

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

**Efecto de la frecuencia e intensidad de pastoreo sobre la  
dinámica del macollamiento de *Lolium perenne* L. en una pradera  
mixta**

Tesis presentada como parte  
de los requisitos para optar  
al grado de Licenciado en  
Agronomía.

**Eladio Francisco Saldivia Bórquez**

Valdivia Chile 2007

PROFESOR PATROCINANTE:

Ignacio López C.

Ing. Agr., Ph.D.

---

PROFESORES INFORMANTES:

Oscar Balocchi L.

Ing. Agr., M.Sc., Ph.D.

---

Luis Latrille L.

Ing. Agr., M.Sc., Ph.D.

---

## INDICE DE MATERIAS

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Morfología de gramíneas	3
2.2	Crecimiento vegetativo de una gramínea perenne	3
2.2.1	Crecimiento de las hojas	4
2.2.2	Macollamiento	4
2.3	Descripción de <i>Lolium perenne</i> L	5
2.3.1	Descripción del cultivar arrow	5
2.4	Bases fisiológicas del crecimiento de praderas	6
2.4.1	Reservas energéticas	6
2.4.2	Índice de área foliar	9
2.5	Manejo de pasturas para el crecimiento y la persistencia	11
2.5.1	Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre el rebrote y la persistencia	11
2.5.2	Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el rebrote y la persistencia	12
3	MATERIAL Y MÉTODO	13
3.1	Ubicación del ensayo	13
3.2	Duración del ensayo	13
3.3	Antecedentes climáticos y edáficos	13
3.4	Establecimiento de la pradera	16
3.5	Diseño experimental y tratamientos	16
3.6	Manejo del pastoreo	17
3.7	Mediciones realizadas en la pradera	18
3.7.1	Dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa	18
3.7.1.1	Cálculos para la dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa	18

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>	
3.7.2	Densidad poblacional de macollos	20
3.8	Análisis estadístico	20
4	PRESENTACION DE RESULTADOS	21
4.1	Tasas de macollamiento en <i>Lolium perenne</i>	21
4.2	Dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa	23
4.3	Densidad de plantas	29
5	DISCUSION DE RESULTADOS	30
5.1	Balance y dinámica poblacional de macollamiento en ballica inglesa - <i>patrón estacional</i>	30
5.1.1	“Máximo macollamiento” (10 de Noviembre del 2006 – 20 de Enero del 2007)	32
5.1.2	“Tolerancia estival” (20 de Enero del 2007 – 23 de Marzo del 2007)	34
5.1.3	“Rebrote otoñal” (23 de Marzo del 2007 – 26 de Mayo del 2007)	35
5.2	Dinámica, balance y densidad poblacional de macollos de ballica inglesa - <i>efecto de los tratamientos</i>	36
5.2.1	“Máximo macollamiento” (10 de Noviembre del 2006 – 20 de Enero del 2007)	37
5.2.1.1	Efecto del manejo de pastoreo – <i>Pastoreo intenso en antesis.</i>	38
5.2.1.2	Efecto del manejo de pastoreo – <i>Modificaciones micro-ambientales</i>	39
5.2.2	“Tolerancia estival” (20 de Enero del 2007 – 23 de Marzo del 2007)	40
5.2.2.1	Efecto del manejo de pastoreo – <i>Nivel de carbohidratos solubles</i>	41
5.2.3	“Rebrote otoñal” (23 de Marzo del 2007 – 26 de Mayo del 2007)	41
6	CONCLUSIONES	43
7	RESUMEN	44

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
	SUMMARY	45
8	BIBLIOGRAFIA	46
	ANEXOS	53

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Datos de temperaturas (máxima y mínima), precipitaciones, radiación global y humedad relativa registradas en Valdivia entre los meses de noviembre del 2006 a mayo del 2007	14
2	Análisis químico de suelo del sitio experimental	15
3	Nutrientes, dosis y productos aplicados en la siembra	15
4	Puntuación para determinar el número de hojas macollo <sup>-1</sup>	17
5	Tasa de aparición de macollos de ballica inglesa (macollos nacidos 100 macollos <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo <sup>-1</sup> ) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual)	21
6	Tasa de mortalidad de macollos de ballica inglesa (macollos muertos 100 macollos <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo <sup>-1</sup> ) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual)	22
7	Número de macollos vivos de ballica inglesa argolla <sup>-1</sup> (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo <sup>-1</sup> ) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual)	24
8	Densidad de plantas, macollos o puntos de crecimientos de especies pratenses en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo <sup>-1</sup> ) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual)	29
9	Intervalo estacional de pastoreo (días) y números total de pastoreos, para las diferentes combinaciones de frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo <sup>-1</sup> ) e intensidades (5 y 8 cm de altura residual) de pastoreos a lo largo del periodo de muestreo de macollos	32

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Meristema apical de la ballica inglesa, indicando ubicación sucesiva de primordios	4
2	Cambios en la concentración de carbohidratos solubles (CHOS) a nivel de lámina ( $\nabla$ ), vaina ( $\bullet$ ) y raíces ( $\blacksquare$ ) durante el rebrote, con el tiempo de rebrote expresado en número hojas macollo <sup>-1</sup>	7
3	Rebrote y nivel de carbohidratos de un macollo de ballica post-pastoreo	8
4	Efecto de la severidad de la defoliación: (a) tasa de producción bruta de tejidos; (b) tasa de muerte de tejidos; (c) tasa de crecimiento instantáneo; (d) tasa de crecimiento promedio. El IAF a que las praderas fueron cortadas fueron 0,5; 1,1; 3,4; 5,3 y 6,8 para las líneas 1 a 5, respectivamente	10
5	Distribución de los tratamientos en los bloques	16
6	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	26
7	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	26
8	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	27
9	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	27

