

# Respuesta fisiológica de *Festuca gracillima* a la altura de defoliación y estrés hídrico severo

Iván Ordoñez<sup>1</sup>, Paula Oyaneder<sup>1,2</sup>, Sergio Radic<sup>2</sup>, Jaime Valenzuela<sup>1</sup>, Jorge Ivelic<sup>1</sup>, Julio Yagello<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike, Punta Arenas

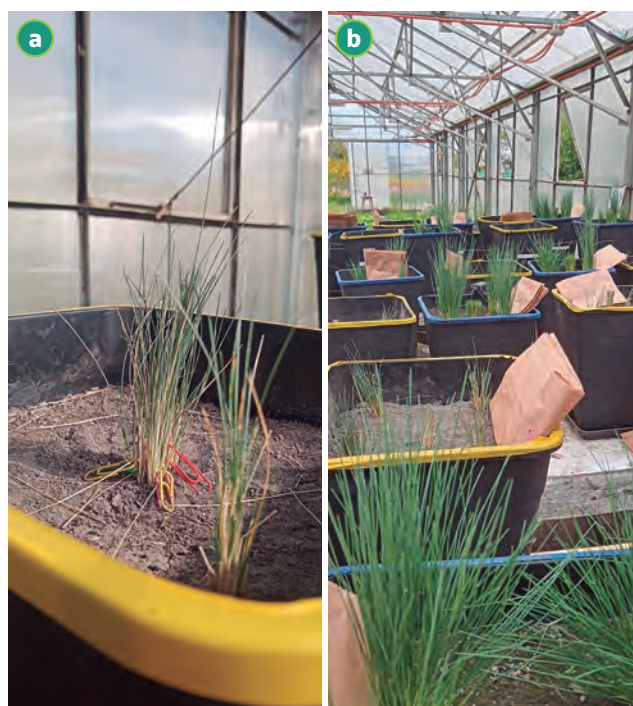
<sup>2</sup> Universidad de Magallanes, Punta Arenas

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO N° 119 - AÑO 2022

Los coironales corresponden a pastizales naturales presentes en la Región de Magallanes dominados por *Festuca gracillima* (Oliva, 1996; Radic-Schilling et al., 2021a), planta herbácea perenne de crecimiento cespitoso que estructura y da forma a más de 3,6 millones de hectáreas en la región (INE, 2007). De forma histórica, han sido utilizados para el desarrollo de la ganadería ovina de tipo extensiva, principalmente en la época invernal, donde es el único recurso forrajero disponible en los meses más fríos. Se ha indicado que existe una degradación de los ecosistemas de coironales que está relacionada al sobrepastoreo (Oliva et al., 2019). El sobre pastoreo es producido por una alta intensidad (Parsons et al., 1988) o frecuencia (Fulkerson and Donaghy, 2001). Estos procesos de degradación causados por la actividad ganadera, se incrementan con un inminente cambio climático, donde se ha estimado un escenario con una alta probabilidad de una sequía severa debido a la influencia de los forzantes climáticos que intervienen (p. ej. Southern annular mode) (González-Reyes et al., 2017). Por lo tanto, si bien estas predicciones fueron hechas con datos de Punta Arenas, se puede extrapolar los otros sectores de la región.

Los efectos de cambio climático generaran consecuencias negativas para las especies que conforman los ecosistemas debido al incremento en la variabilidad de las temperaturas (Zhang et al., 2018), cambio en la distribución de las lluvias (Aryal and Zhu, 2020) y aumentos de los vientos (CR2), lo que genera un aumento en la tasa de evapotranspiración. Con respecto a los ecosistemas de Magallanes dominados por especies forrajeras, existe un bajo conocimiento de sus respuestas a estos eventos climáticos extremos. Si bien existen muchos estudios a nivel de ecosistema (Collantes et al., 1999; Ivelic-Sáez et al., 2021; Oliva, 1996; Radic-Schilling et al., 2021b), no existe información base de la respuestas fisiológica y de crecimiento cuando las especies que son sometidas a un estrés hídrico severo. Desde esta perspectiva, el estudio de *Festuca gracillima* es relevante debido a que es la especie forrajera con mayor presencia en Patagonia, y

hay escasa información con respecto sus características fisiológicas y de crecimiento, que son necesarios para para mejorar decisiones de manejo destinadas a incrementar su estabilidad en situaciones de estrés.



