

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SUPERVIVENCIA ESTIVAL DE MACOLLOS DE *Festuca arundinacea* BAJO  
DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE EN PRIMAVERA**

**por**

**Brian DAGHERO MEDERO  
Santiago FRIPP ALARCÓN**

**TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing Agr. Dr. Fernando A. Lattanzi

-----  
Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

-----  
Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Fecha: 28 de julio de 2021

Autores:

-----  
Brian Daghero Medero

-----  
Santiago Fripp Alarcón

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis Ing. Agr. Fernando Lattanzi, por la ayuda en la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Ramiro Zanoniani por la buena disposición.

A José María Arroyo, por la ayuda y disposición para la realización de este trabajo.

A nuestras familias, por el apoyo incondicional.

A nuestros amigos, en especial a Alejandro Janavel y Nicolas Ricca quienes nos han acompañado en el correr de la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 FESTUCA EN URUGUAY.....	2
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE Y CULTIVAR.....	3
2.2.1 <u>Cultivar INIA Fortuna</u> .....	4
2.3 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA.....	5
2.4 RESPUESTA AL PASTOREO.....	8
2.4.1 <u>Respuestas fisiológicas y morfológicas de festuca a la defoliación</u> .....	8
2.5 ANTECEDENTES.....	10
2.6 ESTRÉS TÉRMICO // GRAMÍNEAS TEMPLADAS EN AMBIENTES SUBTROPICALES.....	11
2.8 HIPÓTESIS.....	15
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	16
3.1 SITIO EXPERIMENTAL.....	16
3.1.1 <u>Ubicación</u> .....	16
3.1.2 <u>Suelo y clima</u> .....	16
3.2 VARIABLES CLIMÁTICAS.....	17
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	17
3.3.1 <u>Mediciones</u> .....	19
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	20
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	22
4.1 VARIABLES AGROMETEOROLÓGICAS.....	22
4.1.1 <u>Temperatura</u> .....	22
4.1.2 <u>Radiación</u> .....	27

4.1.3 <u>Precipitación y balance hídrico</u> .....	29
4.2 SUPERVIVENCIA ESTIVAL DE MACOLLOS .....	30
4.2.1 <u>Efecto de la frecuencia de cortes en primavera (experimento 1)</u> .....	30
4.2.2 <u>Efecto de la sombra (experimentos 2 y 3)</u> .....	32
4.2.3 <u>Efecto del momento de corte: matutino vs. vespertino</u> <u>(experimento 4)</u> .....	35
4.2.4 <u>Efecto del tamaño de macollo (experimento 5)</u> .....	37
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	40
6. <u>RESUMEN</u> .....	41
7. <u>SUMMARY</u> .....	42
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	43
9. <u>ANEXOS</u> .....	50

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características texturales y químicas del perfil de suelo correspondiente a Brunosol Eútrico Típico .....	16
2. Hipótesis testada y tratamientos utilizados en cada experimento .....	20
3. Cantidad de horas promedio al día con temperaturas del aire por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C durante el período experimental .....	23
4. Cantidad de horas promedio al día con temperaturas del suelo por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C para el período experimental, tratamiento sin sombra .....	24
5. Cantidad de horas al día promedio con temperaturas del suelo por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C para el tratamiento con sombra .....	24
6. Comparación de tamaño de macollos medido como la longitud de lámina más pseudo (cm) entre macollos que durante primavera fueron cortados cada 2,5 intervalos de aparición de hojas a 5 cm o a 8 cm .....	37

### Figura No.

1. Meristema apical de una gramínea en estado vegetativo .....	6
2. Efectos de intensidad de corte en el rebrote del macollo .....	7
3. Temperatura, radiación interceptada y radiación incidente en un día soleado con 5 cm de altura del forraje .....	13
4. Temperatura, radiación interceptada y radiación incidente en un día nublado con 15 cm de altura del forraje .....	14
5. Ilustración de corte vertical de un macollo .....	18
6. Temperaturas de aire promedio máximas, mínimas y medias durante el período experimental y serie histórica .....	22
7. Comparación de temperaturas máximas, mínimas y medias promedio del suelo para tratamientos con y sin sombra .....	23
8. Temperaturas del aire y del suelo .....	25
9. Temperaturas medias promedio ambiente a distintos intervalos de tiempo .....	26

10. Temperaturas del aire y supervivencia dentro de las primeras 96 h post corte para el experimento 4 .....	27
11. Radiación incidente y supervivencia dentro de las primeras 96 h post corte para el experimento 4 .....	28
12. Precipitación efectiva acumulada mensual para el período agosto 2018-abril 2019 y para el promedio histórico 1961 - 1990 de los mismos meses .....	29
13. Comparación del índice de bienestar hídrico (IBH) para el período de noviembre 2018-abril 2019 vs. la mediana de la serie histórica 1968-2019 para los mismos meses .....	30
14. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm a plantas que durante la primavera habían sido defoliadas cada 1,5 o cada 2,5 intervalos de aparición de hojas.....	31
15. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm a plantas que fueron sombreadas entre 1 h y 3 h luego del corte vs plantas que no fueron sombreadas. ....	33
16. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm a plantas que fueron sombreadas inmediatamente antes del corte vs. plantas que no fueron sombreadas .....	34
17. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm realizado a las 6:00 y a las 18:00.....	35
18. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm en plantas que durante la primavera habían sido defoliadas dejando remanentes de 5 cm o 8 cm de altura .....	38
19. Distribución de las muertes registradas, ordenadas por tamaño de macollo .....	39

## 1. INTRODUCCIÓN

Frente a la reducción de superficie de pastoreo producto de la competencia por las áreas de producción que generan otras actividades como la agricultura y la forestación, es necesario la incorporación de alternativas que permitan una mayor producción de forraje, así como una mayor eficiencia en su utilización para mantener y/o aumentar los niveles de producción en el sector ganadero y es por esto que desde hace varios años se está transitando el camino hacia usos más intensivos del suelo.

Sin embargo, el uso de gramíneas perennes invernales como *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* o *Bromus auleticus* es limitada, dejando como principal gramínea utilizada en mezcla forrajeras al *Lolium multiflorum*, lo que determina un prematuro avance de enmalezamiento y disminución de su vida útil.

Esto genera perjuicios importantes desde el aspecto económico al aspecto ambiental y limita la sustentabilidad del sistema, provocando una situación de mayor debilidad en relación con los demás rubros que compiten por los mismos recursos.

En Uruguay el aporte de pasturas plurianuales sembradas es encabezado por la especie templada perenne festuca (*Festuca arundinacea*) ya sea de forma pura o más comúnmente consorciada con alguna especie de leguminosa.

Actualmente el manejo realizado sobre pasturas de festuca conlleva a un temprano deterioro de las mismas que concluye en una pobre persistencia. Esto parecería estar relacionado principalmente a la supervivencia de macollos en el período estival.

Hasta el momento, existe escasa evidencia del impacto de estrategias de manipulación de la supervivencia estival mediante la imposición de medidas de manejo en primavera.

El presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la supervivencia estival de poblaciones de *Festuca arundinacea* sujetas a manejos diferenciales de la defoliación durante primavera, determinar en particular cómo éstos inciden en la temperatura del meristema apical.

Los objetivos específicos son, en primer lugar, analizar el efecto de manejos diferenciales de la frecuencia de defoliación durante primavera sobre la supervivencia estival de festuca y en segundo lugar, determinar el efecto de la disminución de la radiación sobre la supervivencia de macollos de festuca ante una defoliación intensa en verano.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FESTUCA EN URUGUAY

En Uruguay el aporte de forraje para alimentación animal en sistemas lecheros y ganaderos intensivos está encabezado por el aporte de pasturas plurianuales sembradas (MGAP. DIEA, 2018). Festuca (*Festuca arundinacea* Schreb) se ha transformado en la gramínea templada perenne predominante (INASE, 2019).

La presión de pastoreo de pasturas plurianuales a base de festuca tiene un importante incremento en los momentos del año en que una gran proporción del área de los sistemas se encuentra en fase de barbecho dada la elevada área de pasturas anuales en las rotaciones (Soca et al., citados por Michelini, 2016). Esta excesiva presión de pastoreo junto con la sistemática participación de situaciones estacionales de déficit hídrico y elevadas temperaturas, conllevan a un temprano deterioro de las pasturas que concluye en una pobre persistencia (Soca et al., citados por Michelini, 2016).

La persistencia de las pasturas plurianuales actualmente es menor a tres años (MGAP. DIEA, 2018). A nivel de los sistemas de producción esta tendencia trae asociada un mayor costo, un elevado uso de insumos y suplemento alimenticio animal (Cardozo et al., 2010), además de problemas asociados a degradación del suelo. Cuando la base forrajera son pasturas perennes el forraje es de muy bajo costo por kilogramo de materia seca producida (Chilibroste et al., 2010) y por tanto los márgenes económicos son más favorables que para los sistemas con elevado uso de insumo.

La utilización de pasturas plurianuales con base en festuca en sistemas agropecuarios pastoriles tiene consecuencias favorables en referencia a la sustentabilidad de los mismos. Mediante su utilización se logran sistemas productivos con aporte de forraje más estable a lo largo del año (Schiller y Lazenby, 1975), se incrementa la fertilidad del suelo y se disminuyen los niveles de erosión edáfica (McCallum et al., 2004), y se controlan las pérdidas de nitratos por lavado (Stork y Jerie, 2003). Además, la utilización de pasturas plurianuales permite un mayor aprovechamiento de los recursos naturales como el suelo, la radiación fotosintéticamente activa y el agua, al haber más área permanentemente verde en los sistemas productivos. Sin embargo, la pobre persistencia conlleva a que la adopción sea baja (Formoso, 2010).

Lograr incrementar la supervivencia estival parece tener un rol clave en el mantenimiento de la población de puntos de crecimiento dado que es el momento del año donde ocurren las mayores tasas de muerte de individuos (Scheneiter y Améndola, 2012).

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA ESPECIE Y CULTIVAR

*Festuca arundinacea* es una de las gramíneas perenne invernada más usada en el país Formoso, 2010). Es de hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso. Se adapta a un amplio rango de suelos, comportándose mejor en suelos medios a pesados, además tolera suelos ácidos y alcalinos (Langer, citado por Arce et al., 2013). Puede sobrevivir en suelos con un rango de pH de 4,5 a 9,5 (Sleper y Buckner, 1995).

Existe variabilidad genética en cuanto a la morfología de los rizomas. *Festuca arundinacea* presenta rizomas largos que le confieren a la planta resistencia a la sequía y el calor (Battista y Bouton, citados por Barnes et al., 1995). Según Carámbula (2007), la festuca se mantendrá verde siempre que disponga de buena humedad. En el verano la falta de agua limita su crecimiento más que las temperaturas elevadas. Su sistema radicular fibroso y profundo le permite obtener agua de horizontes inferiores.

La persistencia de la festuca depende del desarrollo de un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera, y de un manejo cuidadoso del pastoreo que no afecte desfavorablemente el rebrote de otoño (Carámbula, citado por Formoso, 2010). El rebrote vegetativo a menudo cesa durante el verano ante condiciones de calor y sequía, retomando el crecimiento en el otoño. Se destaca por su crecimiento otoñal y por su tolerancia a las heladas, brindando buena calidad de forraje para el pastoreo de invierno (Barnes et al., 1995).

Es una especie de buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y una floración temprana (setiembre-octubre). En uso exclusivo de pastoreo se recomienda no permitir el encañado, ya que detiene la formación de macollos y el desarrollo del sistema radicular, proceso que debilita la planta (García, citado por Carámbula, 2007).

Según Cowan, citado por Carámbula (2007), la festuca tiene como desventaja la lenta implantación debido a que sus plántulas son muy poco vigorosas, siendo fácilmente dominadas por especies anuales de crecimiento rápido. Esto puede deberse a la baja movilización de las reservas de la semilla y en consecuencia el lento crecimiento de la raíz. Otras desventajas serían la falta de resiembra natural, susceptibilidad variable a roya y la palatabilidad variable según cultivar y manejo.

Según Sleper y Buckner (1995), la festuca produce aproximadamente dos tercios de su crecimiento anual en la primavera durante la elongación del tallo.

Dada su alta producción y a su rebrote rápido, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad, si se quieren aprovechar sus características

más sobresalientes (Carámbula, 2007). Por lo que necesita un suministro de nitrógeno importante (Kloster et al., 2009).

Admite defoliaciones intensas y relativamente frecuentes. Según Matches, citado por Sleper y Buckner (1995), un pastoreo bien establecido sería con una intensidad de 5-10 centímetros. El macollaje es promovido por una defoliación frecuente (Sleper y Nelson, citados por Sleper y Buckner, 1995).

### 2.2.1 Cultivar INIA Fortuna

INIA Fortuna fue obtenida en INIA La Estanzuela luego de cinco ciclos de selección con énfasis en calidad de forraje, flexibilidad y sanidad foliar. Es un cultivar protegido (licenciatario: PGG Wrightson Seeds). Está disponible con y sin el endófito MaxQ.

El carácter distintivo de este cultivar es su alta calidad. Es una festuca continental de ciclo tardío. Posee hábito de crecimiento intermedio con buena capacidad de macollaje.

Produce forraje todo el año y sus rendimientos de kilos de materia seca anuales son claramente superiores a los de otros cultivares tardíos de ciclo similar. Este mayor rendimiento se combina con excelente calidad de hoja y resistencia a enfermedades foliares, especialmente roya.

La incorporación de INIA Fortuna en un sistema de producción, permite asegurar la oferta de forraje de calidad por un período más prolongado ya que cuando la mayoría de las festucas están en pleno período reproductivo entre septiembre y octubre, INIA Fortuna produce forraje de mejor digestibilidad.

Al ser una festuca de alta calidad está especialmente indicada para pasturas perennes en sistemas productivos donde el valor nutritivo es prioritario, tales como la lechería e invernada intensiva. Su mayor digestibilidad se refleja en un incremento en la producción animal. Debe sembrarse a partir de mediados de marzo utilizando como mínimo densidades de 20 Kg/ha. La festuca tiene implantación lenta y las siembras tardías con suelos fríos reducen su velocidad de implantación y retrasan el primer pastoreo. INIA Fortuna se puede consociar con leguminosas perennes como lotus o trébol blanco. Si bien la festuca tolera el pastoreo continuo mejor que otras especies, la mejor performance en rendimiento y calidad se obtiene con pastoreos rotativos. Al tener un porte erecto y macollos bien finos, se recomienda entrar a pastorear con una altura de entre 18 y 20 cm aproximadamente y respetar la altura de remanente de un puño (entre 500 y 800 kg MS/ha) especialmente en los meses de verano, donde es clave no estresar a la planta para asegurar su perennidad. Responde fuertemente a la fertilización

nitrogenada, mejorando su producción y calidad de hoja (PGG Wrightson Seeds, 2019).

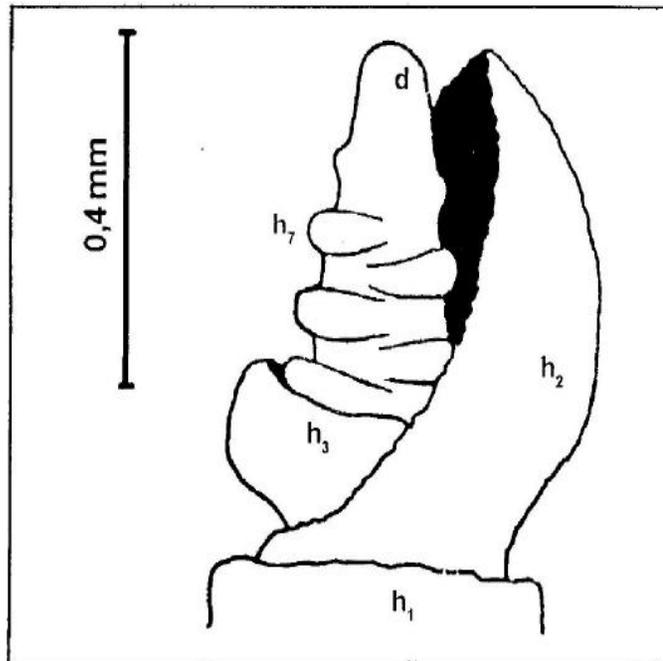
En cuanto a su producción, según resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras, los rendimientos obtenidos para *F. arundinacea* cv. INIA Fortuna sembrada en el 2013, para la localidad de La Estanzuela - Colonia, son: en el primer año es de 9753 kg MS/ha, en el segundo 14668 kg MS/ha y en el tercer año es de 5297 kg MS/ha.

### 2.3 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Los meristemas apicales son los tejidos responsables de la producción de nuevas hojas, alargamiento de tallos e inflorescencias, determinando la intensidad de rebrote después del pastoreo o corte. Las yemas axilares y basales son tejidos que promueven el rebrote de las plantas, siendo la presencia de las axilares el factor determinante del manejo de pastoreo en especies forrajeras de crecimiento cespitoso (Briske, 1991).

Las gramíneas cespitosas, durante la fase vegetativa, mantienen su meristema apical próximo al suelo, contrario a lo que ocurre en la fase reproductiva donde se da el alargamiento de las células de los entrenudos, resultando en la elevación del meristema apical, exponiéndolo a la eliminación a través de corte o pastoreo (Costa et al., 2004).