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
10	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	28
11	Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm <sup>2</sup> ; 3 argollas parcela <sup>-1</sup> ; 3 bloques)	28

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Cambios estacionales y bisemanales en la precipitación, en el promedio de los grados días acumulados necesarios para la aparición de 1 macollo argolla <sup>-1</sup> , en la tasa de aparición promedio de macollos (TAM), en la tasa de muerte promedio de macollos (TMM) y en la relación entre ambas tasas de macollamiento (TAM/TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo	54
2	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 5 cm de residuo	55
3	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 8 cm de residuo	56
4	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 5 cm de residuo	57
5	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 8 cm de residuo	58
6	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 5 cm de residuo	59

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
7	Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 8 cm de residuo	60
8	Dinámica poblacional estacional de macollos vivos $\text{argolla}^{-1}$ de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo (Área $\text{argolla} = 33.2 \text{ cm}^2$ ; 3 argollas $\text{parcela}^{-1}$ ; 3 bloques)	61

## 1. INTRODUCCION

En las zonas templadas como la Región de Los Ríos y Los Lagos la ballica inglesa (*Lolium perenne* L.) junto al trébol blanco (*Trifolium repens* L.), representan la más importante mezcla forrajera que se utiliza al momento de establecer una pradera, y su crecimiento es afectada tanto por aspectos ambientales como de manejo.

Por otro lado, para aumentar los márgenes de utilidad del rubro lechero, se deben buscar constantemente prácticas que ayuden a disminuir costos unitarios, y hacer así más eficiente y competitiva a la empresa. Una estrategia que apunta a disminuir los costos unitarios es realizar un mejor uso del recurso pradera, sobre todo en sistemas de producción que están estrechamente relacionados a ella. Actualmente una de las problemáticas que limita el mejor uso de la pradera, dice relación con la persistencia de los materiales (cultivares) establecidos originalmente. Cuando la persistencia de los cultivares sembrados es baja, ocurre una colonización de la pradera por otras especies, pudiendo ser éstas de menor valor forrajero.

La importancia de obtener información sobre la dinámica de macollamiento en *Lolium perenne* bajo diversas combinaciones de intensidades y frecuencias de pastoreos permitirá identificar períodos y/o manejos donde la especie se comporta de manera más vulnerable. Se espera que dicha información permitirá establecer criterios o manejos agronómicos con el fin de optimizar la supervivencia de la ballica inglesa.

Se planteó como hipótesis, que en una pradera establecida con ballica inglesa y trébol blanco, la intensidad y la frecuencia de pastoreo, generan una dinámica de macollamiento diferenciada en *Lolium perenne*.

En el ensayo se planteó los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el efecto de las diferentes intensidades y frecuencias de pastoreo, sobre el número de los macollos vivos en *Lolium perenne*.

- Determinar las tasas de aparición y mortalidad de macollos en *Lolium perenne* para cada uno de los diferentes tratamientos de pastoreo.
- Identificar patrones estacionales en la dinámica de macollamiento de la especie, y a la vez analizar si el patrón depende de la madurez de la planta o de variables climáticas o de ambas.
- Determinar para cada tratamiento al término del ensayo, las densidades de macollos (*Lolium perenne* y otras gramíneas), de puntos de crecimientos (*Trifolium repens*) y de número de plantas (especies de hoja ancha).

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Morfología de gramíneas.

Los órganos básicos de las gramíneas son los tallos, las hojas y las raíces.

Los tallos de todas las plantas están compuestos por nudos, donde se adhieren las hojas, separadas por los entrenudos. Las gramíneas no constituyen una excepción, mientras están en estado vegetativo, el tallo permanece muy contraído y su ápice, situado por encima de los sucesivos nudos y entrenudos, continúa próximo a la superficie del suelo, en la base del tallo (LANGER, 1990; CUEVAS, 1980). En gramíneas el tallo verdadero, está enteramente cercado por las vainas, y cerca del nivel del suelo (< 1 cm) mientras permanece en estado vegetativo (HOPKINS, 2000).

La hoja consta de vaina, lámina, aurícula y lígula. La vaina rodea al tallo por encima del nudo. Las láminas tienen nervaduras paralelas, son planas, angostas y alargadas. Las aurículas son apéndices que algunas gramíneas poseen, se proyectan desde el borde de la hoja en la unión de la vaina con la lámina. La lígula es otro apéndice que se adhiere a la hoja también en la unión de la vaina con la lámina; puede ser una membrana, una banda de pelos o un anillo duro (CUEVAS, 1980).

