descripción de las praderas naturales de Magallanes continental. I. Área cubierta y composición botánica. *Agricultura Técnica* 44: 185-193.
- Strauch, O. & Lira, R. 2012. Bases para la producción ovina en Magallanes. *Boletín INIA* 244. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Punta Arenas.



Boletín INIA / N° 486

www.inia.cl