A modo de tener en cuenta el tamaño y forma de dichos tejidos se presenta seguidamente la Figura No. 1 donde se esquematiza la estructura de un punto de crecimiento en gramínea, donde se visualiza el domo y una serie de protuberancias donde se encuentran los primordios foliares que luego van a dar origen a las hojas.



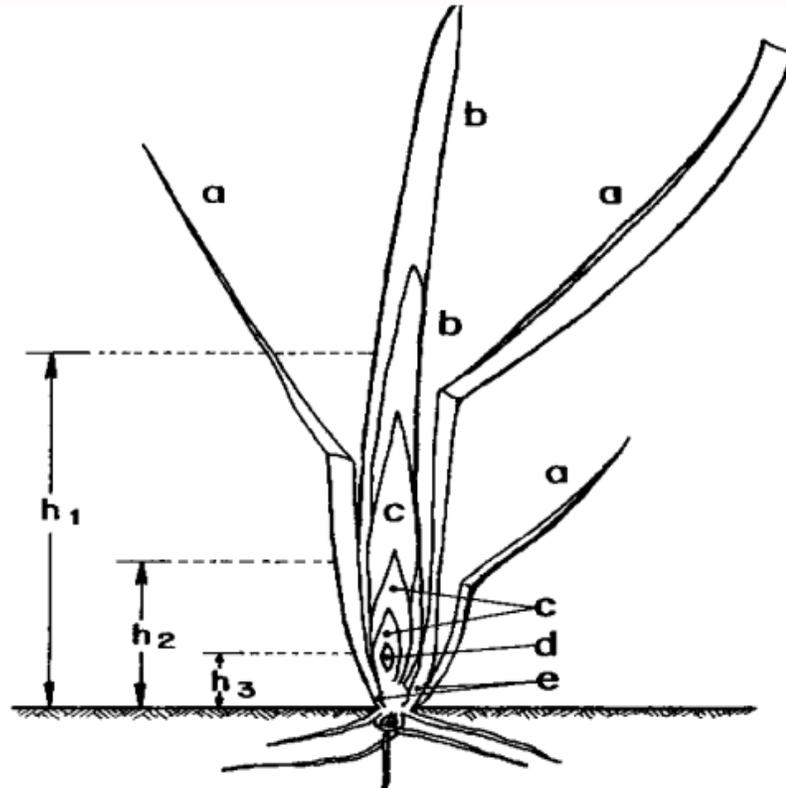
d) domo, h1) primera hoja, h2) segunda hoja, etc.

Figura No. 1. Meristema apical de una gramínea en estado vegetativo

Fuente: Carámbula (2002).

Las defoliaciones en pasturas utilizadas para la producción agropecuaria producen efectos en la morfología de los macollos, ver Figura No. 2. Defoliaciones a la altura h1 implican que, cuando las condiciones ambientales y nutricionales son favorables, el crecimiento de la planta será poco afectado, considerándose que el proceso de fotosíntesis no fue interrumpido. En condiciones desfavorables en cambio, podrá ocurrir una paralización temporaria del crecimiento del sistema radicular, que reduciría la tasa de crecimiento después de la defoliación, sin llegar a afectar la producción de forraje del macollo. La defoliación en la altura h2, más allá de la eliminación de un elevado porcentaje de hojas fotosintéticamente activa, podrá remover porciones del tallo más cercanas al suelo que actúan como regiones de almacenamiento de carbohidratos de reserva. En este caso, la recuperación de la planta está relacionada con la intensidad de los daños causados al sistema radicular y depende de la rápida reposición de hojas por los meristemas apicales. Finalmente, en la defoliación de la altura h3 ocurrirá la remoción del meristema apical, resultando en la paralización del crecimiento y eventual muerte del

macollo. Luego el rebrote será mucho más lento, pues ocurrirá a partir de las yemas basales y/o axiales (Costa et al., 2004)



a) Hojas expandidas y fotosintéticamente activas, b) hojas en emergencia, c) hojas que no emergieron y que dependen de los asimilados producidos por hojas más viejas, d) meristema apical, e) yemas axiales, f)  $h_1, h_2, h_3$  = altura de corte.

Figura No. 2. Efectos de intensidad de corte en el rebrote del macollo

Fuente: tomado de Costa et al. (2004).

Ante variaciones en el manejo y/o en las condiciones ambientales, las pasturas responden modificando su estructura a través de procesos fisiológicos (Saldanha et al., 2010). Para este trabajo se presume que macollos manejados con pastoreos menos intensos en primavera, presentan los tejidos meristemáticos a mayor elevación del suelo en verano, aumentando la probabilidad de ser removidos ante el pastoreo estival, disminuyendo la supervivencia.

Las gramíneas forrajeras presentan diferencias entre especies, incluso distintos cultivares dentro de una misma especie, en cuanto a la precocidad y la elevación de sus órganos aéreos, por ende, el pastoreo a una altura determinada

causa consecuencias diferenciales en los tejidos de crecimiento (Costa, 1991), basándose en los efectos de frecuencia de pastoreo (28, 42 y 56 días) y altura de corte (10 y 20 cm del suelo) en *Andropogon gayanus* cv. *Planaltina*, el autor verificó que el macollaje no fue afectado por la altura de corte, pero si por la frecuencia. Cortes menos frecuentes implicaron mayor remoción de meristemas apicales (52,5 %; 40,4 % y 28,6 %, para cortes a cada 56, 42 y 28 días respectivamente).

Para pasturas de especies C4 como *Paspalum atratum* cv. Pojuca, *Brachiaria humidicola* y de *Brachiaria brizantha* cvs. Marandu e Xaraés, Costa y Paulino (1999), Costa et al. (2003) comprobaron que el vigor de rebrote fue inversamente proporcional a la edad de las plantas, ocurriendo lo opuesto para la eliminación de meristemas apicales, con lo cual se tiene en cuenta además que no solo los factores vinculados a la especie, cultivar y/o desarrollo fenológico pueden estar afectando las estructuras morfológicas y respuestas fisiológicas de estas especies, sino que además se debe considerar la edad de la pastura a la cual se le aplican estas medidas de manejo y los posible efectos causados.

## 2.4 RESPUESTA AL PASTOREO

### 2.4.1 Respuestas fisiológicas y morfológicas de festuca a la defoliación

Las plantas de festuca no son tan persistentes y productivas como las de raigrás perenne cuando se pastorean continuamente para mantener una altura de remanente de 3 a 4 cm. Las respuestas morfológicas y fisiológicas de plantas individuales de festuca y raigrás perenne a la defoliación continua para mantener ninguna, una, dos o tres de las láminas completamente expandidas son similares, pero el crecimiento de festuca se ve relativamente más afectado que el de raigrás (Kemp et al., 2001), teniendo en cuenta que la frecuencia de defoliación para festuca fue menor en este caso que para raigrás por el mayor intervalo de aparición de hoja que presenta esta especie.

Según Kemp et al. (2001), la festuca posee menor capacidad de rebrote que raigrás, afirma que los factores que determinan esto son una mayor vida media foliar, una menor tasa de aparición foliar, una menor AEF (área específica foliar) y una menor asignación de biomasa a la parte aérea. Los mismos autores plantean que los efectos acumulados de estos factores disminuyen la masa del macollo y el número de plantas de festuca, y por lo tanto disminuyen la masa y la tasa de crecimiento relativo. Esto se debe a una escasez de fotoasimilados, resultado de que la defoliación de las hojas se dé antes de que estas puedan proporcionar a la planta un retorno total del carbono invertido en ellas. Esto implica que para que las pasturas de festuca sean productivas y persistentes bajo una carga continua (de ganado), debe mantenerse a una altura adecuada que

permita a los macollos mantener sus hojas durante aproximadamente 40 días después de la expansión completa (Kemp et al., 2001).

Según un trabajo de Fulkerson y Donaghy (2001), para raigrás, existen tres criterios de defoliación, intervalo (cuando pastorear), intensidad (cuán severo pastorear - remanentes) y duración (cuanto tiempo pastorearlo). En cuanto a intervalo, menciona que el estado de la hoja puede ser el indicador para pastorear, siendo de 2 a 3 hojas por macollo el óptimo para calidad, utilización, productividad y persistencia. Este manejo está basado en dar tiempo a las plantas de recuperarse del pastoreo anterior y aumentar sus niveles de CHOS. Si el pastoreo se hace con menos de 2 hojas se agotan las reservas de la planta conduciendo al decrecimiento de los rendimientos, supervivencia y macollaje, a su vez, favoreciendo la invasión de malezas. Si es mayor a 3 hojas, si bien se puede medir un aumento en la tasa de crecimiento, resultará en un incremento de muertes, elongación del tallo (semillazón en primavera), sombreado (competencia por intercepción de luz), además de provocar un decrecimiento del valor nutritivo de la pastura (aumenta la fibra y bajan digestibilidad y EM). Respecto a intensidad, plantea que el residuo ideal para el raigrás es de 4 a 6 cm de remanente, dependiendo de la densidad y composición de la pastura. Pastoreos muy severos (con remanentes menores a 4 cm del suelo) pueden inicialmente incentivar el macollaje ya que incrementan la penetración de la luz, sin embargo este efecto inicialmente positivo puede traer más contras como el decrecimiento de las reservas de CHOS de las plantas (debido a que parte de las reservas de la planta se encuentran en la base del tallo), determinar un retardo y muerte de sistemas radiculares, disminución del rendimiento de MS y supervivencia de las plantas, así como favorecer la invasión por malezas. En cambio, pastoreos muy laxos (con remanentes mayores a 6 cm del suelo) resultarán en un rebrote más rápido, pero con el condicionamiento de que las hojas que quedan generalmente son más viejas, menos eficientes fotosintéticamente y menos palatables para los animales. A su vez, el incremento del sombreado (producto de este pastoreo más laxo) reducirá el macollaje, generando mayores aperturas en la cobertura del suelo (facilitando la invasión de especies no deseadas), disminuyendo así el potencial de rendimiento de MS. Esto es así ya que el proceso de formación de macollas es más afectado por la intercepción de luz que por las temperaturas, por ejemplo, y es lo que más interviene en la provisión de asimilados (Carámbula, 2002).

La festuca mantiene 4 hojas vivas por macollo, en comparación con 3 en raigrás. Por lo general, durante un verano y un otoño secos, festuca exhibe una tasa de crecimiento más rápida que resulta en un 20-40% más rendimiento de MS y mejor calidad que raigrás (Hendriks et al., 2016). Los mismos autores indican una alta sensibilidad de festuca a diferentes regímenes de pastoreo y resaltan la importancia del manejo de poblaciones de la misma, de acuerdo con el hábito de crecimiento específico de la especie, con el fin de maximizar la

productividad y la persistencia. La desventaja de pastorear festuca bajo los mismos criterios de defoliación que raigrás, es la disminución del rendimiento de MS, del IAF y consecuentemente el aumento de la entrada de malas hierbas, reduciendo la perennidad de la especie.

## 2.5 ANTECEDENTES

Para el caso de pasturas de *Lolium perenne*, en condiciones templadas, defoliaciones menos frecuentes reducen la longevidad de macollos vegetativos, en mayor medida durante la etapa reproductiva que en la vegetativa. Esto es causado por efectos fisiológicos específicos que involucran intercepción de luz y transporte de asimilados (Korte et al., 1985).

Los resultados obtenidos por Kaufononga et al. (2017) indicaron que intervalos de defoliación largos (cuatro hojas), dan como resultado un alto rendimiento acumulativo de MS, sin embargo, la calidad del pasto se ve comprometida en comparación con intervalos de defoliación más cortos (estadios de una y dos hojas).

El manejo de cortes y especialmente aumentos en la frecuencia de defoliación deprime en mayor dimensión los pesos radicales que la parte aérea. Adicionalmente disminuye la profundidad de arraigamiento, disminuyendo la tolerancia al déficit hídrico, agravando la indisponibilidad de forraje en los sistemas de producción (Formoso, 2010).

Para el caso de pasturas de *Lolium perenne* en condiciones templadas, un aumento de la supervivencia estival de macollos se logra a través de una mayor intensidad de pastoreo en primavera, la cual genera además una disminución en la presencia de estructuras reproductivas (Korte et al. 1985, L'Huillier 1987, Hernández Garay et al. 1993). Los macollos reproductivos compiten ventajosamente por recursos frente a los macollos vegetativos (Ong et al. 1978, Colvill y Marshall 1984) reduciendo la supervivencia de los mismos (Ong et al. 1978, Korte et al. 1984). La remoción de los macollos reproductivos favorecería a los macollos vegetativos adyacentes en la competencia por recursos promoviendo su supervivencia (Matthew, 2002).

En cambio, contrastando con la información anterior, Michelini (2016), afirma que no hay evidencias de que la remoción de inflorescencias por medio de elevada intensidad de pastoreo a fines de invierno/principios de primavera genere por sí misma cambios de significancia en la dinámica primavero-estival de macollos, a su vez afirma que lo que se ve modificado por este manejo es la densidad poblacional de la pastura a través de cambios que dicho manejo determina en el IAF. Plantea que el análisis de las variaciones en dinámica de macollos en primavera enfocado en la heterogeneidad de la estructura de la

pastura en términos de variaciones de altura e IAF, podría permitir modular la persistencia de pasturas de festuca.

Hoen (1968), Ong et al. (1978) plantean que plantas más grandes tienden a presentar mayor supervivencia estival, asumiendo que el tamaño del sistema radicular es aproximadamente proporcional al de la masa foliar total, en consecuencia, plantas más grandes pueden explorar un mayor volumen de suelo y así obtener mayor capacidad de absorber humedad, pudiendo explicar así la mayor supervivencia.

## 2.6 ESTRÉS TÉRMICO DE GRAMÍNEAS TEMPLADAS EN AMBIENTES SUBTROPICALES

Las altas temperaturas y la falta de agua son dos de los principales factores abióticos que provocan estrés y consecuentemente una disminución de la calidad de especies durante el verano.

*Festuca arundinacea* (Schreb.) ha sido considerado uno de las especies forrajeras templadas mejor adaptados para condiciones de alta temperatura y déficit hídrico según Turgeon, citado por Cross et al. (2013). Por el contrario, la festuca tiene una utilización de agua significativamente mayor que muchas otras especies de ciclo C3 de climas templados en épocas estivales (Beard, Biran et al., Githinji et al., citados por Cross et al., 2013). Lo que según Carrow, citado por Cross et al. (2013) esto es posible gracias al desarrollo de un sistema de raíces profundo y extenso que facilita la absorción.

Por otro lado, Jiang y Huang (2001), compararon festuca con raigrás perenne (*Lolium perenne* L.), dos especies C3 de climas templados, y encontraron que la festuca tenía un mayor contenido de agua en las hojas mientras experimentaba condiciones estresantes de altas temperaturas y baja disponibilidad de agua. También sugirieron que la festuca era capaz de utilizar de forma más eficiente la transpiración y de esta forma reducir la temperatura, y mejorar el desempeño. Sin embargo, es importante según Harrison et al., citados por Langworthy et al. (2019), tomar en cuenta que cuando ocurre una remoción de biomasa se puede reducir la capacidad de las plantas para disipar el exceso de calor a través de la transpiración, echo que es más notorio cuanto menor sean los remanentes dejados.

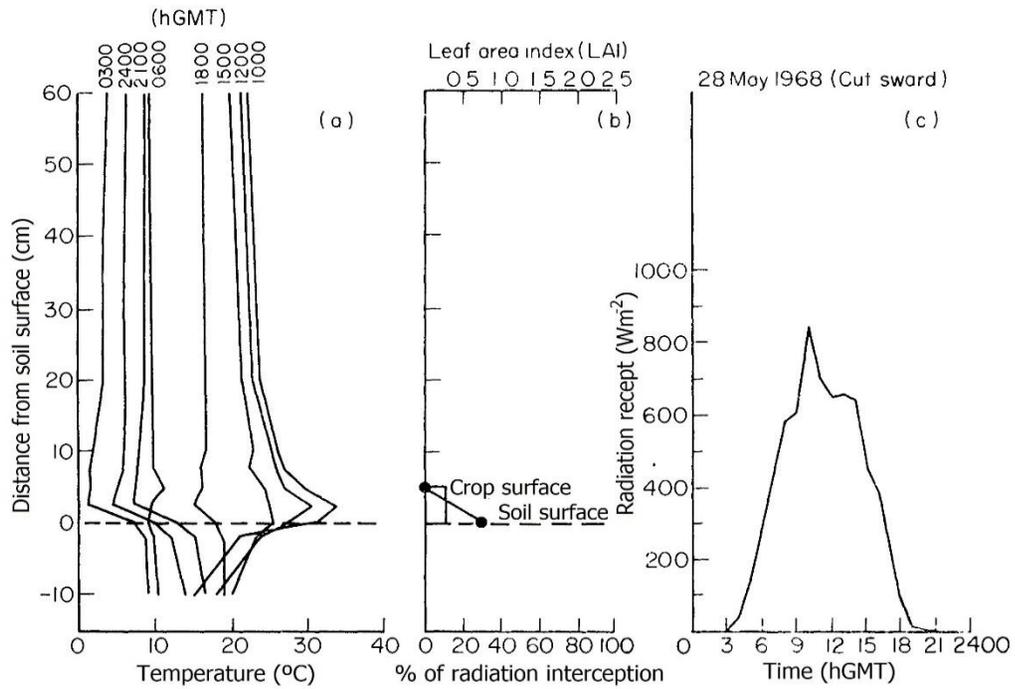
En un experimento llevado a cabo en el NE de Tasmania, Australia, Langworthy et al. (2019), también comparan el desempeño de festuca, raigrás y achicoria (*Cichorium intybus* L.) cuantificando el efecto de la temperatura de la zona de crecimiento de la planta (corona de ahora en más), según tratamientos que consistían en dejar remanentes de diferentes alturas (35 mm, 50 mm y 115 mm durante más de 1 año y con 9 periodos consecutivos de defoliación). En esta

ocasión encontraron que los cortes de pasturas a menores alturas, aumentan la temperatura de la corona de todas las especies en el momento del rebrote. Pero a su vez observan que la festuca al igual que achicoria experimentan temperaturas de corona menos extremas que el raigrás perenne. Esto puede explicarse en parte porque estas especies a menudo superan en rendimiento al raigrás perenne en los veranos más calurosos, de ahí el creciente interés en su uso. De todas maneras, no son concluyentes con que remanentes menores comprometan el crecimiento de estas especies por sobrecalentamiento de las áreas de crecimiento, aunque esto quizás está condicionado por el clima del sitio experimental el cual habría limitado el alcance y la duración de las temperaturas extremas para estas especies (>30 °C).