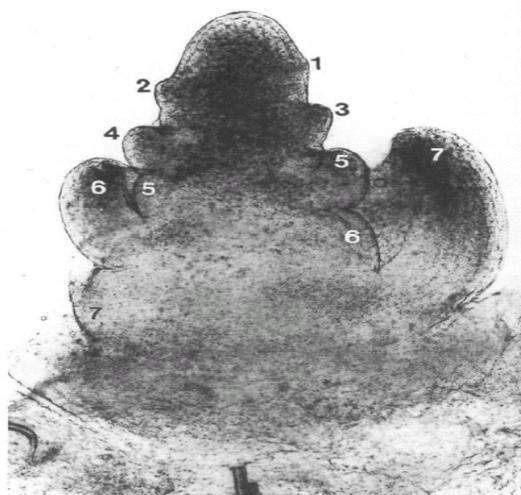
En relación a las raíces, la radícula forma las raíces seminales o primarias; y en la base del coleoptilo, que corresponderá a los nudos basales del tallo se formarán las raíces adventicias o secundarias, las que pasarán a constituir el sistema radicular definitivo de la planta (CUEVAS, 1980).

### 2.2 Crecimiento vegetativo de una gramínea perenne.

Cuando una planta de gramínea perenne se encuentra establecida, su permanencia en el tiempo dependerá si continua produciendo nuevas hojas y nuevos macollos.

### 2.2.1 Crecimiento de las hojas.

Respecto al origen y crecimiento de las hojas; este se da en el ápice del tallo o punto de crecimiento que está situado en el centro mismo del tallo, en general, cerca de la superficie del suelo. Esta es una estructura en forma de domo, compuesta de tejido meristemático (Figura 1). Las hojas nuevas o primordios aparecen en una secuencia regular a los costados de este domo, aumentando en edad y tamaño en la medida que se alejan del ápice. Luego continuará una actividad celular adicional para dar origen a la vaina y a la lámina (LANGER, 1990; HOPKINS, 2000; CUEVAS, 1980).



**FIGURA 1 Meristema apical de la ballica inglesa, indicando ubicación sucesiva de primordios.**

Fuente: YANG y MATTHEW (1998).

### 2.2.2 Macollamiento.

Después que el primordio de la hoja se extiende alrededor del ápice del tallo, las células más profundas del lado opuesto se dividen formando una yema en la axila de la hoja inferior más próxima. Esta yemas axilares darán origen a los macollos (CUEVAS, 1980).

Entonces, los macollos se originan de las yemas situadas en las axilas de las hojas. En gramíneas erectas, la yema crece hacia arriba y al final emerge de la vaina foliar envolvente. Cada macollo es una replica completa del vástago original, con su

propio ápice de tallo, hojas, nudos, entrenudos y raíces adventicias. Las hojas de macollos también contienen yemas en sus axilas, formando así un sistema complicado compuesto por macollos de distinto orden (LANGER, 1990).

### **2.3 Descripción de *Lolium perenne* L.**

ORTEGA y ROMERO (1992), indican que *L. perenne*, es una especie nativa de Europa, Asia templada y el norte de África, que posee una gran capacidad de macollar.

LANGER (1990), la describe como una planta glabra, con macollos de vainas aplanadas y láminas verdes oscuras, que presenta nervaduras en su cara superior siendo la inferior muy brillante. Las aurículas son muy pequeñas y a menudo ausentes, y la lígula es corta y no visible. La inflorescencia es una espiga, con un número variable de espiguillas y a diferencia de otras especies de ballicas, su lema no presenta arista. ANASAC (1999), añade que presentan un hábito de crecimiento que varía entre erecto a semi postrado, formando matas densas con gran número de tallos. Las vainas no tienen vellos, son de color verde pálido cuya base tiene color rojizo. Su sistema radicular es muy denso, altamente ramificado, produce raíces adventicias de los nudos basales del tallo pero es superficial, desarrollándose principalmente en los primeros 20 cm del suelo.

*Lolium perenne* se adapta a una gran variedad de suelos, pero crece mejor en suelos de buena fertilidad y con alta disponibilidad de nitrógeno, de textura media a pesada, pH ligeramente ácido y húmedos. Sin embargo, soporta suelos fuertemente alcalinos o ácidos, si dispone de agua y nitrógeno en abundancia. Debido a su sistema radicular superficial, tiene baja resistencia a la sequía y no tolera el anegamiento o mal drenaje superficial. Con respecto al clima no se adapta a condiciones térmicas extremas, especialmente temperaturas altas (> 25 °C), (ANASAC, 1999).

#### **2.3.1 Descripción del cultivar Arrow.**

Arrow es un cultivar diploide, que combina una alta producción total con una alta tasa de crecimiento durante el invierno y tempranamente en primavera. Además, presenta un florecimiento semi tardío (+ 10 días, respecto al cv. Nui), lo que aumenta su calidad por un periodo más prolongado; tiene un hábito de crecimiento semi erecto,

lo que permite una buena compatibilidad con el trébol; y en ensayos muestra una excelente persistencia (AGRISEEDS, 2005).

## **2.4 Bases fisiológicas para el rebrote de las praderas.**

La capacidad de rebrote de una planta, luego de una cosecha o defoliación, esta influenciada entre otros, por factores fisiológicos, tales como la acumulación de carbohidratos solubles (CHOS), el índice de área foliar (IAF) y la activación de los meristemas de crecimiento (PEREZ *et al.*, 2002). Sin duda, que los dos primeros principios no son independientes ni excluyentes, ya que un incremento en el área foliar causa un aumento en la intercepción de luz, en la fotosíntesis y consecuentemente, en la acumulación de carbohidratos (AUDA *et al.*, 1966).