**Figura 1.** Fotos de las plantas evaluadas a) fotos de los macollos marcados; b) foto de los maceteros con las 5 plantas establecidas.

El número de hojas y su la tasa de aparición son rasgos fundamentales en la toma de decisiones de defoliación en gramíneas (Fulkerson and Donaghy, 2001; Ordoñez et al., 2021) de los cuales no se tienen registros con respecto a *F. gracillima*. El número de hojas es un parámetro relevante para fomentar el rebrote y crecimiento de las especies (Fulkerson and Donaghy, 2001; García-Favre et al., 2021; Ordoñez et al., 2021) y es definido por el filocrono que es la cantidad de grados días acumulados necesarios para la

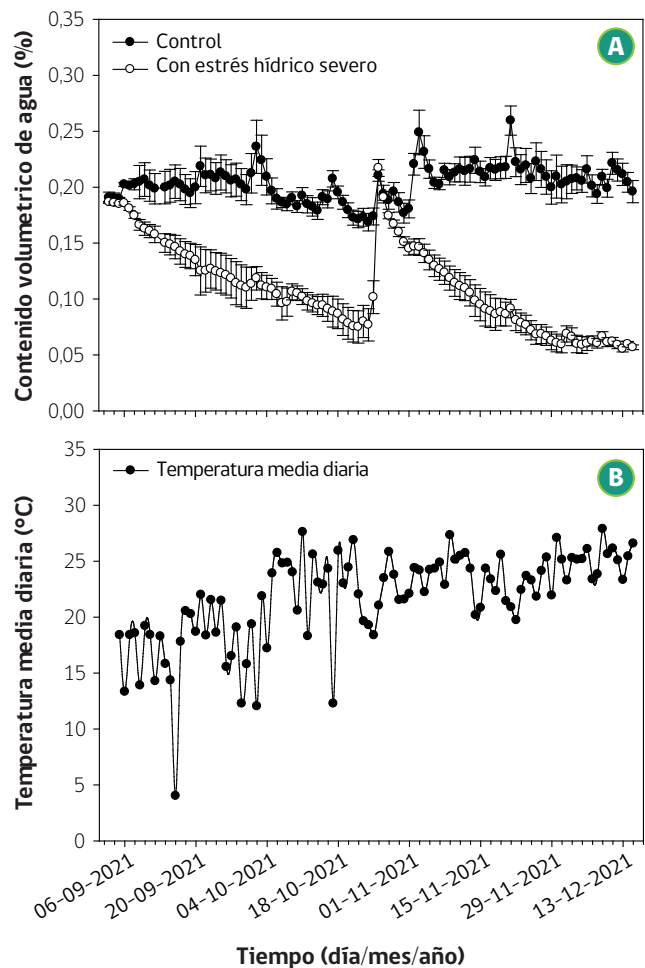


aparición de una nueva hoja (Ordóñez et al., 2021; Wilhelm and McMaster, 1995). Por otro lado, se ha determinado que la expansión de lámina es una variable sensible para observar las consecuencias de la defoliación (Ordóñez et al., 2021) y estrés hídrico (García-Favre et al., 2021).

El presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la altura de defoliación y el estrés hídrico sobre la expansión de hoja y el filocrono de *F. gracillima*. Para esto se estableció un experimento en condiciones de invernadero con maceteros en el Centro de Horticultura y Floricultura Lothar Blunck, perteneciente a la Universidad de Magallanes. Los tratamientos fueron cuatro alturas de defoliación a 3, 5, 8 y 10 cm sobre el suelo bajo dos condiciones hídricas (figura 2), un control que fue definido por la condición de estrés hídrico que son sometidas constantemente las plantas de *F. gracillima* a nivel ambiental (Ivelic-Sáez et al., 2021) y el otro tratamiento es un estrés hídrico severo logrando valores de contenido volumétrico de agua de 5%. Cabe destacar que *F. gracillima* es una especie que no se encuentra en lugares húmedos, más bien crece y se desarrolla en constante estrés hídrico, con valores que van bordeando el punto de marchitez permanente en primavera y verano (Ivelic-Sáez et al., 2021). Por lo tanto, el tratamiento control toma valores de humedad equivalentes a los medidos por Ivelic-Sáez et al. (2021).