La reducción de IAF posterior a la defoliación permite más radiación solar e interceptación de calor por parte de la corona (es decir, aumenta el intercambio de calor por radiación directa, Harrison et al., citados por Langworthy et al., 2019), estas elevaciones de temperaturas inducidas en los tejidos de crecimiento durante los períodos de estrés térmico pueden afectar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. Esto se debe a que el tejido meristemático indeterminado (meristema apical) responsable de la producción de fitómeros, queda más expuesto (Rumball, Korte et al., Yang et al., citados por Langworthy et al., 2019). Esto se explica ya que la estabilidad de la membrana es muy sensible a las temperaturas celulares elevadas (Taiz y Zeiger, citados por Cross et al., 2013).

La disminución de plantas de festuca durante el verano según Cross et al. (2013), probablemente se ve afectada por las altas temperaturas. Las plantas que pueden sobrevivir en verano son probablemente capaces de hacerlo debido a un mayor nivel de tolerancia al calor que otras plantas que quedan en condición de latencia o simplemente mueren.

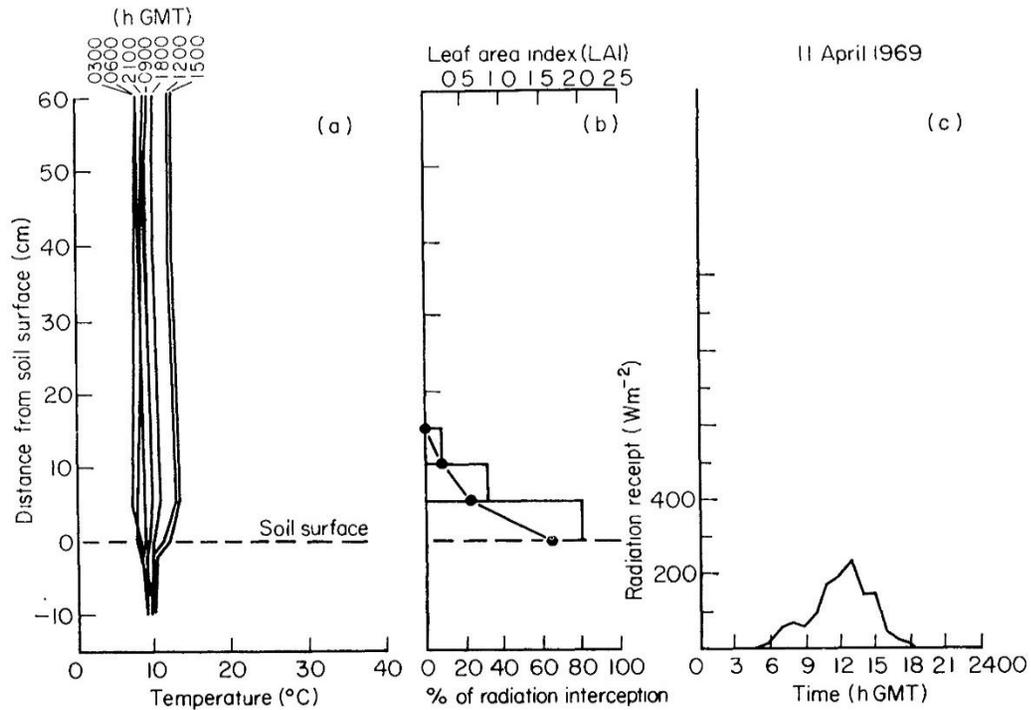
Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Peacock et al. (1975) quienes concluyeron que una remoción severa (5 cm de remante) en un día soleado, aumenta considerablemente la radiación interceptada por parte del suelo descubierto, generando a su vez un rápido aumento en la temperatura superficial y en los primeros cm del suelo (Figura No. 3), siendo esta temperatura muy variable entre las diferentes horas del día según la radiación de ese momento, en contraste con los resultados de radiación interceptada con remanentes a 15 cm de altura, donde el mayor porcentaje de la radiación incidente fue absorbida por el forraje, amortiguando las temperaturas dentro y sobre el canopy (Figura No. 4).



Siendo: (a) Serie de perfiles de temperatura del aire y del forraje medidos durante un período de 24 h (28 mayo 1968) en un cultivo de raigrás perenne, de 5 cm de altura en un día soleado. (b) La radiación interceptada. ●—● Perfiles de IAF del cultivo. (c) Radiación incidente durante el período.

Figura No. 3. Temperatura, radiación interceptada y radiación incidente en un día soleado con 5 cm de altura del forraje

Fuente: Peacock et al. (1975).



Siendo: (a) Serie de perfiles de temperatura del aire y del forraje medidos durante un período de 24 h (11 abril 1969) en un cultivo de raigrás perenne, de 15 cm de altura en un día nublado. (b) La radiación interceptada. ●—● Perfiles de IAF del cultivo. (c) Radiación incidente durante el período.

Figura No. 4. Temperatura, radiación interceptada y radiación incidente en un día nublado con 15 cm de altura del forraje

Fuente: Peacock et al. (1975).

Para este caso se puede ver claramente que la radiación al ser absorbida por el forraje tiene menor impacto en el aumento de la temperatura de las diferentes alturas independiente del momento del día en que se encuentre, con lo cual las condiciones son mucho más homogéneas y las temperaturas considerablemente menores.

Según Formoso (2010), los cortes de verano dejando un rastrojo de 3 cm aumentan el impacto de la radiación roja sobre el tapiz (elevando la temperatura del mismo) por tanto, la respiración y el consumo de reservas. Considerando el estrés energético a la que son sometidos los individuos se puede intuir que estos factores colaboran con el aumento de la muerte de los mismos.

## 2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los modelos de regresión lineales simples permiten analizar la relación entre dos variables en cada una de las medidas, asumiendo una hipótesis de causalidades, mientras que los modelos mixtos permiten analizar correcta y eficientemente los datos de experimentos con medidas repetidas en el tiempo mediante el modelaje de la estructura de covarianzas y la inclusión de tiempo y su interacción como efectos.

## 2.8 HIPÓTESIS

1. Defoliaciones frecuentes en primavera no disminuyen la supervivencia en respuesta a una defoliación intensa en verano.
2. El sombreado (menor insolación y temperatura) incrementa la supervivencia en respuesta a una defoliación intensa en verano.
3. Macollos de mayor tamaño tienen menor supervivencia en respuesta a una defoliación intensa en verano.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 SITIO EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Ubicación

El experimento se realizó durante el verano de 2019 en la estación experimental “La Estanzuela” del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en el departamento de Colonia, Uruguay (34°20'54.88" S, 57°41'36.99" O). Específicamente, los experimentos se realizaron en la unidad de lechería de INIA La Estanzuela. Se utilizaron pasturas puras de *Festuca arundinacea* cultivar “INIA Fortuna” sembradas el 20 de marzo del 2017 mediante siembra directa a razón de 20 kg/ha, sobre maíz para silaje como antecesor. Se ajustó la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre de manera de tener condiciones de nutrientes no limitantes.

##### 3.1.2 Suelo y clima

El sitio del experimento se ubicó en una posición topográfica alta y sin pendiente, sobre un suelo Brunosol Eútrico Típico perteneciente a la unidad de suelo Ecilda Paullier-Las Brujas (EP-LB2), según carta de reconocimiento de suelos del departamento de Colonia escala 1:200.000 (MGAP. DGRNR, 1998), desarrollado sobre formación geológica de Libertad, según carta geológica escala 1:500.000 (Bossi y Ferrando, 2001). La textura de este suelo es franca-arcillosa, y las características químicas se detallan en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Características texturales y químicas del perfil de suelo correspondiente a Brunosol Eútrico Típico

Horizonte	Límite inferior (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CO** (%)	pH	SB* (%)	CIC a pH7
<b>A</b>	24	24	43	33	3,17	6,9	96	26,9
<b>Bt</b>	56	18	34	49	1,52	7.0	100	32,5
<b>Bck</b>	82	17	33	50	0,89	8,4	100	32,2
<b>Ck</b>	92	18	35	47	0,44	8,9	100	29,0

\* Saturación de bases; \*\* Carbono orgánico

De acuerdo a INUMET (2015), el clima del sitio experimental se caracteriza por una temperatura media anual de 17,4 °C, una temperatura

máxima promedio anual de 21,2 °C y una temperatura mínima promedio anual de 13,5 °C (ver Anexo No. 1). El mes más frío del año es julio, con una temperatura mínima promedio mensual de 8,1 °C, y el más cálido es enero, con una temperatura máxima promedio mensual de 23,7 °C. La precipitación acumulada anual promedio es de 1099 mm/año, la cual presenta una distribución estacional con menores precipitaciones en invierno (media mensual de 70 mm) y mayores en primavera (media mensual de 100 mm) y en otoño (media mensual de 110 mm). El período con mayores probabilidades de déficit hídrico va de octubre a marzo, debido fundamentalmente al aumento de la demanda atmosférica (Cruz et al., 2000), siendo diciembre, enero y febrero los meses de mayor déficit.

### 3.2 VARIABLES CLIMÁTICAS

Valores diarios y horarios de temperatura del aire, radiación solar incidente, y precipitación fueron obtenidas de la estación meteorológica de INIA La Estanzuela, localizada a menos de 1000 m del sitio experimental. Evapotranspiración potencial Penman-Monteith (ETP) diaria estimada fue obtenida de la misma estación.

Temperatura y humedad (contenido volumétrico de agua) de los primeros 2-3 cm de suelo fueron registrados cada una hora mediante sensores (DECAGON Em50), ver Anexo No. 2, instalados en el sitio experimental. Con estos datos, se calculó la cantidad de horas del día promedio por mes con temperaturas por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C.

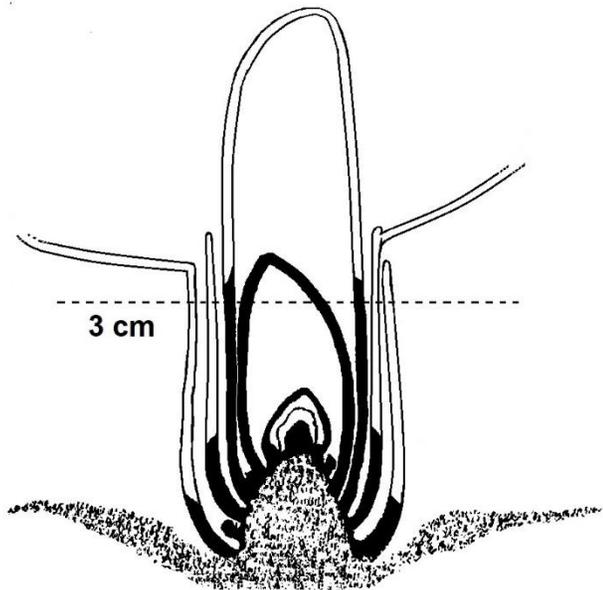
Evapotranspiración real (ETR) fue estimada mediante un balance hídrico simple (Allen et al., 1998), asumiendo un almacenaje de agua potencialmente disponible (APD) de 136,7 mm, definido para la unidad de suelos Elcida Paullier-Las Brujas (Molfino y Califra, 2001). Se calculó el índice de bienestar hídrico (IBH = ETR/ETP) de acuerdo con Petrasovits (1990). Para festuca, valores de IBH inferiores a 0,45 indican que la vegetación se encuentra en valores de transpiración por debajo de la demanda potencial, indicando que la vegetación se encuentra bajo estrés hídrico (Errecart et al., 2020).

### 3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se llevaron a cabo cinco experimentos durante el verano de 2019. El diseño utilizado en todos los experimentos fue el de bloques completos al azar, con 4 repeticiones (bloques). En todos los casos, la unidad experimental fue un conjunto de 40 macollos identificados a lo largo de un surco o línea de siembra.

Esos surcos se encontraban ubicados dentro de parcelas de ocho surcos, cada uno de 2,5 m de largo y con 0,19 m de espacio intersiembra (ver Anexo No. 2).

En todos los experimentos, la supervivencia se estimó en esos 40 macollos marcados en cada tratamiento que fueron cortados manualmente con tijera a 3 cm de altura para inducir una situación de estrés (Figura No. 5). La supervivencia se calculó como la proporción de esos 40 macollos que quedaron vivos. Los surcos vecinos a los macollos marcados se cortaron a la misma altura para evitar posible sombreado de plantas aledañas.



Línea punteada representa una estimación de la altura a la que se realizó el corte del experimento.

Figura No. 5. Ilustración de corte vertical de un macollo

Fuente: Carámbula (2002).

En el experimento 1 se comparó la supervivencia estival de macollos en pasturas que durante la primavera (septiembre-diciembre) habían recibido dos frecuencias de defoliación: cortes cada 1,5 o cada 2,5 intervalos de aparición de hojas, en ambos casos dejando un remanente de 5-6 cm altura.

En los experimentos 2 y 3 se comparó la supervivencia estival de macollos que recibieron ausencia vs. presencia de sombra artificial (80 % de reducción en la intensidad de radiación incidente) luego del corte a 3 cm. En estos casos, la frecuencia de defoliación durante la primavera fue cada 2,5 intervalos de aparición de hojas, en ambos casos dejando un remanente de 5-6 cm altura.

En el experimento 2 se colocaron pequeñas jaulas, 30 cm x 15 cm aprox. (ver Anexo No. 3) cubiertas por malla-sombra 80 % de intercepción de radiación incidente sobre los macollos marcados (en el tratamiento sombreado) tres a cuatro horas después del corte a 3 cm. Mientras que en el experimento 3, se colocó una única malla-sombra (80 % de intercepción de radiación incidente) sobre los macollos marcados en el tratamiento sombreado inmediatamente antes del corte a 3 cm (ver Anexo No. 4).

En el experimento 4 se comparó la supervivencia estival de macollos en respuesta a que la defoliación a 3 cm se haga a la mañana (6 a.m.) o a la tarde (6 p.m.). En este caso la frecuencia de defoliación durante la primavera fue cada 2,5 intervalos de aparición de hojas, en ambos casos dejando un remanente de 5-6 cm altura. Este experimento se diseñó con el fin de observar el impacto de la radiación directa y temperatura en las horas inmediatamente posteriores al corte. Los macollos expuestos temprano en la mañana serían sometidos a condiciones más estresantes al mediodía y la tarde, mientras que aquellos defoliados en la tarde tendrían varias horas con baja o nula radiación y temperaturas más bajas.

En el experimento 5 se comparó la supervivencia estival de macollos de distintos tamaños producto de diferentes alturas de remanente de corte durante la primavera: remanentes de 5 cm (macollos chicos) vs. 8 cm (macollos grandes). En este caso la frecuencia de defoliación durante la primavera fue cada 2,5 intervalos de aparición de hojas.

### 3.3.1 Mediciones

En los experimentos 1, 2 y 5, previo al corte a 3 cm, se midió la longitud de la lámina de la última hoja totalmente expandida y el pseudotallo del macollo de cada uno de los individuos, como indicador del tamaño inicial del macollo.

En todos los experimentos las mediciones consistieron en observar cada uno de los macollos marcados para determinar y registrar el estado vivo o muerto. El criterio de decisión para designar un macollo como muerto se basó en la presencia de los siguientes signos: marchitamiento, color amarillento/marrón, detenimiento del crecimiento de la hoja en elongación (comparación con mediciones anteriores), presentar hueco el centro del macollo sin señales de que fuese a crecer una nueva hoja. La supervivencia se calculó como el número de individuos vivos sobre el número inicial de macollos marcados (40), por cien.

Las mediciones de supervivencia se llevaron a cabo en diferentes fechas de medición posteriores al corte a 3 cm. Los experimentos 1, 2 y 5 se iniciaron el 21 de enero (corte a 3 cm), la primera medición de supervivencia se llevó a cabo tres días después y luego con una frecuencia semanal. El período total de

medición fue de 52 días, hasta el 14 de marzo del 2019. Durante este período se llevaron a cabo 9 mediciones.

El experimento 3 comenzó el 31 de enero, la primera medición de supervivencia se llevó a cabo el 7 de febrero del 2019, y se realizaron un total de 6 mediciones hasta el 14 de marzo del 2019.