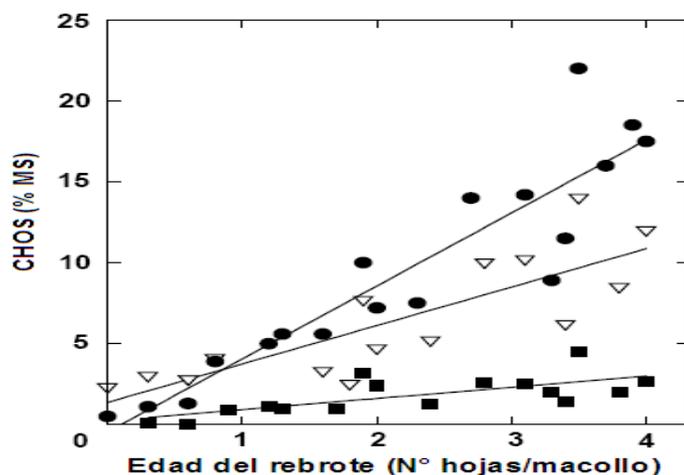
### **2.4.1 Reservas energéticas.**

Graber *et al.* (1927), citados por WHITE (1973), definen a los constituyentes de reservas de energía como "...aquellos carbohidratos y componentes nitrogenados elaborados, almacenados y utilizados por la propia planta como alimento para su mantención, crecimiento y su futuro desarrollo superior y radical". Estudios posteriores indicaron que los componentes nitrogenados son usados en la respiración y no tienen tanta importancia en el rebrote (WHITE, 1973), solo a los 6 días post-defoliación en *Lolium perenne* existe una correlación positiva entre la cantidad inicial de componentes nitrogenados (proteína soluble) y la producción foliar (MORVAN-BERTRAND *et al.*, 1999).

La mayoría de los carbohidratos de reserva son almacenados en regiones bajas: base de hojas, estolones, bulbos y rizomas. Los carbohidratos no estructurales presentes en las raíces, probablemente no tienen influencia directa en el rebrote de las plantas forrajeras (WHITE, 1973).

La Figura 2 muestra la tasa de reabastecimiento de los carbohidratos solubles (CHOS), a nivel de la vaina, de la lámina y de las raíces, luego de una defoliación en *L. perenne*. El reabastecimiento de CHOS en todos los niveles muestra una relación lineal con el número de hojas macollo<sup>-1</sup>, pero se acumula preferencial y más rápidamente a

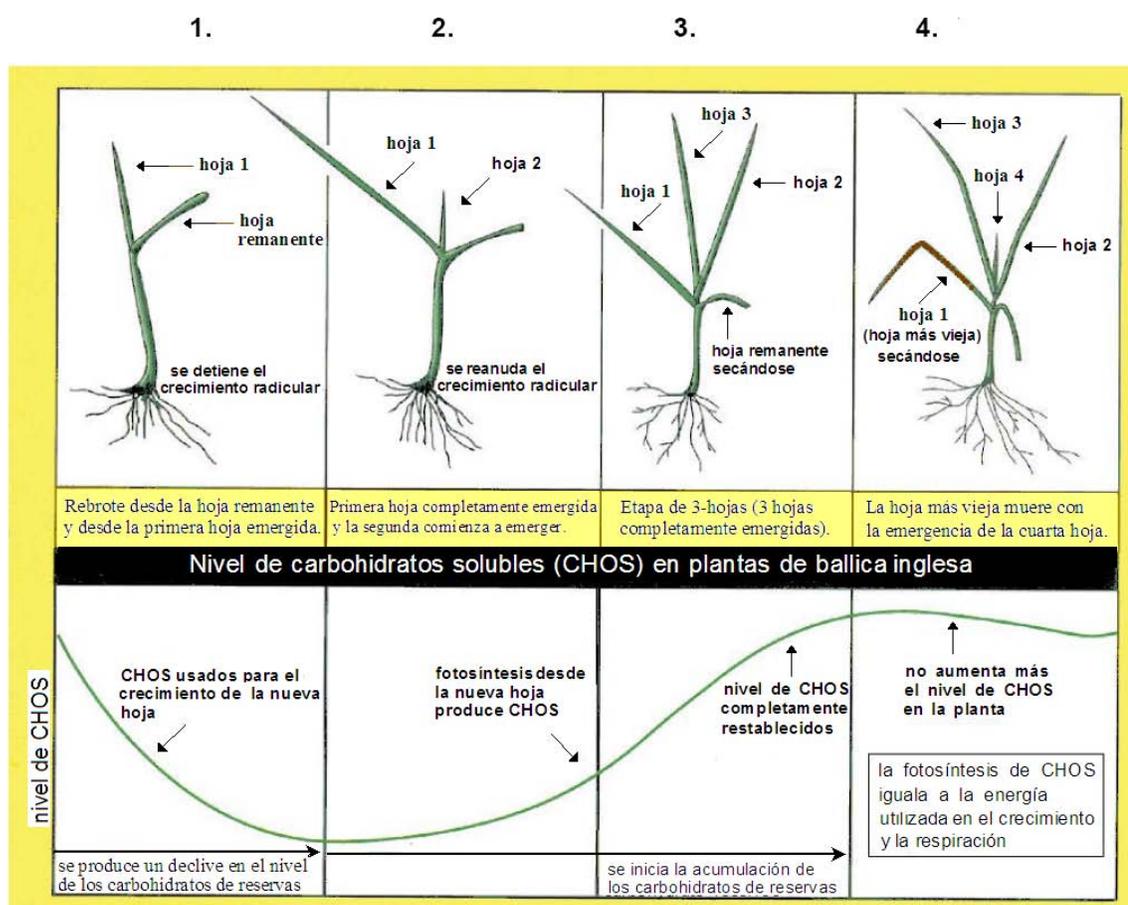
nivel de la vaina, evidenciando la importancia de esta porción (FULKERSON y SLACK, 1994).