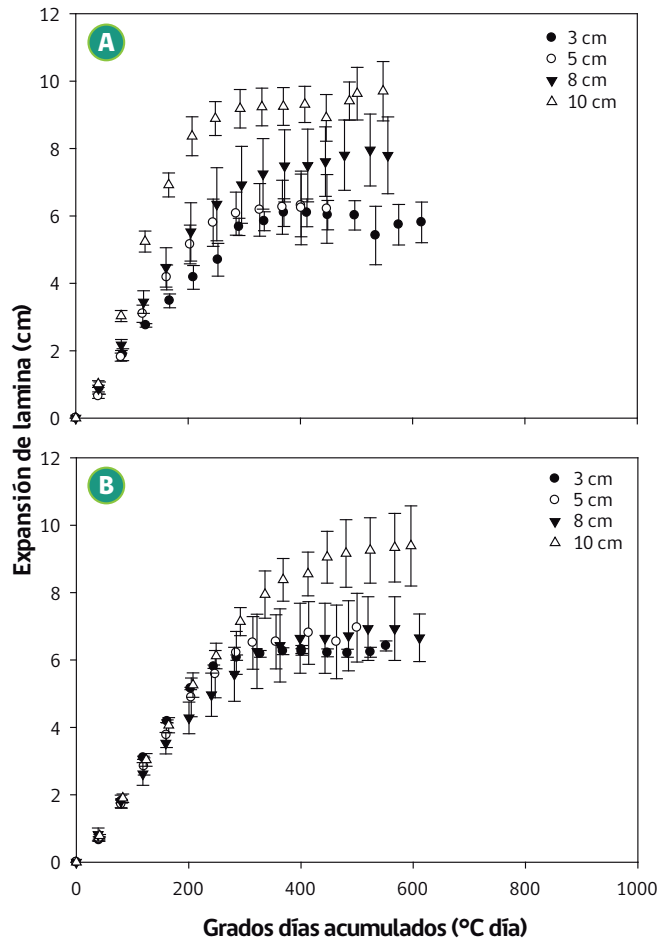
El diseño experimental fue de bloques completos al azar (4 intensidades de defoliación x 2 condiciones hídricas x 5 bloques). Los maceteros se establecieron con 5 plantas en total, con 4 en los bordes y 1 en el centro. La planta evaluada fue la localizada en el centro del macetero, y se evaluaron 3 macollos por planta que fueron marcados con distintos alambres de colores. Las plantas fueron trasplantadas en junio del 2021 y crecieron sin ninguna defoliación previa hasta el 3 de septiembre del 2021 con irrigación diaria para estimular su crecimiento inicial. El 3 de septiembre las plantas fueron cortadas a las alturas definidas por cada tratamiento y se detuvo la irrigación hasta lograr los valores de humedad planteados para ambos tratamientos de condición hídrica. El control se estableció con un contenido volumétrico de agua del suelo de alrededor del punto marchitez permanente y el de sequía severa se

estableció con un cese de irrigación hasta lograr 5% de contenido volumétrico de agua. La temperatura se registró cada una hora con un datalogger instalado a la altura de los maceteros. El contenido volumétrico de agua fue registrado en 5 maceteros por cada tratamiento de condición hídrica cada 15 minutos. Posterior al 3 de septiembre, la expansión foliar fue evaluada cada dos días en todos los macollos marcados y todas las hojas de los macollos. Las series de tiempo fueron evaluadas con el error estándar de la media ( $\pm$ SEM) y se analizó con una regresión lineal simple (temperatura como variable independiente y expansión de lámina de las hojas nuevas como variable dependiente). Para determinar diferencias entre los tratamientos en relación con el filocrono, se normalizaron los datos con logaritmo natural para luego, comprobada la distribución normal con el test de Kolmogórov-Smirnov, se realizó un test de ANOVA y para la separación de medias se utilizó la prueba de LSD. El filocrono presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.0001$ ), sin mostrar interacción significativa entre altura de defoliación y condición hídrica ( $P > 0.05$ ). La expansión de lámina mostro una significativa relación con la temperatura ( $P \leq 0.0001$ ) con un  $R^2$  de 0.71.