El experimento 4 comenzó el 19 de febrero. A diferencia de los experimentos anteriores, se pretendió ver el efecto inmediato por lo cual las primeras mediciones de supervivencia se realizaron a las 24 h y 48 h posteriores al corte matutino, siguiendo luego con frecuencia semanal hasta el 14 de marzo. El esquema y secuencia de experimentos se resume en el Cuadro No. 2.

Cuadro No. 2. Hipótesis testeada y tratamientos utilizados en cada experimento

Experimento	Hipótesis	Tratamientos	
		A	B
1	1	Defoliación cada 1,5 intervalos de aparición de hojas	Defoliación cada 2,5 intervalos de aparición de hojas
2	2	Sin sombra	Sombra
3	2	Sin sombra	Sombra
4	2	Corte matutino	Corte vespertino
5	3	Macollos chicos	Macollos grandes

### 3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos en cada experimento se analizaron mediante análisis de varianza (ANAVA) para determinar si los tratamientos tuvieron efecto sobre la supervivencia. Como el valor de supervivencia observado en cada fecha de medición no es independiente del valor de supervivencia observado en las mediciones anteriores, se utilizaron modelos lineales mixtos.

- $H_0: \zeta_1 = \zeta_2 = 0$
- $H_a: \zeta_1 \neq \zeta_2$

Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante software SAS, utilizando en procedimiento MIXED para ajustar el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + X_k + \tau X_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  es la supervivencia observada en variable de respuesta,

$\mu$  es la media poblacional,

$\beta_i$  es el efecto del i-ésimo bloque,

$\tau_j$  es el efecto del j-ésimo tratamiento,

$X_k$  es el efecto de la k-ésima fecha de medición,

$\tau X_{jk}$ , es el efecto de la interacción entre tratamiento y fecha de medición, y

$\epsilon_{ijk}$  es el error, que se asumió tiene una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden definida dentro de la instrucción repeated, usando bloque dentro de tratamiento como subject.

En caso de obtener interacción estadísticamente significativa entre tratamiento y tiempo, se utilizó la instrucción slice para analizar las diferencias entre tratamientos para cada fecha. El script usado en SAS fue el siguiente:

Proced mixed:

```
class tratamiento bloque fecha;
model supervivencia = tratamiento fecha tratamiento*fecha;
repeated / TYPE=AR(1) subject=bloque (tratamiento);
slice tratamiento*fecha / sliceby=fecha
```

En el experimento 5, previo al ANAVA de supervivencia, se realizó un ANAVA para evaluar si los tratamientos diferían efectivamente en el tamaño de los macollos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 VARIABLES AGROMETEOROLÓGICAS

#### 4.1.1 Temperatura

##### 4.1.1.1 Temperatura del aire

Las temperaturas máximas, medias y mínimas promedio mensuales durante el período experimental no marcaron diferencias sustanciales del histórico (Figura No. 6). Pero vale decir que para febrero y marzo las temperaturas medias y máximas fueron menores a las históricas, mientras que las máximas en el mes de enero estuvieron levemente por encima de las históricas.

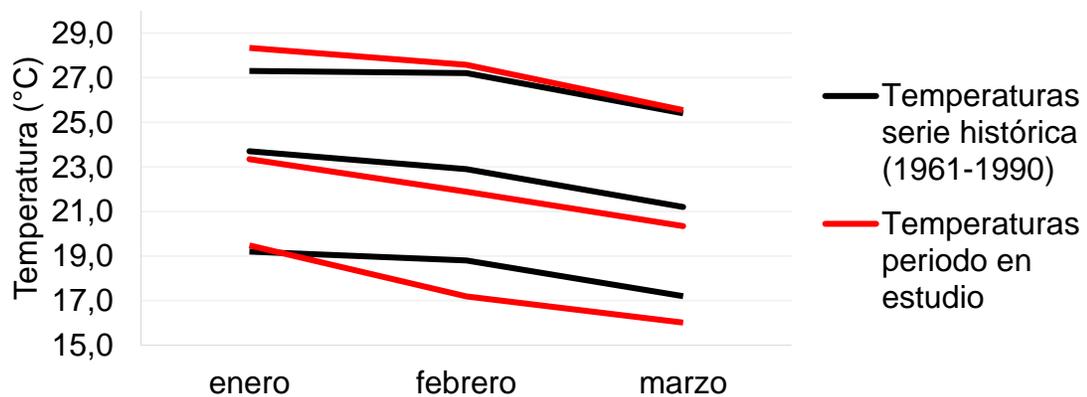


Figura No. 6. Temperaturas de aire promedio máximas, mínimas y medias durante el período experimental (enero 2019 – marzo 2019). Para comparación, se muestran los valores históricos (1961 - 1990)

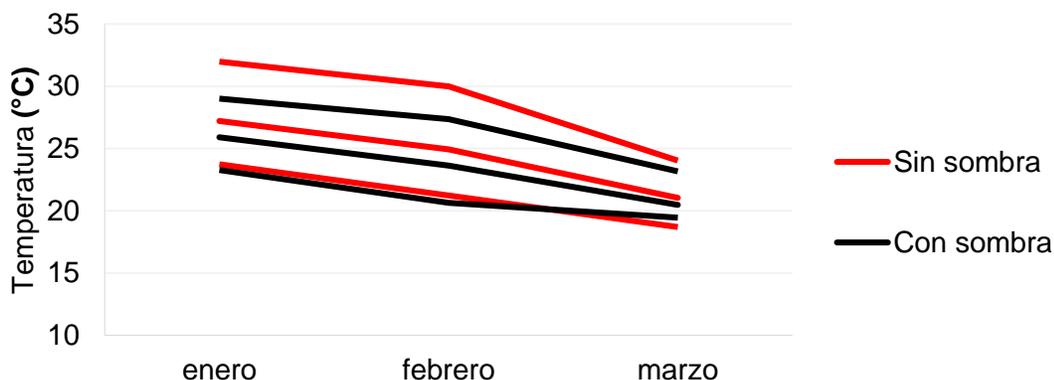
En la medida que ocurren altas temperaturas ( $>35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se pone en riesgo la supervivencia de los macollos de las plantas de festuca (Ayala et al., 2017), su óptimo se ubica alrededor de los  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Cooper y Tainton 1968, Robson et al. 1988). Como se muestra en el Cuadro No. 3 el ambiente térmico durante el período experimental no fue entonces estresante para su crecimiento.

Cuadro No. 3. Cantidad de horas promedio al día con temperaturas del aire por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C durante el período experimental

	>25 °C	>30 °C	>35 °C
<b>enero</b>	12,4	3,0	0,0
<b>febrero</b>	6,3	2,2	0,0
<b>marzo</b>	3,0	0,8	0,0

#### 4.1.1.2 Temperatura del suelo

Se presentan a continuación los datos obtenidos de los sensores para los tratamientos con y sin sombra del experimento 2.



Sensor ubicado a 2 cm debajo de la superficie.

Figura No. 7. Comparación de temperaturas máximas, mínimas y medias promedio del suelo para tratamientos con y sin sombra

Se observa claramente que la presencia de sombra tiene incidencia en la temperatura del suelo (ver Anexo No. 6), aunque ésta influye más sobre las máximas que las promedio y mínimas. El efecto es mayor al inicio del experimento lo cual se atribuye a la elevada radiación que hay en esta época del año, pero a medida que transcurre el tiempo y se acerca a marzo, este efecto se torna menos significativo observándose temperaturas más similares entre ambos tratamientos.

Cuadro No. 4. Cantidad de horas promedio al día con temperaturas del suelo por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C para el período experimental, tratamiento sin sombra

	>25 °C	>30 °C	>35 °C
<b>enero</b>	15,9	5,1	0,5
<b>febrero</b>	10,9	3,2	0,1
<b>marzo</b>	1,8	0,0	0,0

Sensor ubicado a 2 cm debajo de la superficie.

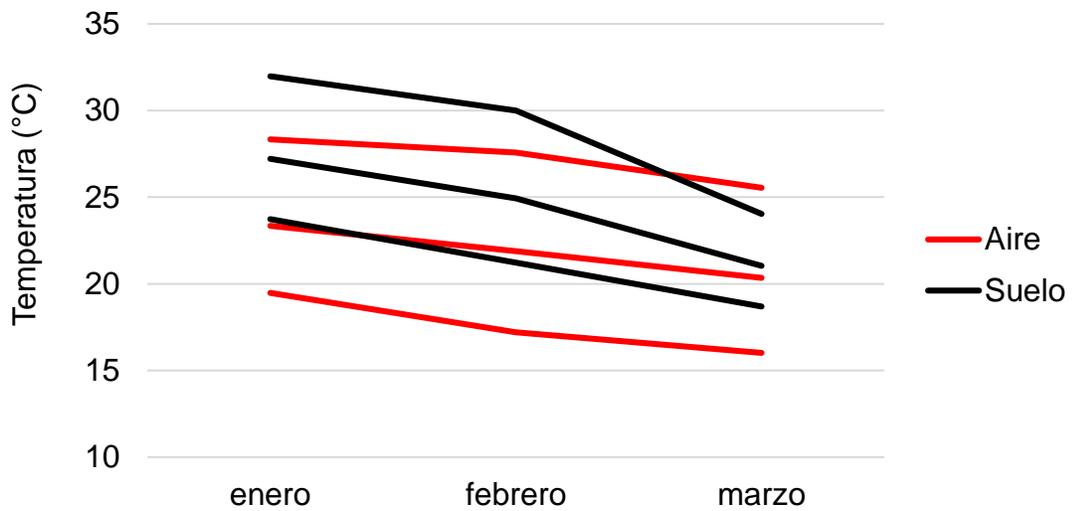
Cuadro No. 5 Cantidad de horas al día promedio con temperaturas del suelo por encima de 25 °C, 30 °C y 35 °C para el tratamiento con sombra

	>25°C	>30°C	>35°C
<b>enero</b>	13,2	2,2	0,0
<b>febrero</b>	7,8	1,0	0,0
<b>marzo</b>	1,0	0,0	0,0

Sensor ubicado a 2 cm debajo de la superficie.

Si se compara los Cuadros No. 4 y No. 5 se observa que el sector sombreado presenta una disminución de las horas diarias con temperaturas por encima del óptimo para la pastura. Teniendo en cuenta la información presentada por Cooper y Tainton (1968), se interpreta en primera instancia que las condiciones de sombreado fueron más favorables, esto es cuestionable dado que el sombrite no solo modifica la temperatura, sino que también factores como son la humedad y radiación incidente, generando un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades fúngicas, además la disminución de radiación incidente afecta negativamente la tasa fotosintética de la pastura. Estos aspectos serán desarrollados más adelante.

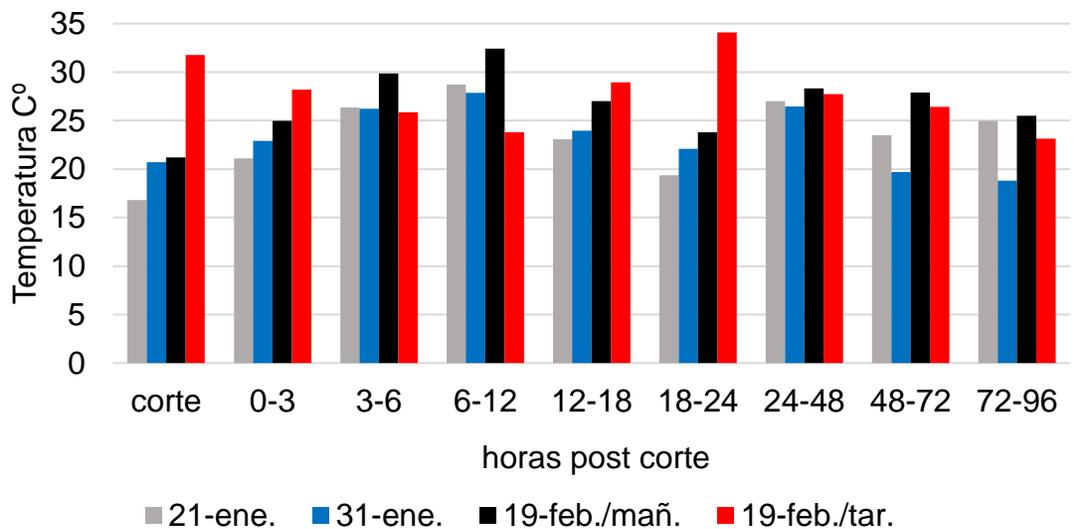
Por último, se grafica una comparación de la evolución de las temperaturas obtenidas del aire y el suelo, con el fin de visualizar las diferencias entre ambos medios.



Nótese como a medida que transcurre el tiempo y se acerca a marzo las temperaturas del suelo tienden a asemejarse a las del aire, algo similar a lo que ocurre con la comparación anterior de temperaturas del suelo con y sin sombra, donde la brecha entre ambas temperaturas también disminuye, atribuido al mismo efecto de menor de radiación.

Figura No. 8. Temperaturas mínimas, medias y máximas del aire y del suelo para los meses de enero, febrero y marzo

Para llevar a delante los 5 experimentos se realizaron cortes en distintos momentos, en 3 días diferentes, como ya se describió en el apartado 3.3.1 de mediciones. Teniendo esto presente se dispone a presentar la evolución de las temperaturas del aire a una escala de tiempo más reducida que lo descrito anteriormente, para considerar y analizar el efecto de la temperatura en las horas posteriores a cada corte cuando los tejidos expuestos son más sensibles a los factores ambientales. Las diferencias de temperaturas dentro de las primeras 96 h post corte se modelan en la siguiente figura.

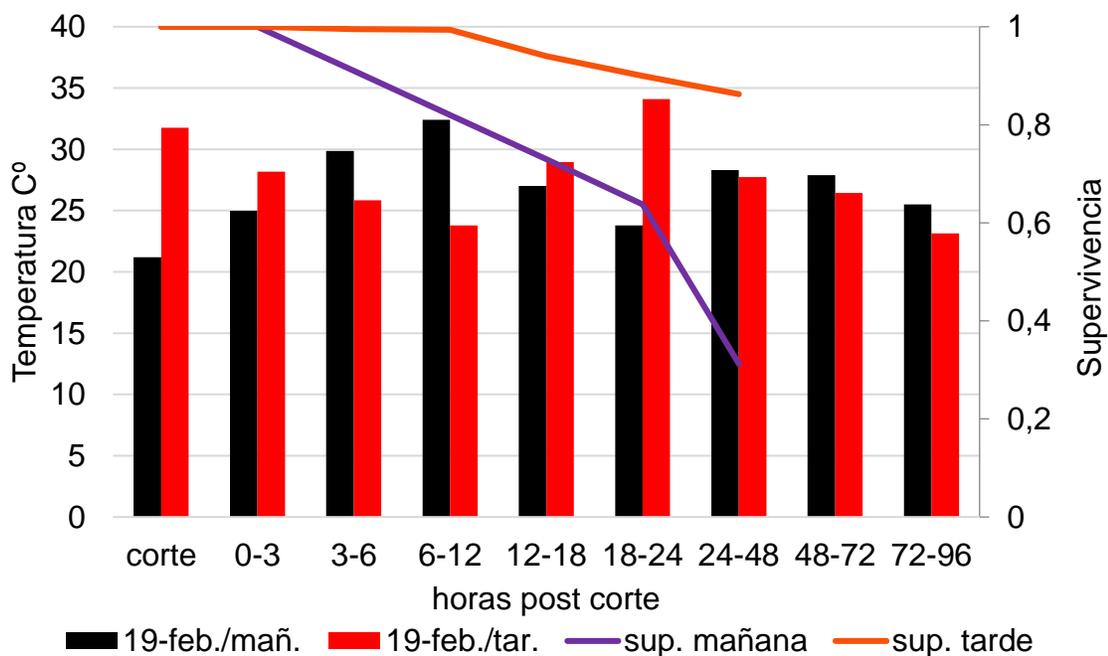


Para el corte del 21 y 31 de enero, y el 19 de febrero de mañana la hora del corte fue a las 6:00 h mientras que el corte vespertino del 19 de febrero fue a las 18:00 h.

Figura No. 9. Temperaturas medias promedio ambiente a distintos intervalos de tiempo

En los 3 cortes realizados en la mañana, la evolución de la temperatura como es de esperar sigue la misma tendencia, aunque es notorio que el 19 de febrero (barra negra) la temperatura durante las primeras 96 h fue superior que en los cortes previos. Ese mismo día se realizó otro corte en la tarde, dentro del experimento 4, representado en la barra roja, donde la temperatura claramente tiene la evolución contraria, ya que dentro de las primeras 12 h post corte se encontraba de noche, aspecto sustancial a la hora de interpretar los datos obtenidos del análisis de resultados expuestos más adelante.

Para este último experimento se propone comparar la supervivencia obtenida con la temperatura que había al momento del corte y su evolución a lo largo de las 96 h post corte. Esto se grafica a continuación en la siguiente figura.



Nótese la importante caída en la curva de supervivencia correspondiente al corte matutino dentro de las primeras 48 h. Cabe aclarar que las mediciones en ese periodo fueron a las 24 h y 48 h post corte para ese tratamiento.