**FIGURA 2** Cambios en la concentración de carbohidratos solubles (CHOS) a nivel de lámina (▽), vaina (●) y raíces (■) durante el rebrote, con el tiempo de rebrote expresado en número hojas macollo<sup>-1</sup>.

Fuente: FULKERSON y SLACK (1994).

Para FULKERSON y DONAGHY (2001), existe una amplia evidencia de la importancia de un nivel adecuado de carbohidratos de reserva disponible para ser usado, sobre todo cuando la fotosíntesis es incapaz de proveer suficiente energía (inmediatamente después de un pastoreo, durante días nublados o en las noches); cuando su uso es excesivo (altas tasas de respiración o de crecimiento); o cuando las plantas están sujetas a un estrés ambiental (temperaturas extremas o periodos de sequías). Por su parte FULKERSON y SLACK (1995), indicaron que “el número de hojas macollo<sup>-1</sup>” puede ser un criterio útil para determinar el óptimo intervalo de defoliación en una pradera, pues esta centrado en el desarrollo morfológico de la planta, lo cual envuelve e integra muchas variables ambientales y de manejo. De acuerdo al nivel de CHOS (Figura 3), el rebrote procede de la siguiente manera:



**FIGURA 3** Rebrote y nivel de carbohidratos de un macollo de ballica post-pastoreo.

Fuente: DONAGHY y FULKERSON (2006).

1. Los CHOS a nivel de la vaina en *L. perenne*, solo abastecen los primeros 2 – 4 días; durante este periodo los CHOS son usados para el rebrote y la respiración (WHITE, 1973; DONAGHY y FULKERSON, 1997). En este periodo del rebrote, el nivel de CHOS es mayor a nivel de la lámina que a nivel de la vaina (Figura 2). Según FULKERSON y SLACK (1995), esto puede demostrar que, como mecanismo de inmediata supervivencia, la planta tiene como prioridad el desarrollo de la capacidad fotosintética (la hoja), antes que el reabastecimiento de los órganos de reserva (la vaina). Los próximos días, la hoja emergida comienza a fotosintetizar, (DONAGHY y FULKERSON, 1997), pero dependiendo del nivel inicial de CHOS, se da inicio al crecimiento radicular y al

macollamiento, por lo que parte de los CHOS son destinados a suplir estas necesidades (DONAGHY y FULKERSON, 1998).

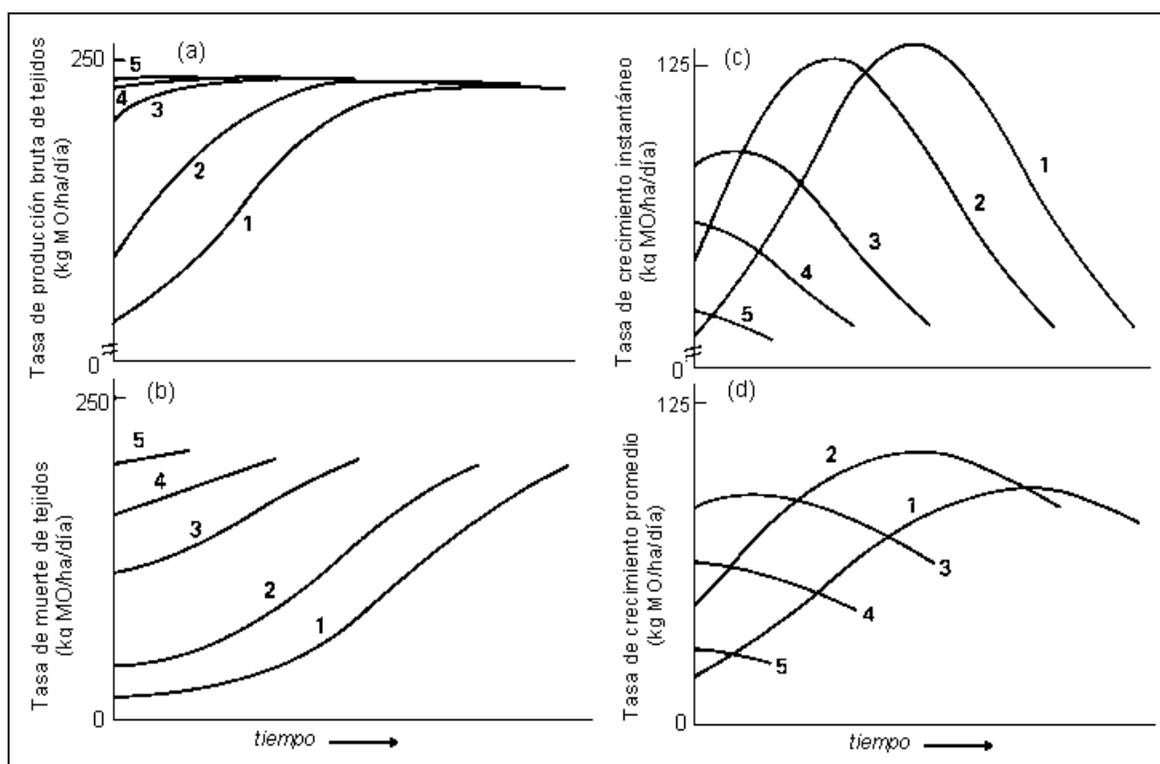
2. Al inicio de esta etapa (etapa 1-hoja) la planta es más vulnerable a ser pastoreada, porque se presenta el punto de inflexión en el nivel de CHOS (Figura 3). Según Williams 1964, citado por FULKERSON y SLACK (1994), cuando la “hoja nueva” esta completamente extendida, los CHOS son exportados nuevamente hacia las raíces y la vaina, produciéndose un diferencial positivo. Esto fue confirmado por (DONAGHY y FULKERSON, 1998).
3. Alrededor de la etapa de 2-hojas, las reservas han aumentado lo suficiente para que la planta pueda ser nuevamente pastoreada, esto puede ser considerado como el intervalo mínimo entre pastoreos (DONAGHY y FULKERSON, 2006).
4. *Lolium spp.* sólo puede mantener 3 hojas vivas (Davies, 1960, 1969; Hunt, 1965 citados por FULKERSON y DONAGHY, 2001); luego, como la hoja más vieja (la primera en emerger) comienza a senecer la cuarta hoja comienza a emerger, o viceversa (Alberda y Sibma, 1968; Davies y Calder, 1969; Davies, 1971 citados por FULKERSON y DONAGHY, 2001). Para DONAGHY y FULKERSON (2006), entre las etapas de 3 a 3,5-hojas se debería encontrar el máximo intervalo entre pastoreos.