**Figura 2.** Datos de condición ambiental. Contenido volumétrico de agua para el control y estrés hídrico severo (A). Temperatura media diaria (B).

En la figura 1 muestra fotos de las plantas de *F. gracillima* en condiciones de invernadero. En la figura 2 se muestra Los datos de temperatura media promedio diaria y contenido volumétrico de agua desde el 3 de septiembre hasta el 15 de diciembre 2021. Las temperaturas medias promedio variaron entre 4 - 27 °C. El contenido volumétrico de agua se mantuvo entre 17 - 26% que corresponde a las condiciones normales de primavera- verano en los pastizales de Magallanes (Ivelic et al., 2021) y el estrés hídrico severo logro valores hasta 4 %, lo que simula una sequía severa en la región.



**Figura 3.** expansión de lámina de las hojas nuevas durante para el tratamiento control (A) y estrés hídrico severo (B). el punto de 0°C día es definido por la aparición de la hoja nueva.

La figura 3 muestra la expansión de lámina y se observa que la expansión máxima es lograda por el tratamiento con defoliación a 10 cm en ambas condiciones hídricas, con un máximo de expansión de 9,8 cm. Posterior al haber alcanzado esta extensión, la lámina detiene su crecimiento y se mantiene en el tiempo. En ambas condiciones hídricas la expansión total de lámina no fue afectada, y entre los tratamientos se observa que no hubo diferencias significativas.

El cuadro 1 muestra diferencias significativas en el filocrono, siendo el control el que presenta la mayor tasa de aparición de hojas en comparación a la situación de estrés hídrico severo. No se presentaron diferencias del filocrono con respecto a la altura de defoliación.

**Cuadro 1.** Grados días acumulados necesarios para la aparición de una hoja de *Festuca gracillima* para cada tratamiento. Letras minúsculas muestran diferencia entre tratamientos.

	Altura de defoliación	Filocrono (hoja °C día)	± ESM
<b>Control</b>	3 cm	287 b	22
	5 cm	236 b	3
	8 cm	257 b	15
	10 cm	238 b	8
<b>Estrés hídrico severo</b>	3 cm	376 a	19
	5 cm	377 a	11
	8 cm	412 a	24
	10 cm	437 a	20

ESM: Error estándar de la media

### Implicancia de los resultados

El coirón es la base de la ganadería extensiva de Magallanes, justificando su estudio para entender sus procesos de crecimiento. El entendimiento de la especie en relación a su crecimiento y desarrollo es el primer paso para detener la degradación de los coironales mayormente influenciada por el uso ganadero. Desde esto se ha demostrado que el estudio del filocrono (Fulkerson and Donaghy, 2001) y la expansión de lámina (García-Favre et al., 2021; Ordóñez et al., 2021) son parámetros relevantes para determinar los efectos de la defoliación y estrés hídrico, con el fin de comprender el funcionamiento de las especies para buscar un uso que fomente su crecimiento. Analizando la Figura 3 y el cuadro 1 se puede observar que el coirón (*F. gracillima*) cuando se encuentra en una condición de estrés hídrico severo altera





su filocrono, retrasando la aparición de hojas nuevas, pero manteniendo la longitud total de la expansión de lámina, indicando una alta adaptación de la especie hacia el estrés hídrico severo, alterando la frecuencia de aparición de hojas desde 254 °C días acumulados a 400 °C día acumulado. Esto significa que la planta retrasa en un 57% la frecuencia de aparición de sus hojas nuevas, reduciendo su crecimiento y su acumulación de biomasa. Se puede observar que la defoliación bajo los 10 cm afecta el potencial de expansión de lámina, limitando la fotosíntesis generada por la especie mostrando su baja tolerancia al pastoreo. Por lo tanto, criterios de pastoreo basados en la intensidad y frecuencia, tienen que ser adaptados para esta especie.