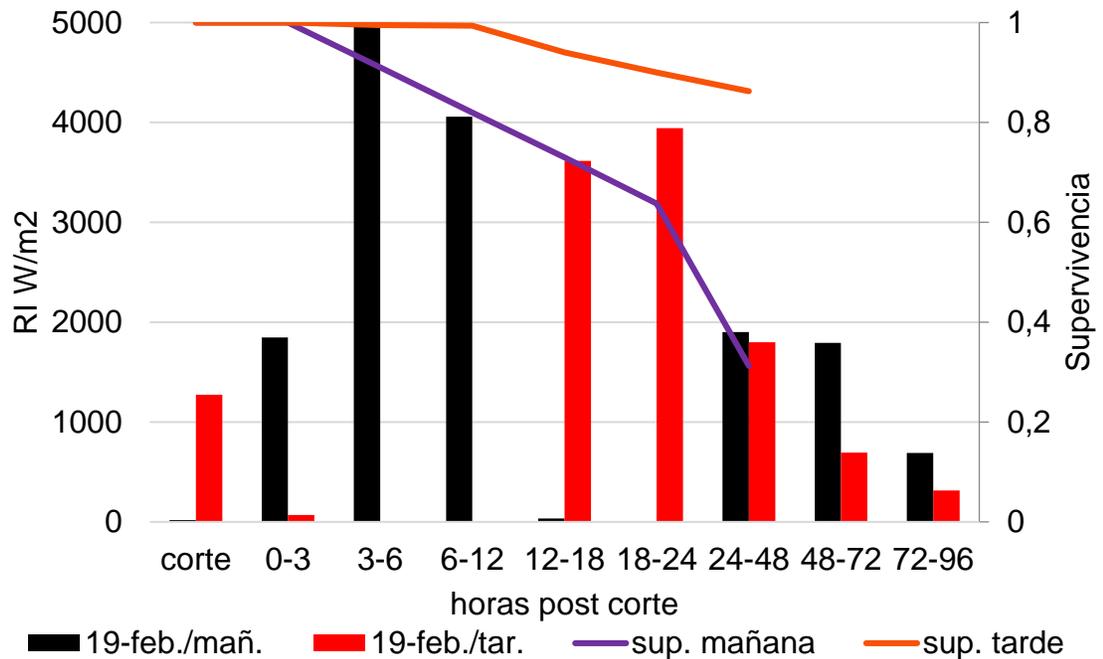
Figura No. 10. Temperaturas del aire y supervivencia dentro de las primeras 96 h post corte para el experimento 4

Como se visualiza en las Figuras No. 9 y No. 10 la temperatura al momento del corte y en las siguientes tres horas es mayor en la tarde. Aun así, la evolución de la misma en este caso es descendente durante las primeras 12 h mientras que para el corte de la mañana es ascendente lo cual es esperable debido al momento del día y radiación incidente. Comparando lo anterior con la curva de supervivencia se puede interpretar que uno de los factores relevantes en definir la supervivencia de los macollos es la temperatura en el período de 12 h posteriores al corte.

#### 4.1.2 Radiación

La radiación es un parámetro que incide directamente sobre la temperatura, por tanto, también sobre la respiración y el consumo de reservas (Formoso, 2010), pudiendo incidir en la sobrevivencia de macollos.

Los experimentos tres y cuatro tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la sombra sobre la supervivencia de macollos. Para correlacionar ambos parámetros (radiación y supervivencia) se presenta la siguiente figura.



Nótese que las primeras 12 horas en uno de los casos transcurrieron en el día y en el otro en la noche.

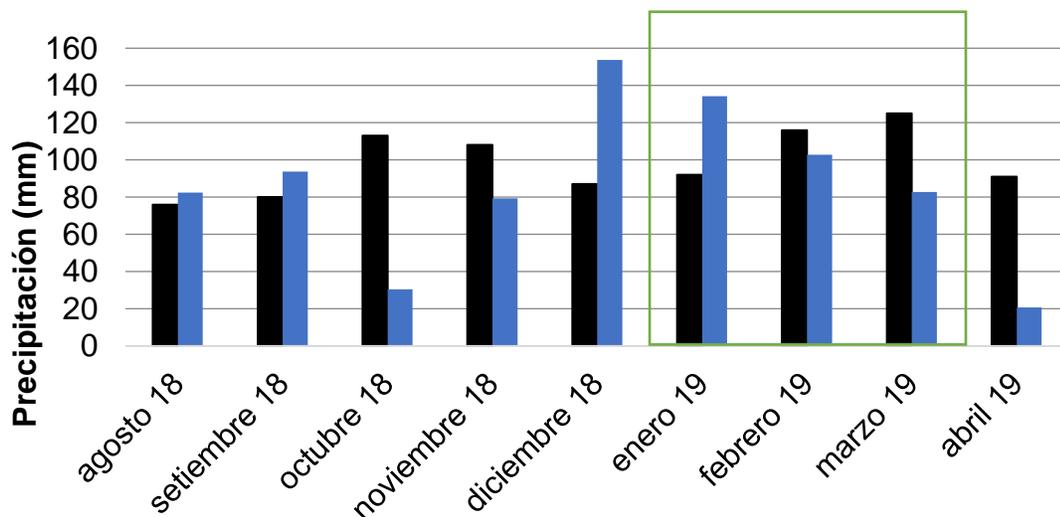
Figura No. 11 Radiación incidente y supervivencia dentro de las primeras 96 h post corte para el experimento 4

Al comparar esta figura con la anterior (Figuras No.11 y No. 10) se puede observar cómo al momento del corte vespertino, y en las siguientes 3 h inmediatas al mismo, las temperaturas fueron más altas que en el corte matutino.

Al observar la radiación, como es esperable, se aprecia menor radiación al momento del corte de la mañana con una evolución creciente en el correr del día que, en el corte de la tarde, donde la misma si bien fue mayor al momento del corte, fue descendiendo rápidamente a medida que se hacía la noche, a tal punto de que a las 3 h posteriores al corte los macollos no recibían radiación.

#### 4.1.3 Precipitación y balance hídrico

Durante diciembre (mes previo al inicio del experimento) se dio una elevada precipitación efectiva mensual, por lo cual el ensayo se comenzó con un alto nivel de humedad en el suelo, a su vez, durante el mes de enero también hubo precipitaciones por encima de la media histórica, determinando un año atípicamente húmedo en relación al promedio histórico (Figura No. 12).

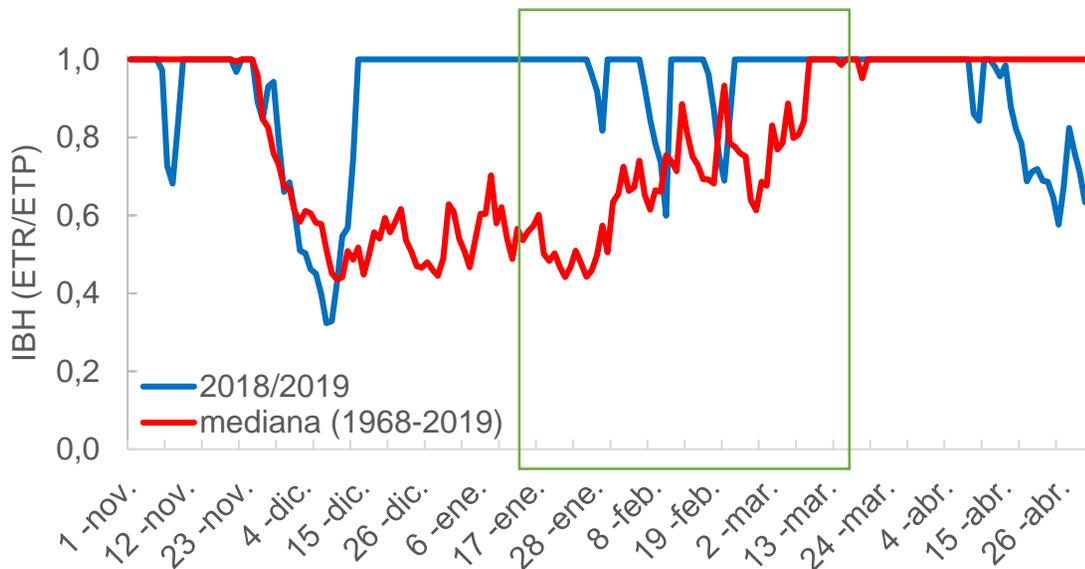


El recuadro verde indica el período experimental.

Figura No. 12. Precipitación efectiva acumulada mensual para el período agosto 2018-abril 2019 (barras celestes) y para el promedio histórico 1961 - 1990 de los mismos meses (barras negras)

Fuente: INIA (2020).

Como consecuencia de los niveles y distribución de precipitaciones, el período experimental efectivamente transcurrió prácticamente sin estrés hídrico para las plantas. La evolución del IBH estuvo siempre por encima de 0,4 (Figura No. 13), valor identificado como crítico para festuca (Errecart et al., 2020). De esta manera, no hubo las condiciones típicas de estrés hídrico que usualmente se verifican entre diciembre y febrero, sino todo lo contrario, ya que el IBH estuvo casi continuamente en valores cercanos a 1 los que permitió iniciar y transcurrir el experimento con condiciones en las cuales la pastura se encuentra con valores de transpiración cercanos a la demanda potencial.



El recuadro verde indica el período experimental.

Figura No. 13. Comparación del índice de bienestar hídrico (IBH) para el período de noviembre 2018-abril 2019 vs. la mediana de la serie histórica 1968-2019 para los mismos meses

Fuente: INIA (2020).

De esta manera, las condiciones de manejo de nutrientes y de ambiente climático en las que se desarrolló el experimento permiten asegurar que las respuestas observadas en supervivencia descritas a continuación no pueden adjudicarse a efectos nutricionales ni hídricos, lo cual simplifica su interpretación.

## 4.2 SUPERVIVENCIA ESTIVAL DE MACOLLOS

### 4.2.1 Efecto de la frecuencia de cortes en primavera (experimento 1)

Los resultados del ANAVA (ver Anexo No. 7), indicaron que no hubo interacción entre tiempo y tratamiento ( $p > 0,05$ ), y que tampoco hubo efecto de tratamiento ( $p > 0,05$ ). Es decir, al contrastarse la supervivencia de macollos entre plantas que habían sido defoliadas cada 1,5 intervalos de aparición de hojas vs. cada 2,5 intervalos de aparición de hojas durante la primavera, los resultados indican que el manejo de cortes más frecuentes en primavera no tuvo un efecto marcado en la supervivencia estival. Aunque la mayor frecuencia de defoliación

estuvo asociada a un 10 % - 15 % menos de supervivencia, esta diferencia no fue detectada como estadísticamente significativa en el ANAVA ( $p > 0,05$ ).

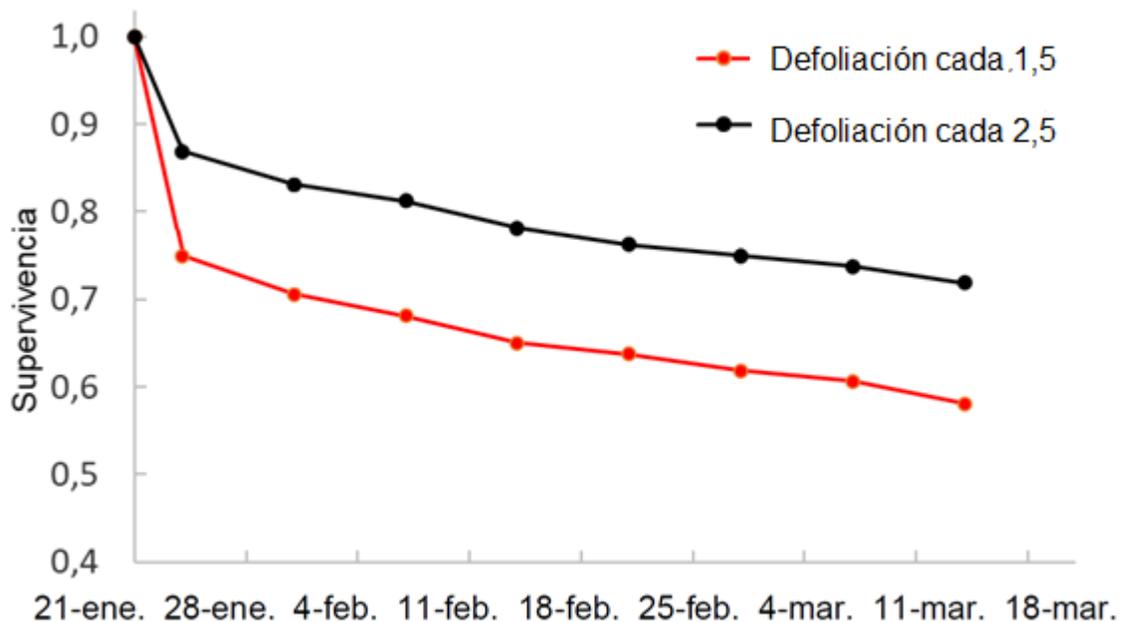


Figura No. 14. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm a plantas que durante la primavera habían sido defoliadas cada 1,5 o cada 2,5 intervalos de aparición de hojas

Estos resultados indicarían que defoliaciones frecuentes durante la primavera, orientadas a controlar el desarrollo reproductivo (Jauregui et al. 2017, Scheneiter et al. 2019) no tendrían mayores consecuencias para la persistencia de la pastura.

Esto contrasta con lo hallado por Fulkerson y Donaghy (2001) para raigrás perenne en ambientes templados, quienes mencionan que defoliaciones frecuentes, previo a la aparición de segunda hoja, conducen a una disminución en la supervivencia de macollos. Los mismos autores hacen hincapié en el status de reservas de carbohidratos solubles como determinante de la persistencia. Teniendo en cuenta que intervalos cortos entre cortes (ie. altas frecuencias) originan menor disponibilidad de carbohidratos por falta de área foliar, uno de los motivos por el cual se da esta diferencia de respuesta entre especies podría ser una mayor eficiencia de los tejidos remanentes de festuca en relación a raigrás, lo cual le permitiría una mayor velocidad de recuperación posterior al corte y por ende no agotar su nivel de reservas. También podría deberse a un mejor sistema de reservas por parte de la festuca, o una mayor eficiencia en el uso de las mismas, permitiéndole un mayor lapso de tiempo para su recuperación post corte.

Complementando lo anterior, los resultados obtenidos se alinean con las conclusiones de Matches, citado por Sleper y Buckner (1995), donde se manifiesta que *Festuca arundinacea* presenta gran plasticidad y adaptabilidad admitiendo defoliaciones intensas y relativamente frecuentes.

Una tercera alternativa sería que la supervivencia estival de festuca en ambientes subtropicales, a diferencia de raigrás en ambientes templados, no está controlada principalmente por el balance de carbono de la planta sino por factores abióticos. Esto se exploró en los experimentos 2, 3, y 4.

#### 4.2.2 Efecto de la sombra (experimentos 2 y 3)

La comparación del efecto de sombrear las plantas con pequeñas estructuras de sombrite (ver Anexo No. 4) posterior a las 3 primeras horas sucesivas al corte a 3 cm (experimento 2) arrojó que no hubo efectos estadísticamente significativos en supervivencia. Los resultados del ANAVA indicaron que no hubo interacción entre tiempo y tratamiento ( $p > 0,05$ ), y tampoco hubo efecto de tratamiento ( $p > 0,05$ ). Las plantas sombreadas parecieron tener mejor supervivencia, pero luego de los 15-20 días hubo un notorio cambio en la tendencia y la supervivencia pareció ser más baja en las plantas sombreadas.

Se esperaba que las muertes provocadas por insolación directa y elevada temperatura post corte sea menor en los macollos sombreados. Esto no se verificó en el experimento 2. Por el contrario, la supervivencia comenzó a disminuir a medida que se extendió el período de sombreado, por el importante aumento de muertes a partir de la cuarta fecha de medición (mediados de febrero).

Este comportamiento puede deberse a las condiciones restrictivas de crecimiento, sobre todo por la menor radiación disponible para el correcto funcionamiento de procesos fotosintéticos (Ong y Marshal, 1979), en particular considerando la menor cantidad de horas de sol a medida que transcurrían las mediciones y se acercaba el otoño. Asociada a la muerte de macollos se observó la presencia en algunas plantas de síntomas de podredumbre de tallo y hoja, lo que efectivamente sumó a las muertes de las últimas mediciones, mientras que el testigo no presentaba estos síntomas.