#### 2.4.2 Índice de área foliar.

El índice de área foliar (IAF), fue propuesto por Watson (1956), citado por LANGER (1990), como una medida de la cantidad de hojas presentes. Se define como la relación entre el área total de hojas y el área total del suelo, y el IAF óptimo o crítico es aquella relación donde se intercepta el 95% de la luz incidente, obteniéndose el máximo crecimiento de la pradera. Experimentalmente en *L. perenne*, el mayor rendimiento se presenta al cortarla entre 9 y 14 cm de altura, es decir, entre esas alturas se obtiene el IAF óptimo y las mayores tasas de crecimiento (Hunt y Brougman, 1967 citados por FULKERSON y DONAGHY, 2001; PEREZ *et al.*, 2002).

El IAF óptimo varía según la especie, mezcla y época del año. Los tréboles por ejemplo, tienen un IAF menor que las gramíneas debido a la posición horizontal de sus hojas. Asimismo, la posición de las hojas, ángulo, brillo y otros factores influyen sobre

el IAF óptimo (CUEVAS, 1980). En Nueva Zelanda, mediciones hechas sobre praderas de gramínea-trébol a una latitud de 38° Sur, muestran que el IAF mínimo necesario para que las praderas absorban el 95 % de la luz incidente es alrededor de un IAF de 4,5 a 5,5 para mediados de verano y de 3,0 para el invierno, esto debido al ángulo de incidencia de los rayos solares (Brougham, 1957 citado por LANGER, 1990). El efecto de la severidad de la defoliación, sobre el rebrote y otros componentes puede ser visto en la Figura 4.



**FIGURA 4** Efecto de la severidad de la defoliación: (a) tasa de producción bruta de tejidos; (b) tasa de muerte de tejidos; (c) tasa de crecimiento instantáneo; (d) tasa de crecimiento promedio. El IAF a que las praderas fueron cortadas fueron 0,5; 1,1; 3,4; 5,3 y 6,8 para las líneas 1 a 5, respectivamente.

Fuente: HOPKINS (2000).

Si siguiendo una severa defoliación (línea 1, Fig. 4a), la tasa de producción bruta de tejido es baja inicialmente, reflejado en el bajo IAF, lo que le toma mucho tiempo

para su recuperación. También en la Fig. 4d se puede observar que una vez que la pradera alcanza el IAF óptimo (puntos máximos), la tasa de crecimiento promedio empieza a disminuir, por ejemplo, en las defoliaciones más suaves (línea 4 y 5), la tasa de crecimiento promedio empieza a disminuir inmediatamente post-defoliación. LANGER (1990), indica que esto puede ser causado por la respiración de las hojas inferiores que no compensan las ganancias (fotosíntesis) de las hojas superiores, o puede deberse a la igualación entre la aparición de hojas nuevas, y la senescencia y descomposición de las hojas más viejas.

## **2.5 Manejo de pasturas para el crecimiento y la persistencia.**

La persistencia y producción de las especies forrajeras depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la muerte de los ya establecidos. Este balance es fuertemente influenciado por las prácticas de manejo, especialmente la frecuencia e intensidad de defoliación (PEREZ *et al.*, 2002). Varios estudios han demostrado que la frecuencia de defoliación influye de manera más significativa, sobre las reservas de CHOS (FULKERSON y DONAGHY, 2001).