## Conclusiones

La altura mínima de un coirón no debe ser inferior a los 10 cm, sin embargo, estudios similares deben ser ejecutados comparando tratamientos con una altura de corte mayor a 10 cm.

La disminución en las tasas de aparición de hojas de *F. gracillima* indican que en situaciones de estrés hídrico severo, en coironales tendrán una menor cantidad de tejido fotosintético activo, por lo tanto necesitaría más tiempo para su recuperación posterior a los eventos de defoliación. La solución debe estar enfocada en entregar el descanso necesario, siendo los sistemas de pastoreo rotativos diferidos una posible solución para fomentar la recuperación de las especies de *F. gracillima*.

El presente estudio no considera la estructura de inter-coirón y para futuros estudios tiene que ser integrado para lograr conclusiones más precisas con respecto al uso del ecosistema de coironal

## Bibliografía

- Aryal, Y., Zhu, J., 2020. Multimodel ensemble projection of meteorological drought scenarios and connection with climate based on spectral analysis. *Int. J. Climatol.* 40, 3360-3379. <https://doi.org/10.1002/joc.6402>
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2). Available online: <http://www.cr2.cl/> [WWW Document], n.d.
- Collantes, M.B., Anchorena, J., Cingolani, A.M., 1999. The steppes of Tierra del Fuego: Floristic and growthform patterns controlled by soil fertility and moisture. *Plant Ecol.* 140, 61-75. <https://doi.org/10.1023/A:1009727629777>
- Fulkerson, W.J., Donaghy, D.J., 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - Key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41, 261-275. <https://doi.org/10.1071/EA00062>
- García-Favre, J., Zhang, Y., López, I.F., Donaghy, D.J., Cranston, L.M., Kemp, P.D., 2021. Decreasing defoliation frequency enhances bromus valdivianus phil. Growth under low soil water levels and interspecific competition. *Agronomy* 11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071333>
- 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. *An. del Inst. la Patagon.* 45, 31-44. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2017000100031>
- INE, 2007. Censo Agropecuario y Forestal. Instituto Nacional de estadísticas (INE). Santiago, Chile.
- Ivelic-Sáez, J., Dörner, J., Arumí, J.L., Cisternas, P., Valenzuela, J., Muñoz, E., Clasing, R., Valle, S., Radic, S., Alonso, H., López, R., Uribe, H., Muñoz, R., Ordóñez, 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.
- Oliva, G., 1996. Biología de poblaciones de *Festuca gracillima*. Universidad de Buenos Aires.
- 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.* 56, 1575-1584. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13408>
- Ordóñez, I.P., López, I.F., Kemp, P.D., Donaghy, D.J., Zhang, Y., Herrmann, P., 2021. Response of *Bromus valdivianus* (Pasture Brome) Growth and Physiology to Defoliation Frequency Based on Leaf Stage Development. *Agronomy* 11, 2058. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102058>
- Parsons, A.J., Johnson, I.R., Harvey, A., 1988. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation of grass. *Grass Forage Sci.* 43, 49-59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02140.x>
- 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*. pp. 223-256.
- 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 [Working Title]*. IntechOpen, pp. 1-29.
- Wilhelm, W.W., McMaster, G.S., 1995. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Sci.* 35, 1-3. <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183x003500010001x>
- Zhang, Y., Loreau, M., He, N., Wang, J., Pan, Q., Bai, Y., Han, X., 2018. Climate variability decreases species richness and community stability in a temperate grassland. *Oecologia* 188, 183-192. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4208-1>

## INIA liderando la agrociencia para un futuro sostenible

Este Informativo es parte de los Proyectos: Evaluar y definir la fisiología, morfología y dinámica de crecimiento de *Festuca gracillima* de los coironales Patagónicos (503083-70).

La reproducción del contenido de esta publicación citando fuente y el autor.

Más información: Iván Ordóñez, [ivan.ordonez@inia.cl](mailto:ivan.ordonez@inia.cl), INIA Kampenaike / Avda. España 01720, Punta Arenas, Región de Magallanes, junio 2022.

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)