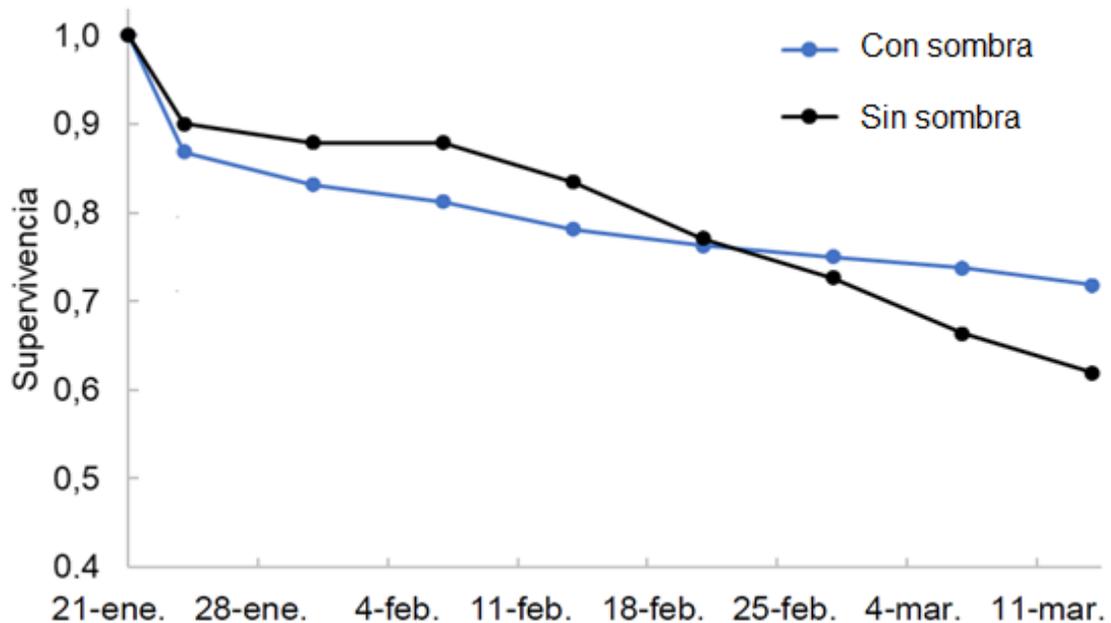


Figura No. 15. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm a plantas que fueron sombreadas entre 1 h y 3 h luego del corte vs. plantas que no fueron sombreadas

Además de la demora en la colocación de las estructuras con sombrite (3 h posterior al corte aprox.), en el experimento 2 no se logró generar una sombra continua y uniforme sobre todos los macollos marcados a medida que la luz solar incidía desde distintos ángulos a lo largo del día. Esto se debió a que las estructuras con sombrite no eran lo suficientemente amplias como para cubrir enteramente los dos entresurcos a cada lado de las líneas de macollos marcados, y también dejaban pequeñas áreas sin sombrear entre unas y otras.

Con el fin lograr un sombreado más efectivo, en el experimento 3 se colocó una malla de sombra que cubría enteramente el área de macollos marcados inmediatamente antes del corte a 3 cm. A diferencia de lo observado en el experimento 2, en este caso la supervivencia fue notoriamente mayor (y mucho menos variable) en individuos sombreados que en el tratamiento sin sombra (Figura No. 16).

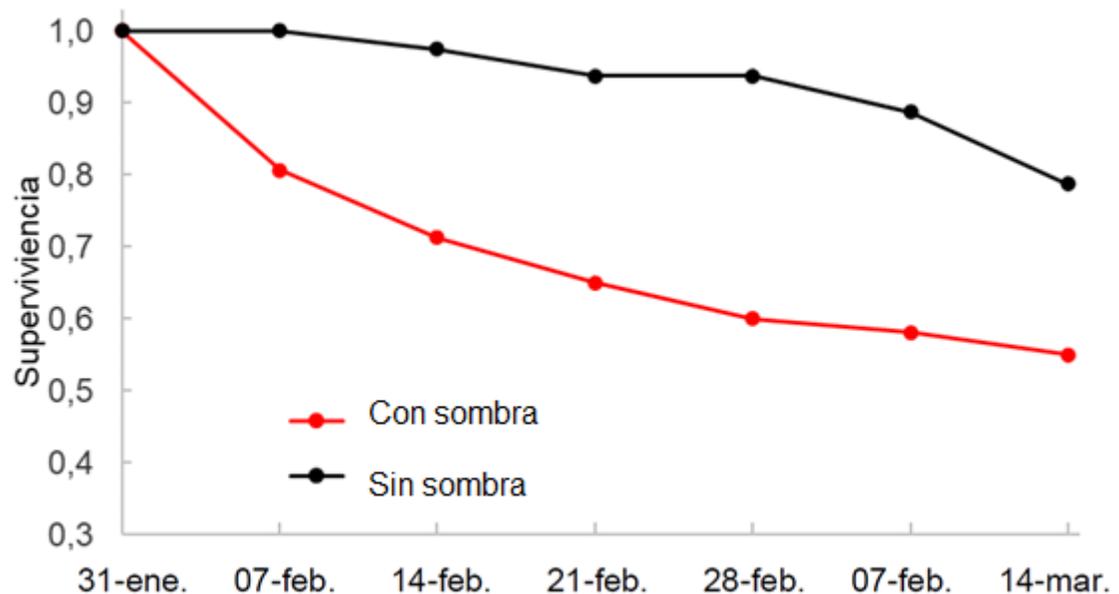


Figura No. 16. Evolución de la supervivencia de macollos vivos (supervivencia) luego de un corte a 3 cm a plantas que fueron sombreadas inmediatamente antes del corte vs. plantas que no fueron sombreadas

Los resultados del análisis con modelo mixto indicaron una interacción entre tiempo y tratamiento ( $p < 0,05$ ). Al analizar fecha a fecha, se observó que existen diferencias estadísticamente significativas en todas las fechas.

Es preciso cuestionarse por qué las respuestas de los experimentos 2 y 3 fueron tan diferentes si los tratamientos eran muy similares. Para esto es fundamental hacer hincapié en las diferencias entre tratamientos, por lo que obviando la fecha de realización de cada uno (justificado por condiciones climáticas similares) y la estructura del sombrite utilizado, se encuentra que lo que realmente cambió entre uno y otro es el momento del sombreado, debido a que uno se demoró en sombrear cerca de 3 h mientras que el otro se sombreado de manera inmediata previo al corte. Esta apreciación permite interpretar la existencia de un período crítico donde se define en mayor medida la supervivencia de macollos, siendo éste en las horas inmediatas al corte.

Continuando con la discusión del efecto de menor insolación y temperatura sobre la supervivencia estival, se encuentra que los datos obtenidos en este trabajo muestran mayor supervivencia en respuesta a sombreado (Figura No. 16) como a defoliación posterior al período de máxima insolación y temperatura (Figura No. 17). En ambos casos, los resultados sugieren que la supervivencia de festuca está en gran medida relacionada al ambiente térmico inmediatamente luego del corte intenso.

#### 4.2.3 Efecto del momento de corte: matutino vs. vespertino (experimento 4)

Los resultados muestran una contundente significancia del efecto producido por el momento de corte. El análisis con modelo mixto comprobó una interacción entre tiempo y tratamiento ( $p < 0,05$ ), el corte matutino tuvo una menor supervivencia en todo el período experimental, pero la magnitud de la diferencia fue menor en la primer medición realizada 24 h después del corte, al inicio del período experimental (Figura No. 17).

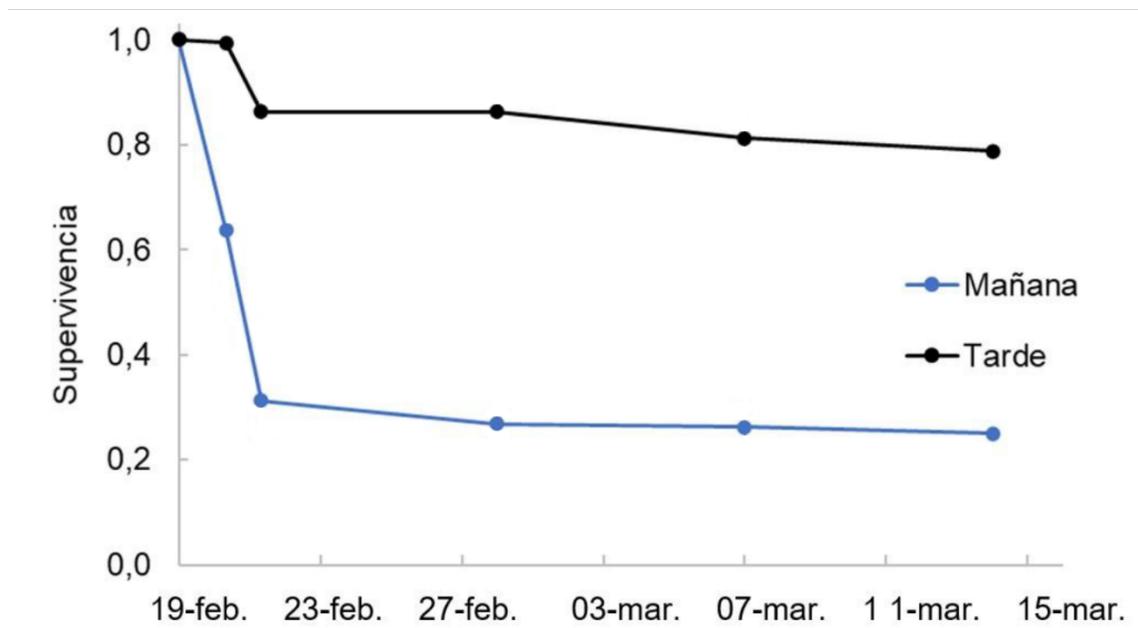


Figura No. 17. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm realizado a las 6:00 y a las 18:00

La caída importante y abrupta en supervivencia observada en el experimento 4 se puede atribuir a que la temperatura máxima el día del corte fue particularmente alta: 32,9 °C, cotejando con la temperatura obtenida de 28,4 °C para el corte del 31/01 (experimento 3) y los 29,2 °C registrados el 21/01 (experimentos 1, 2 y 5).

Se aprecia como la mayor proporción de muertes se da en las primeras horas post corte (24 h y 48 h), lo que en cierta medida respalda lo discutido en el análisis de los experimentos 2 y 3 respecto al período crítico donde se define en mayor medida la supervivencia de macollos.

Con el fin de profundizar en las diferencias obtenidas entre tratamientos, es preciso tener presente los resultados ya presentados (apartado radiación) de

radiación y temperatura para éste experimento, donde se muestra como el tratamiento de la mañana presenta menor temperatura y radiación al momento del corte y como éstos parámetros aumentan en el correr del día, en contraste con el corte de la tarde donde los macollos si bien recibieron mayor radiación y temperatura al momento del corte estos factores tendieron a evolucionar de manera decreciente, determinándose la radiación como el factor que tuvo cambios más considerables para ambos tratamientos sobre todo en las horas inmediatas al corte. Esto respalda una vez más lo discutido respecto a que el momento donde se define en mayor medida la supervivencia de macollos es en las horas inmediatas al corte. A su vez, se está marcando la radiación como el factor mayoritariamente determinante de la supervivencia de macollos, lo cual se reafirma también con las diferencias encontradas entre las respuestas de los experimentos 2 y 3 donde lo que se cambió de manera inmediata al colocar la sombra fue la radiación incidente (ya que la temperatura tiene un cambio más paulatino) y los diferentes momentos de sombreado generaron respuestas muy distintas, mostrando mayor supervivencia donde hubo menor radiación en las horas inmediatas al corte.

Considerando los resultados de los experimentos 3 y 4, este trabajo muestra baja supervivencia cuanto mayor es la radiación incidente post corte. Los datos obtenidos permiten inferir que, en días despejados con elevada radiación incidente y temperatura ambiente, cortes severos causan importante mortandad en poblaciones de macollos de festuca. Esto condicionaría la perennidad de esta especie C3 de clima templado. En ambos casos, los resultados sugieren que la supervivencia de festuca está en gran medida relacionada al ambiente térmico inmediatamente luego del corte intenso.

Jauregui et al. (2017), Scheneiter et al. (2019) ya habían demostrado que la mayor mortandad y disminución de densidad de macollos se da durante los meses de mayor temperatura. Esto concuerda con datos presentados por Cross et al. (2013), quienes postulaban que la disminución de plantas de festuca durante el verano en EE.UU. se ve afectada principalmente por las altas temperaturas, y con Poirier et al. (2012), quienes muestran que la supervivencia de festuca se ve muy poco afectada por déficit hídricos de hasta 400 mm. En condiciones controladas, Du et al. (2008) ya habían hallado también que la supervivencia de festuca es particularmente susceptible a estrés por alta temperatura.

Pero pese a tener evidencias (citadas anteriormente) del rol de las altas temperaturas como causa principal de muertes de macollos, en este trabajo se observó que, la radiación jugó un rol más relevante en la determinación de la supervivencia. Para esto basta con tener presente el experimento 4, donde las muertes resultantes son mayores en el corte matutino, sin embargo, la temperatura es mayor durante el corte realizado en la tarde. En tanto que la

radiación también es mayor en la tarde, pero disminuye rápidamente en las primeras 3 h post corte debido a que oscurece.

La manera, forma y procesos por los cuales la radiación incide en la mortandad de macollos no se estudió en este trabajo, pero se plantea la hipótesis de que se deba a que un corte severo en festuca limita la capacidad de las plantas de disipar el calor mediante la transpiración y además expone la base de las mismas a una mayor intercepción de radiación y temperatura provocando un sobrecalentamiento del macollo, por lo que se plantea que éstas elevaciones de temperatura inducidas en los tejidos de crecimiento sea el causante de la muerte de los mismos.

#### 4.2.4 Efecto del tamaño de macollo (experimento 5)

Para evaluar si la supervivencia estival ante un corte a 3 cm depende del tamaño del macollo se analizaron las respuestas en macollos que durante primavera fueron cortados cada 2,5 intervalos de aparición de hojas a 5 cm o a 8 cm de remanente. Este manejo condujo a diferencias en el tamaño de macollos, que se cuantificó como la longitud de lámina más pseudotallo. Nótese que en el macollo de mayor tamaño marcado para cada uno de los casos hay más de 10 cm de diferencia, aunque las medias se diferencian en 4 cm (Cuadro No. 6). Los resultados del ANAVA confirmaron que el corte a 8 cm durante primavera generó macollos más grandes en verano ( $p < 0,05$ ).

Cuadro No. 6. Comparación de tamaño de macollos medido como la longitud de lámina más pseudo (cm) entre macollos que durante primavera fueron cortados cada 2,5 intervalos de aparición de hojas a 5 cm o a 8 cm

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Desvío estándar</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
corte a 5 cm	26,0 cm	8,00 cm	49,0 cm	7,5 cm
corte a 8 cm	30,0 cm	9,01 cm	60,5 cm	7,0 cm

El manejo menos intenso en primavera dio como resultado macollos sensiblemente más grandes, que mostraron una menor supervivencia. El análisis con modelo mixto mostró una interacción entre tratamiento y tiempo ( $p < 0,05$ ).

Al analizar fecha a fecha, la magnitud de las diferencias nominales y de la variación fueron muy similares a lo largo de todo el período de medición y se observaron diferencias estadísticamente significativas a partir de la tercera y hasta la séptima fechas de medición.

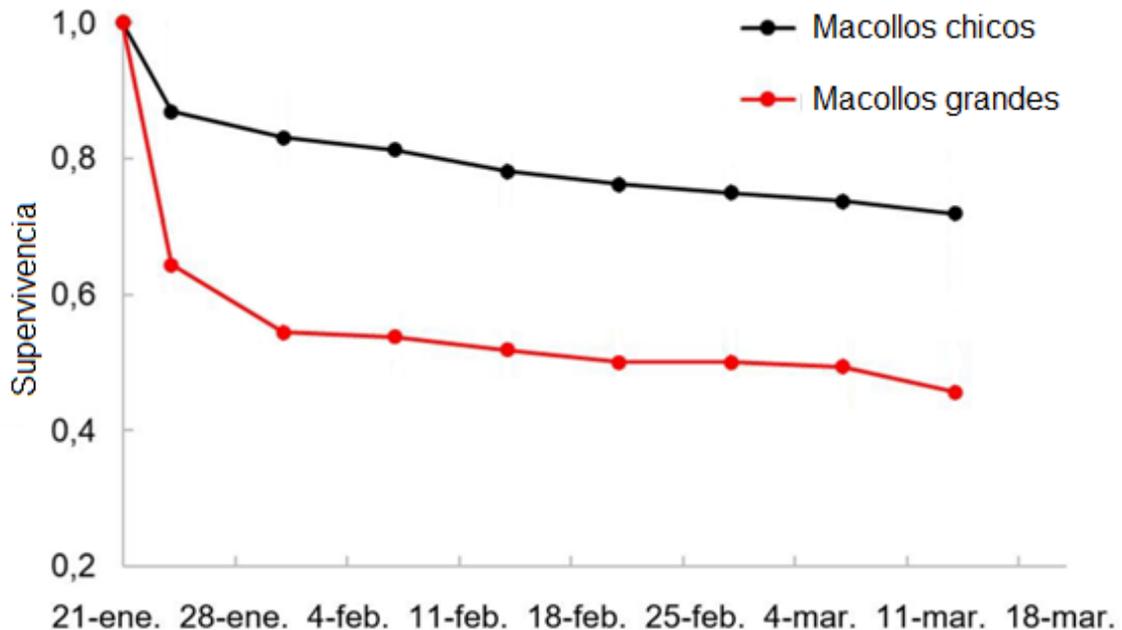


Figura No. 18. Evolución de la supervivencia de macollos vivos luego de un corte a 3 cm en plantas que durante la primavera habían sido defoliadas dejando remanentes de 5 cm (negro) o 8 cm de altura (rojo)

En primera instancia, estos resultados tienden a alinearse con los de Korte et al. (1985), L'Huillier (1987), Hernández Garay et al. (1993), quienes concluyen que un aumento de la supervivencia estival de macollos de *Lolium perenne* en condiciones templadas se logra con mayor intensidad de pastoreo en primavera.