### **2.5.1 Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre el rebrote y la persistencia.**

Incrementos en la frecuencia de defoliación o pastoreo resultan en plantas con un hábito de crecimiento más postrado, con tamaños de hojas y tallos más pequeño, y una alta densidad de tallos; mientras que, infrecuentes defoliaciones resultan en tallos y hojas más largas con una baja densidad de tallos (Chapman y Clark 1984; Brock y Fletcher 1993; Brock *et al.*, 1996; y Matthew *et al.*, 1996 citados por WALLER y SALE, 2001). Además cuando un IAF es mantenido bajo (pastoreos frecuentes), la fotosíntesis y la producción total de la pradera disponible a nivel de campo es menor, a pesar de la mayor población de macollos (HOPKINS, 2000).

Desde el punto de vista de los CHOS de reserva, para DONAGHY y FULKERSON (1997, 2001, 2002, 2006), tanto la producción como la persistencia de las plantas se han visto incrementadas con intervalos de defoliación en estado de 3-hojas del rebrote, debido a la mayor acumulación de CHOS. Estos autores recomiendan que un pastoreo no debe realizarse antes de esta etapa (< 3-hojas), porque la planta todavía no recupera todas sus reservas, lo que repercute en la

producción y la persistencia; tampoco después (> 3-hojas), porque aumenta el nivel de muerte de hojas en la planta lo que disminuye la utilización de la pradera, su valor alimenticio, su palatabilidad y aumenta el riesgo de contraer hongos.

Existe concordancia que con cortes o pastoreos infrecuentes aumenta la producción, no obstante el efecto sobre el macollamiento no es tan claro. Desde el punto de vista del IAF cortes infrecuentes aumentan la densidad, por una mayor incidencia de luz, pero desde el punto de vista de los CHOS, defoliaciones infrecuentes afectan la concentración de CHOS a nivel de la vaina, y por ende, la iniciación del macollamiento. MATTHEW (2002), ha demostrado que existe alguna redistribución de CHOS entre los macollos de una planta, lo cual podría ayudar en la sobrevivencia de una pradera expuesta a un régimen de pastoreo frecuente.

### **2.5.2 Efecto de la intensidad de pastoreo sobre el rebrote y la persistencia.**

Mientras menor la altura de defoliación mayor es el tiempo para alcanzar el IAF crítico (LANGER, 1990). Alturas de defoliaciones cerca de 50 mm optimizan el crecimiento y la persistencia en *Lolium perenne*. Severas defoliaciones (20 mm), remueven demasiado CHOS, afectando la capacidad de rebrote y persistencia de la especie; mientras que defoliaciones más suaves (120 mm), resultan en una pérdida de MS disponible producto de la senescencia de hojas (FULKERSON y SLACK, 1995).

También la intensidad de pastoreo tiene un efecto sobre el crecimiento y la persistencia radicular, EVANS (1973), encontró que cuando plantas jóvenes de ballica inglesa, pasto ovillo, fleo, trébol blanco y trébol rosado, son defoliadas cada 2 días a alturas de 25 mm, se produce tempranamente un cesación en la elongación de la raíz en todas las especies excepto en el trébol blanco, mientras que alturas de 50 mm o 100 mm sólo reducen la tasa de crecimiento comparado con las plantas no defoliadas. En este mismo experimento, cuando la altura de defoliación se redujo desde 50 mm a 25 mm, el porcentaje de muerte de raíces en *L. perenne* aumentó en 9 veces.

### 3. MATERIAL Y METODO

#### 3.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, la cual pertenece a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, la estación está ubicada en la comuna de Valdivia, a 4 kilómetros por la salida norte de la ciudad.

#### 3.2 Duración del ensayo

La investigación se realizó con datos obtenidos de un ensayo de campo, entre el 10 de noviembre del 2006 y el 30 de julio del 2007.

#### 3.3 Antecedentes climáticos y edáficos.

Valdivia posee un clima templado húmedo de verano fresco y con tendencia a seco (GASTO *et al.*, 1983). En la ciudad se han registrado en un promedio de 46 años, una temperatura promedio anual de 12,2 °C, un valor medio mensual máximo de 17 °C en el mes de enero y una media mínima 7,7 °C en el mes de julio. Referente a las precipitaciones, éstas se concentran entre los meses de abril a septiembre, con un promedio anual para los 46 años de 2.310 mm (INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, comunicación personal).

El predio Santa Rosa posee un suelo trumao, de la serie Valdivia. La serie Valdivia se encuentra en la depresión de San José a una altura de 9 a 20 m.s.n.m. Se presenta en forma de cenizas volcánicas sobre depósitos marinos llamados canagua, que corresponden a una toba más o menos cementada mezclada con clastos alterados. La topografía es compleja con pendientes dominantes de 3 a 8 % y sectores ligeramente ondulados de 2 a 5 % (IREN *et al.*, 1978).

Los datos climáticos durante el periodo de muestreo de macollos, se presentan en el Cuadro 1.