#### 4.2.4.1 Relación entre tamaño macollos y fechas de muertes (re-análisis de datos de experimentos 1, 2, y 5)

La relación entre supervivencia y tamaño de macollo también fue analizada agrupando los macollos de los experimentos 1, 2 y 5 en cuatro categorías según el largo de pseudotallo más lámina de la última hoja completamente expandida (previo al corte a 3 cm); macollos con hojas de menos de 15 cm de longitud, macollos con hojas de entre 15 cm y 25 cm, macollos con hojas de entre 25 cm y 30 cm, y por último macollos con hojas de más de 30 cm de longitud. Luego, se analizaron las tasas de mortandad por fecha y categoría de tamaño (Figura No. 19). Por ejemplo, para la fecha 24/01 se registró un 44% de los 259 macollos muertos durante el período de evaluación, de estos macollos el 5 % corresponden a individuos de menos de 15 cm de longitud de hoja.

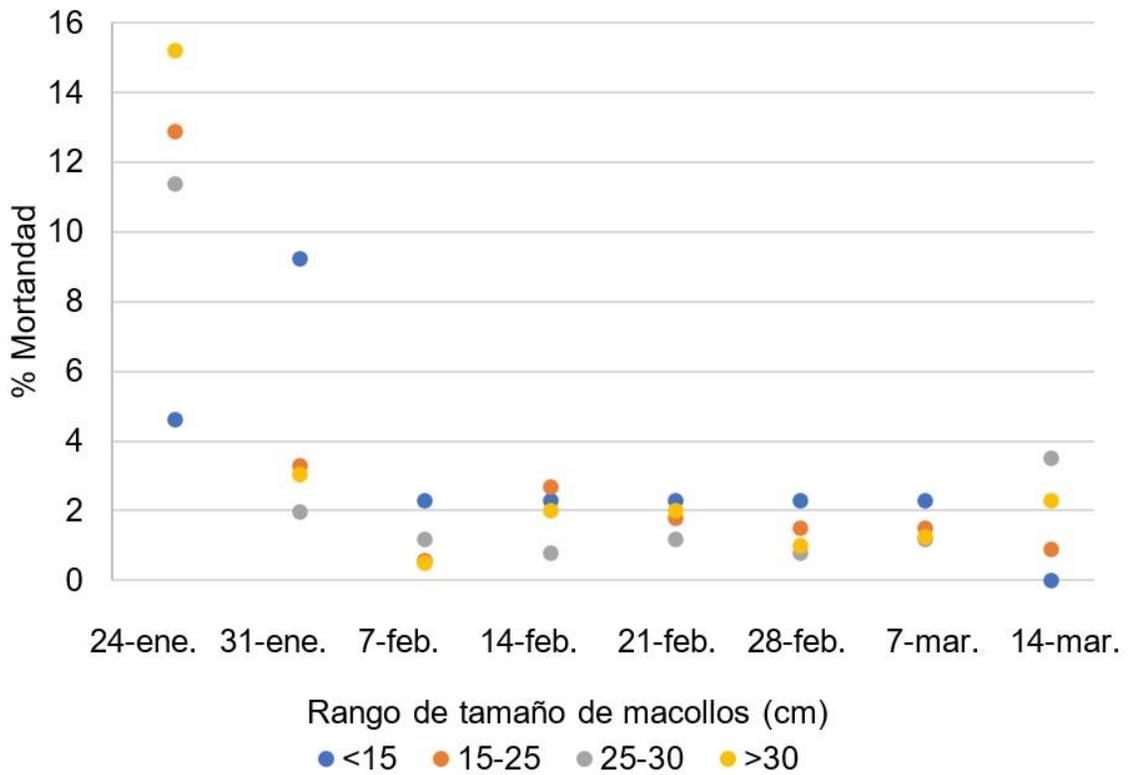


Figura No. 19. Distribución de las muertes registradas, ordenadas por tamaño de macollo. En el eje de las ordenadas el porcentaje de macollos muertos según estrato de tamaño por fecha de medición

Macollos mayores a 15 cm murieron en mayor medida durante la primera semana de evaluación, mientras que macollos menores a 15 cm murieron en mayor medida durante la segunda semana (Figura No. 19), lo que da a interpretar que plantas de menor tamaño tienen una muerte más paulatina, lo cual quizás es un efecto enmascarado del método de medición el cual siendo visual pudo haber generado más duda en aquellos macollos de menor tamaño y generar ese desfase visualizado en la fecha de muerte de los mismos.

## 5. CONCLUSIONES

Este estudio halló evidencia de que cortes más frecuentes en primavera no generan una disminución en la supervivencia estival de macollos de festuca. En consecuencia, una mayor frecuencia de pastoreo primaveral para controlar el desarrollo reproductivo no afectaría la persistencia de la pastura.

La disminución de radiación y temperatura inmediatamente post corte favorecieron la supervivencia de macollos. En consecuencia, el estrés térmico sería un factor importante en mortandad de macollos y por ende en la persistencia de pasturas de festuca. Sin embargo, se identifica a la radiación como el factor determinante en la disminución de la supervivencia, pues esta afecta de manera notoria el número de muertes en las primeras horas (3 h a 12 h).

No se obtuvieron datos concluyentes respecto al efecto del tamaño de macollo sobre la supervivencia estival. Aun así, se aprecia una tendencia a que plantas de menor tamaño (ie. producto de un manejo primaveral más intenso) tengan un mejor desempeño en respuesta a cortes intensos en verano.

## 6. RESUMEN

La incorporación de especies forrajeras perennes en el Uruguay se ha ido masificando en los sistemas agropecuarios, sin embargo, se ve limitada por su baja persistencia. Una de las especies de mayor utilización es *Festuca arundinacea*. Con esta especie de gramínea templada de ciclo C3, se diseñó un experimento para evaluar las respuestas en supervivencia, bajo una defoliación severa (3 cm) en la estación estival (2019), dependiendo del manejo preexistente, llevado a cabo en la primavera anterior (2018), con tres tipos de cortes, en frecuencia e intensidad. Se compararon 2 tipos de frecuencias de corte primaveral, a 1,5 hojas y 2,5 hojas; y 2 intensidades, a 5 cm y 8 cm de altura de remanente, además de la incorporación de sombra post corte para modificar la condición de temperatura y radiación. El diseño experimental involucró la identificación de 640 macollos, a los cuales se les midió la longitud de la última hoja completamente expandida. Posterior al corte con 3 cm de remanente, se cuantificó el número de muertes de macollos cada 7 días en un total de 8 mediciones, registrándose en cada una de estas la identificación de los macollos muertos con el fin de encontrar una correlación entre la supervivencia y los distintos tratamientos teniendo en cuenta el tamaño de macollo. Para lograr el efecto de sombreado se diseñaron dos experimentos utilizando mallas de sombra artificial, mientras que el tercer experimento para evaluar las condiciones de luz y temperatura consistió en dos cortes en el mismo día (uno de mañana temprano y otro en la tarde). Obtenidos los resultados se analizaron y quedó a la vista de que la diferencia en la intensidad de pastoreo si genera cambios en la morfología de estas plantas, provocando una menor supervivencia en los manejos menos intensivos de primavera, no así en las distintas frecuencias de defoliaciones. Considerando todos los tratamientos no se concluyó que existiera diferencias en el efecto del tamaño de macollos y los momentos de muertes. En cuanto al efecto de menor insolación debido al sombreado y/o momento de corte, según la hora del día, se encontró que la disminución de radiación inmediata al corte favorece la supervivencia de la pastura, no siendo así si esta condición se mantiene en el tiempo.

Palabras clave: *Festuca arundinacea*; Supervivencia; Persistencia; Macollos; Intensidad y frecuencia de pastoreo.

## 7. SUMMARY

The incorporation of perennial forage species in Uruguay has been becoming more widespread in agricultural systems, however, it is limited by its low persistence. One of the most commonly used species is *Festuca arundinacea*. With this species of temperate grass of the C3 cycle, an experiment was designed to evaluate the responses in survival, under severe defoliation (3 cm) in the summer season (2019), depending on the preexisting management, carried out in the previous spring (2018), with three types of cuts, in frequency and intensity. Two types of spring cut frequencies were compared, at 1,5 feal and 2,5 feal; and 2 intensities at 5 cm and 8 cm high in the remnant, in addition to the incorporation of post cut shadow to modify the temperature and radiation condition. The experimental design involved the identification of 640 tillers, which were measured the length of the last fully expanded leaf, after the cut with 3 cm of remnant, the number of deaths of tillers every 7 days was quantified in a total of 8 measurements, registering in each one of these the identification of death tillering in order to find a correlation between survival and the different treatments taking into account the size of the tiller. To achieve the shading effect, two experiments were designed using artificial shade meshes, while the third experiment to evaluate the light and temperature conditions consisted of two cuts on the same day (one in the early morning and another in the afternoon). Once the results were obtained, they were analyzed and it was clear that the difference in the intensity of grazing does generate changes in the morphology of these plants, causing a lower survival in the less intensive spring management, not in the different frequencies of defoliation. Considering all the treatments, it was not concluded that there were differences in the effect of the size of tillers and the moments of death. Regarding the effect of less heat stroke due to shading and / or cutting time, depending on the time of day, is was found the decrease in radiation immediately after cutting favors the survival of the pasture, not being the case if this condition is maintained in the time.

Keywords: *Festuca arundinacea*; Survival; Persistence; Tillers; Grazing intensity and frequency.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome, FAO. 299 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper no. 56).
2. Arce, P. M.; Fernández, F. P.; Riccetto, A. S. 2013. Respuesta estival de *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Pennisetum purpureum* cv Mottal riego suplementario. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 97 p.
3. Ayala, W.; Larratea, F.; Herken, G.; Olano, I.; Ruete, R. 2017. Rol de la festuca en los sistemas ganaderos del este del país. In: Día de Campo de la Unidad Experimental Palo a Pique (3º., 2017, Treinta y Tres). Rol de la genética en los sistemas ganaderos. Montevideo, INIA. pp. 23-25.
4. Barnes, R.; Miller, D.; Nelson, C. 1995. Characteristics of forrage species. In: Barnes, R.; Miller, D.; Nelson, C. eds. Forages: an introduction to grassland agriculture. 5<sup>th</sup>. ed. Ames, Iowa, Iowa State University. v.1, pp. 346-516.
5. Bossi, J.; Ferrando, R. 2001. Carta geológica. Montevideo, MIEM.DINAMIGE. Esc. 1:500000.
6. Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitschmidt, R. K.; Stuth, J. W. eds. Grazing management : an ecological perspective. Portland, USA, Timber. pp. 85-108.
7. Carámbula, M. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
8. \_\_\_\_\_. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. t.1, 186 p.
9. Cardozo, G.; Uribe, E.; Chilibroste, P. 2010. Evaluación de indicadores de sustentabilidad en sistemas pastoriles de producción de leche en el litoral oeste del Uruguay. Revista Argentina de Producción Animal. 30(1):153-155.

10. Casal, J. J.; Sanchez, R.; Deregibus, V. A. 1987. Tillering response of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far red ratio typical of sparse canopies. *Journal of Experimental Botany*. 38(9):1432-1439.
11. Chilibroste, P.; Meikle, A.; Mattiauda, D. A.; Bentancur, O.; Soca, P. 2010. The American Holstein Dairy Cow During Early Lactation: grazer or Browser? *In*: Machado, C.; Wade, M.; Carneiro Da Silva, S.; Agnusdei, M.; De Faccio Carvalho, P.; Morris, S.; Beskow, W. eds. An overview of research and pastoral-based system in the Southern part of South America. Tandil, República Argentina, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. pp. 154-167.
12. Colvill, K. E.; Marshall, C. 1984. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Annals of Applied Biology*. 104(3):543-557.
13. Costa, N. de L. 1991. Efeito da altura e freqüência de corte sobre a produção de forragem, composição química e perfilhamento do capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina). *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (27<sup>a.</sup>, 1991, João Pessoa). Anais. João Pessoa, SBZ. pp. 46-58.
14. \_\_\_\_\_; Paulino, V. T. 1999. Avaliação agrônômica de genótipos de *Brachiaria humidicola* em diferentes idades de corte. *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (36<sup>a.</sup>, 1999, Porto Alegre, Brazil). Trabalhos apresentados. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. pp. 68-71
15. \_\_\_\_\_; Townsend, C. R.; Magalhães, J. A.; Oliveira, J. R. da C. 2003. Avaliação agrônômica de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em diferentes idades de corte. Porto Velho, EMBRAPA Rondônia. pp. 1-4 (Comunicado Técnico no. 238).
16. \_\_\_\_\_; Magalhaes, J. A.; Ramalho, C.; Tadeu, V. 2004. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. Porto Velho, EMBRAPA Rondônia. pp. 9-10.
17. Cross, J. W.; Bonos, S. A.; Huang, B.; Meyer, W. A. 2013. Evaluation of heat and drought as components of summer stress on tall fescue genotypes. *Hortscience*. 48(12):1562-1567.

18. Cruz, G.; Munka, G.; Pedocchi, R. 2000. Caracterización agroclimática de la región litoral centro Oeste de la República Oriental del Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 4(1):87-92.
  
19. Du, H.; Wang, Z.; Huang, B. 2008. Differential responses of tall fescue and zoysiagrass to heat and drought stress. (en línea). In: International Conference on Turfgrass Science and Management for Sports Fields (2<sup>nd</sup>, 2008, Leuven, Belgium). Proceedings. *Acta Horticulturae*. no. 783:207-214. Consultado 15 dic. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.783.20>
  
20. Errecart, P. M.; Marino, A.; Agnusdei, M.; Lattanzi, F.; Durandc, J. 2020. The intensity of water stress dictates whether the N status of temperate-type perennial grass swards is affected by drought. *Field Crops Research*. 257:1-16.
  
21. Formoso, F. 2010. *Festuca arundinacea*: manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 200 p. (Serie Técnica no. 182).
  
22. 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. *Journal of Experimental Agriculture*. 41:261-275.
  
23. Hendriks, S.J.; Donaghy, D. J.; Matthew, C.; Bretherton, M. R.; Sneddon, N. W.; Cosgrove, G. P.; Christensen, C. L.; Kaufononga, S.; Howes, J.; Osborne, M. A.; Taylor, P.S.; Hedley, M. J. 2016. Dry matter yield, nutritive value and tiller density of tall fescue and perennial ryegrass swards under grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 60(4):363-375.
  
24. Hernández, Garay, A.; Hodgson, J.; Matthew, C. 1993. Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/white clover pasture. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* . 55(133):133-136.
  
25. Hoen, K. 1968. The effect of plant size and developmental stage on summer survival of some perennial grasses. *Animal Production Science*. 8(31):190-196.

26. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2019. Estadística de semillas. (en línea). s.l. s.p. Consultado 7 oct. 2019. Disponible en <https://www.inase.uy/Estadistica/>
27. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2020. Banco de datos agroclimático. (en línea). La Estanzuela. s.p. Consultado 2 feb. 2020. Disponible en <https://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
28. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2015. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 7 oct. 2019. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
29. Jiang, Y.; Huang, B. 2001. Physiological responses to heat stress alone or in combination with drought: a comparison between tall fescue and perennial ryegrass. *Hortscience*. 36(4):682-686.
30. Kaufononga, S.; Donaghy, D. J.; Hendriks, S. J.; Matthew, C.; Kemp, P. D.; Cranston, L. M. 2017. Comparative response of tall fescue and perennial ryegrass swards to variation in defoliation interval and height, *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 60(4):363-375.
31. Kemp, P. D.; Tavakoli, H.; Hodgson, J. 2001. Physiological and morphological responses of tall fescue and perennial ryegrass to leaf defoliation. In: *Australian Agronomy Conference (29<sup>th</sup>, 2001, Hobart, Tasmania)*. Proceedings. Hobart, Tasmania, Agronomy Society of Australia. pp. 1600-1730.
32. Kloster, A. M.; Beltram, N. A.; Chiacchiera, S.; Amigone, M. A.; Garis, M. H. 2009. Efectos del intervalo de las defoliaciones otoño-invernal y la fertilización nitrogenada en asociación de festuca y alfalfa. *Revista Argentina de Producción Animal*. 29 (supl. 1):540-543.
33. Korte, C. J.; Watkin, B. R.; Harris, W. 1984. Effects of the timing and intensity of spring grazings on reproductive development, tillering, and herbage production of perennial ryegrass dominant pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 27(2):135-149.
34. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1985. Tillering in 'Grasslands Nui' perennial ryegrass swards 1. Effect of cutting treatments on tiller appearance and longevity, relationship between tiller age and

weight, and herbage production. New Zealand Journal of Agricultural Research. 28(4):437-447.

35. L'Huillier, P. J. 1987. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. New Zealand Journal of Agricultural Research. 30(1):15-22.
36. Langworthy, A. D.; Rawnsley, R. P.; Freeman, M. J.; Corkrey, R.; Pembleton, K. G.; Harrison, M. T.; Henry, D. A. 2019a. Effect of stubble height and irrigation management on the growth, botanical composition and persistence of perennial ryegrass, tall fescue and chicory swards in cool-temperate Tasmania. Crop and Pasture Science. 70(2):169-182.
37. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.  
2019b. Effect of stubble-height management on crown temperature of perennial ryegrass, tall fescue and chicory. Crop and Pasture Science. 70(2):183-194.
38. Mc callum, M. H.; Kirkegaard, J. A.; Green, T. W.; Cresswell, H. P.; Davies, S. L.; Angus, J. F.; Peoples, M. B. 2004. Improved subsoil macroporosity following perennial pastures. Animal Production Science. 44(3):299-307.
39. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de suelos. Montevideo. t.3, 452 p.
40. Matthew, C. 2002. Translocation from flowering to daughter tillers in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Crop and Pasture Science. 53(1):21-28.
41. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadística Agropecuaria, UY). 2018. Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo. 211 p.
42. Michellini, D. 2016. Persistencia de festuca (*Festuca arundinacea* Schreb): dinámica poblacional estival en pasturas con diferente desarrollo reproductivo. Tesis Ing. Agr. MSc. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.

43. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay: segunda aproximación. (en línea). Montevideo, Uruguay, MGAP. 7 p. Consultado 01 nov. 2019. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807174344.pdf>
44. Ong, C. K.; Marshall, C.; Saoar, G. R. 1978. The physiology of tiller death in grasses. 2. Causes of tiller death in a grass sward. *Grass and Forage Science*. 33(3):205-211.
45. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 1979. The growth and survival of severely-shaded tillers in *Lolium perenne* L. *Annals of Botany*. 43:147-155.
46. Peacock, J. M. 1975. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. The thermal microclimate, its measurement and relation to crop growth. *Journal of Applied Ecology*. 12:99-114.
47. Petrasovits, I. 1990. General review on drought strategies. In: International Congress on Irrigation and Drainage (14<sup>th</sup>., 1990, Rio de Janeiro, Brazil). Proceedings. Rio de Janeiro, Brazil, International Commission on Irrigation and Drainagepp. pp. 1-11.
48. PGG Wrightson Seeds, UY. 2019. Pasturas. Gramíneas perennes. Festuca. (en línea). s.l. s.p. Consultado 07 oct. 2019. Disponible en <https://www.pgw.com.uy/pasturas/gramineas/perennes/festuca/35/inia-fortuna/>
49. Poirier, M., Durand, J. L.; Volaire, F. 2012. Persistence and production of perennial grasses under water deficits and extreme temperatures: importance of intraspecific vs. interspecific variability. *Global Change Biology*. 18(12):3632-3646.
50. Robson, M. J.; Ryle, G.J.A.; Woledge, J. 1988. The grass plant, its form and function. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. The grass crop: the physiological basis of production. London, UK, Chapman and Hall. cap. 2, pp. 25-83.
51. Saldanha, S.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M. 2010. Intensidad de pastoreo sobre la estructura de una pastura de *Lolium perenne* cv Horizon. *Agrociencia* (Uruguay). 14(1):44-54.

52. Scheneiter, O. J.; Améndola, C. 2012. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. *Grass and Forage Science*. 67(3):426-436.
53. \_\_\_\_\_.; Camarasa , J. N.; Aperlo, D.; Ferrari, M. A; Nalino, M. 2019. Post-grazing cutting management in tall fescue affects the sward structure, forage and liveweight production. *Grass and Forage Science*. 74 (3):1-9.
54. Schiller, J. M.; Lazenby, A. 1975. Yield performance of tall fescue (*Festuca arundinacea*) populations on the Northern Tableland of New South Wales. *Animal Production Science*. 15(74):391 - 399.
55. Sleper, D. A.; Buckner, C. R. 1995. Fescues. In: Barnes, R.; Mille, D.; Nelson, C. eds. *Forages: an introduction to grassland agriculture*. 5<sup>th</sup>. ed. Ames, Iowa. Iowa State University. v.1, pp. 345-356.
56. Stork, P. R.; Jerie, P. H. 2003. Initial studies of the growth, nitrogen sequestering, and de-watering potential of perennial grass selections for use as nitrogen catch crops in orchards. *Crop and Pasture Science*. 54(1):27-37.
57. UdelaR. FA (Universidad de la República. Facultad de Agronomía, UY). 2018. *Morfofisiología de gramíneas: meristemas basales*. Montevideo. s.p.

## 9. ANEXOS

Anexo No. 1. Serie climatológica histórica (1961 – 1990)

Mes	R.R.	H.R.	T. med.	T. máx.	T. mín.
enero	92	70	23,7	27,3	19,2
febrero	116	73	22,9	27,2	18,8
marzo	125	74	21,2	25,4	17,2
abril	91	77	17,9	21,7	14,3
mayo	78	79	14,8	18,3	11,4
junio	66	81	11,7	14,9	8,7
julio	69	79	11,4	14,6	8,1
agosto	76	78	12,2	16	8,9
setiembre	80	75	14,1	18	10,3
octubre	113	74	16,8	20,9	12,8
noviembre	108	72	19,5	23,8	15
diciembre	87	69	22,3	26,7	17,6
anual	1099	75	17,4	21,2	13,5

Anexo No. 2. Foto del sensor (temperatura y humedad)



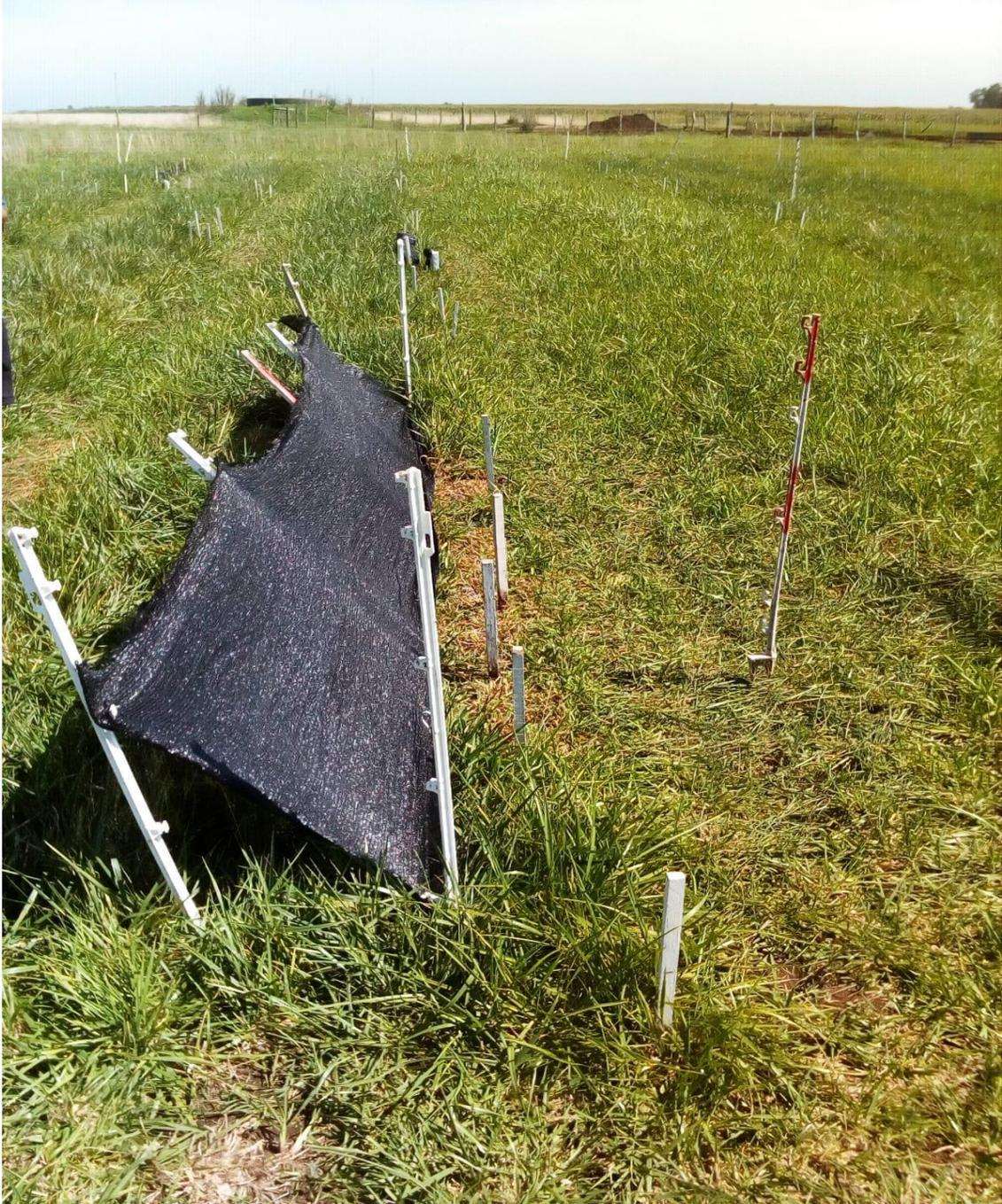
Anexo No. 3. Foto parcelas



Anexo No. 4. Foto sombrite



Anexo No. 5. Foto malla de sombra



Anexo No. 6. Variables agrometeorológicas

---

**Promedio histórico de temp. (°C) (serie 1961 – 1990)**

<b>Fecha</b>	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Media de todo el período</b>		
<b>enero</b>	23,7	27,3	19,2	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>
<b>febrero</b>	22,9	27,2	18,8	22,60	26,63	18,40
<b>marzo</b>	21,2	25,4	17,2			

---

---

**Promedio gral. de temperaturas (trat. s/s) (°C)**

<b>Fecha</b>	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Media de todo el período</b>		
<b>enero</b>	27,2	32,0	23,7	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>
<b>febrero</b>	24,9	30,0	21,2	24,40	28,67	21,22
<b>marzo</b>	21,0	24,0	18,7			

---

Sensores 5 cm debajo de la superficie.

---

**Promedio gral. de temperaturas (trat. c/s) (°C)**

<b>Fecha</b>	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Media de todo el período</b>		
<b>enero</b>	25,9	29,0	23,3	<b>Media</b>	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>
<b>febrero</b>	23,6	27,4	20,6	23,33	26,51	21,12
<b>marzo</b>	20,5	23,2	19,4			

---

Sensores 5 cm debajo de la superficie.

BH, IBH y ETP para período previo a experimento (año 2018)

BH: Elcida Paullier - Las Brujas (2018)

APDN 136,7 mm

Fecha	P	ETP	P-ETP	Alm.	Var. alm.	ETR	Def.	Exc.	Balance	IBH
ene.	101	184,9	-83,9	29,4	-24,9	125,9	59	0	-59	0,7
feb.	60,6	147,4	-86,8	15,6	-13,8	74,4	73	0	-73	0,5
mar.	103,1	123	-19,9	13,5	-2	105,2	17,8	0	-17,8	0,9
abr.	103,8	59,7	44,1	57,6	44,1	59,7	0	0	0	1,0
may.	124,1	31	93,1	136,7	79,1	31	0	14	14	1,0
jun.	11,5	17,6	-6,1	130,7	-6	17,5	0	0	0	1,0
jul.	100,5	20	80,5	136,7	6	20	0	74,5	74,5	1,0
ago.	72,5	39,8	32,7	136,7	0	39,8	0	32,7	32,7	1,0
set.	72,9	64,7	8,2	136,7	0	64,7	0	8,2	8,2	1,0
oct.	30,5	90,9	-60,4	87,9	-48,8	79,3	11,6	0	-11,6	0,9
nov.	67	120,5	-53,5	59,4	-28,5	95,5	25	0	-25	0,8
dic.	127,1	139,5	-12,4	54,3	-5	132,3	7,2	0	-7,2	0,9

Contenido volumétrico de agua por día para el período 21/1/19 - 31/3/19

Promedio de dos sensores (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> VWC)							
<b>21/1/2019</b>	0,23	<b>11/2/2019</b>	0,26	<b>4/3/2019</b>	0,26	<b>25/3/2019</b>	0,26
<b>22/1/2019</b>	0,23	<b>12/2/2019</b>	0,26	<b>5/3/2019</b>	0,27	<b>26/3/2019</b>	0,26
<b>23/1/2019</b>	0,23	<b>13/2/2019</b>	0,25	<b>6/3/2019</b>	0,26	<b>27/3/2019</b>	0,25
<b>24/1/2019</b>	0,22	<b>14/2/2019</b>	0,27	<b>7/3/2019</b>	0,27	<b>28/3/2019</b>	0,25
<b>25/1/2019</b>	0,21	<b>15/2/2019</b>	0,28	<b>8/3/2019</b>	0,38	<b>29/3/2019</b>	0,25
<b>26/1/2019</b>	0,21	<b>16/2/2019</b>	0,26	<b>9/3/2019</b>	0,30	<b>30/3/2019</b>	0,25
<b>27/1/2019</b>	0,22	<b>17/2/2019</b>	0,25	<b>10/3/2019</b>	0,28	<b>31/3/2019</b>	0,24
<b>28/1/2019</b>	0,25	<b>18/2/2019</b>	0,24	<b>11/3/2019</b>	0,27		
<b>29/1/2019</b>	0,24	<b>19/2/2019</b>	0,24	<b>12/3/2019</b>	0,39		
<b>30/1/2019</b>	0,31	<b>20/2/2019</b>	0,24	<b>13/3/2019</b>	0,39		
<b>31/1/2019</b>	0,27	<b>21/2/2019</b>	0,23	<b>14/3/2019</b>	0,33		
<b>1/2/2019</b>	0,26	<b>22/2/2019</b>	0,22	<b>15/3/2019</b>	0,31		
<b>2/2/2019</b>	0,25	<b>23/2/2019</b>	0,34	<b>16/3/2019</b>	0,30		
<b>3/2/2019</b>	0,24	<b>24/2/2019</b>	0,37	<b>17/3/2019</b>	0,30		
<b>4/2/2019</b>	0,23	<b>25/2/2019</b>	0,30	<b>18/3/2019</b>	0,30		
<b>5/2/2019</b>	0,23	<b>26/2/2019</b>	0,28	<b>19/3/2019</b>	0,28		
<b>6/2/2019</b>	0,22	<b>27/2/2019</b>	0,26	<b>20/3/2019</b>	0,30		
<b>7/2/2019</b>	0,21	<b>28/2/2019</b>	0,25	<b>21/3/2019</b>	0,28		
<b>8/2/2019</b>	0,21	<b>1/3/2019</b>	0,25	<b>22/3/2019</b>	0,27		

---

<b>9/2/2019</b>	0,20	<b>2/3/2019</b>	0,24	<b>23/3/2019</b>	0,26
<b>10/2/2019</b>	0,20	<b>3/3/2019</b>	0,24	<b>24/3/2019</b>	0,26

---

## Anexo No. 7. Análisis estadísticos de todos los experimentos

La significancia estadística de diferencias tratamientos, fechas y su interacción se determinaron con un  $\alpha = 5\%$ , es decir si  $F_o$  es mucho mayor que  $F_c$  se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) con una probabilidad de 0,05 de detectar un falso positivo (error de tipo 1); de lo contrario no se rechaza  $H_0$  con probabilidad  $\beta$  de que se dé un falso negativo (error de tipo 2).

### Experimento 1

Class level information		
Class	Levels	Values
Tratamiento	2	1,5 2,5
BLOQUE	4	1 2 3 4
Fecha	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Type 3 tests of fixed effects				
Effects	Num. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	6	5,66	0.0549
Fecha	8	48	24,18	<,0001
Tratamiento*fecha	8	48	1,88	0,0845

### Experimento 2

Class level Information		
Class	Levels	Values
Tratamiento	2	2,5 2,5 sombra
BLOQUE	4	1 2 3 4
Fecha	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Type 3 tests of fixed effects				
Effects	Num. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	6	0,00	0,9842
Fecha	8	48	15,06	<,0001
Tratamiento*fecha	8	48	1,24	0,2981

### Experimento 3

Class level information		
Class	Levels	Values
Tratamiento	2	2,5 2,5 sombra
BLOQUE	4	1 2 3 4
Fecha	7	1 2 3 4 5 6 7

Type 3 tests of fixed effects				
Effects	Num. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	6	13,58	0,0103
Fecha	6	36	11,44	<,0001
Tratamiento*fecha	6	36	5,28	0,0005

#### Experimento 4

Class level information		
Class	Levels	Values
Tratamiento	2	2,5 Mañana 2,5 Tarde
BLOQUE	4	1 2 3 4
Fecha	6	1 2 3 4 5 6

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effects	Num. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	6	60,58	0,0002
Fecha	5	30	41,13	<,0001
Tratamiento*fecha	5	30	17,96	<,0001

## Experimento 5

Class level information		
Class	Levels	Values
Tratamiento	2	2,5 2,5 verde
BLOQUE	4	1 2 3 4
Fecha	9	1 2 3 4 5 6 7 8 9

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effects	Num. DF	Den. DF	F Value	Pr > F
Tratamiento	1	6	14,44	0,0090
Fecha	8	48	32,82	<,0001
Tratamiento*fecha	8	48	6,38	<,0001

### Parámetros estadísticos // efecto del tamaño de macollo (experimento 5)

Teniendo las medias y desvíos de ambos grupos del experimento 5, integrados por 160 individuos cada uno, se prosiguió a realizar la prueba de hipótesis para la media poblacional y confirmar o rechazar la diferencia estadística entre ambos tratamientos, resultando el  $Z_o=4,16$  y el  $Z(\alpha=0,05)=1,96$ , con lo cual  $Z_{obs} > Z_{\alpha/2}$  rechazando así la  $H_0$  y comprobando que existe una diferencia estadísticamente significativa en los efectos de los tratamientos en la variable de respuesta, concluyendo así que, los cortes del sitio 2, a los cuales se les dejó mayor altura en los remanentes (unos 3 cm más que en el sitio 1 en primavera), generó las condiciones necesarias para el mayor vigor y crecimiento de los macollos en la estación siguiente.