**CUADRO 1 Datos de temperaturas (máxima y mínima), precipitaciones, radiación global y humedad relativa registradas en Valdivia entre los meses de noviembre del 2006 a mayo del 2007.**

	Temperatura (°C)		Precipitación (mm)	Radiación global (cal/m <sup>2</sup> /día)	Humedad relativa (%)
	Máxima	Mínima			
<b>2006</b>					
Noviembre	19.9 (18.9)	8.3 (8.8)	54.8 (108.3)	259 (235.9)	67.5 (71.9)
Diciembre	19.5 (21.2)	9.9 (10.4)	222.9 (89)	229.8 (266.7)	76.2 (68)
<b>2007</b>					
Enero	23.4 (22.8)	11.3 (11.3)	32.2 (61.3)	299.3 (272.3)	67.2 (67.1)
Febrero	22.8 (22.9)	10.7 (11.1)	43.4 (57.4)	252.8 (246.8)	68.3 (68.6)
Marzo	21.6 (20.8)	11.2 (10)	44.2 (84.4)	190.2 (187.9)	76.1 (75.1)
Abril	16.9 (17.1)	8.2 (8.1)	221.5 (157.9)	114.3 (119.4)	83.9 (82.3)
Mayo	13.7 (13.8)	5.6 (7.3)	79.4 (340.7)	93.1 (62.9)	85.7 (88.3)

Los datos entre paréntesis representan el promedio histórico de 46 años (1960-2005).

ESTACIÓN METEREOLÓGICA ISLA TEJA – VALDIVIA; INSTITUTO DE GEOCIENCIAS, UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2007.

Comunicación personal.

El análisis de fertilidad de suelo del sitio experimental, realizado sobre muestras obtenidas de los primeros 20 cm de profundidad, se presenta en el Cuadro 2.

**CUADRO 2 Análisis químico de suelo del sitio experimental.**

pH en agua	(1:2.5)	5.1
pH CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	(1:2.5)	4.5
Materia orgánica	(%)	17.8
N-Mineral (N-NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	23.8
Fósforo Olsen	(mg kg <sup>-1</sup> )	11.2
Potasio intercambiable	(mg kg <sup>-1</sup> )	113
Sodio intercambiable	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	0.10
Calcio intercambiable	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	0.73
Magnesio intercambiable	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	0.15
Suma de bases	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	1.27
Aluminio intercambiable	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	0.54
CICE	(cmol+ kg <sup>-1</sup> )	1.80
Saturación de aluminio	(%)	29.7
Azufre disponible	(mg kg <sup>-1</sup> )	26.8

FUENTE: Laboratorio de Suelos, Universidad Austral de Chile, (2006).

La fertilización aplicada a la siembra, según lo recomendado por AGRISEEDS (2005), se presentan en el Cuadro 3.

**CUADRO 3 Nutrientes, dosis y productos aplicados en la siembra.**

Nutriente	Dosis del nutriente (kg ha <sup>-1</sup> )	Producto usado
CaCO <sub>3</sub>	4000	Cal Dolomítica
N	40	Nitromag
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	120	Superfosfato triple
K <sub>2</sub> O	120	Muriato de potasio

Luego, dosis complementarias de nitrógeno fueron aplicadas en cobertera, durante las siguientes fechas:

- 06 de septiembre del 2006 30 kg N ha<sup>-1</sup>
- 18 de abril del 2007 30 kg N ha<sup>-1</sup>

### 3.4 Establecimiento de la pradera.

El establecimiento se realizó con un sistema en línea, el día 3 de mayo del 2006. Para ello se utilizó una mezcla forrajera compuesta de *Lolium perenne* cv. Arrow y *Trifolium repens* cv. Huia y cv. Will, con una dosis de semilla de 25 kg ha<sup>-1</sup> para la ballica inglesa y de 5 kg ha<sup>-1</sup> para el trébol blanco (2,5 kg de cada cultivar), de acuerdo a lo recomendado por AGRISEEDS (2005).

### 3.5 Diseño experimental y tratamientos.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con un arreglo factorial de los tratamientos: tres estados de desarrollo morfológico para el inicio del pastoreo (1.5 – 2.5 o 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) y dos niveles de residuos (5 cm o 8 cm); distribuidos en tres bloques. Por ende, el ensayo constó de 18 parcelas, abarcando una superficie de 200 m<sup>2</sup> cada una (10 m x 20 m), con un total de 3600 m<sup>2</sup> para el total del ensayo. La distribución de los bloques y los tratamientos se muestran en la Figura 5.

		TRATAMIENTOS					
BLOQUE III	1,5 H	2,5 H	1,5 H	3,5 H	2,5 H	3,5 H	
	5 cm	5 cm	8 cm	5 cm	8 cm	8 cm	
BLOQUE II	3,5 H	2,5 H	3,5 H	2,5 H	1,5 H	1,5 H	
	5 cm	8 cm	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	
BLOQUE I	3,5 H	2,5 H	1,5 H	1,5 H	3,5 H	2,5 H	
	8 cm	5 cm	8 cm	5 cm	5 cm	8 cm	

FIGURA 5 Distribución de los tratamientos en los bloques.

### 3.6 Manejo del pastoreo.

Cuando la pradera alcanzó 20 cm de altura no disturbada (27 de octubre), se cortó con una barra segadora a las alturas residuales correspondientes a cada tratamiento y se dió por comenzado el período de evaluación. Luego, los tratamientos aplicados correspondieron a combinaciones de 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo. Utilizándose para ello, una carga animal instantánea de 300 vacas lecheras hectárea<sup>-1</sup>, las que ingresaban después de la ordeña de la mañana y salían cuando se alcanzaba el residuo deseado según el tratamiento.

Las 3 frecuencias de entrada (pre-pastoreo), se determinaron recolectando al azar 30 macollos parcela<sup>-1</sup> y luego determinando el número de hojas macollo<sup>-1</sup> vegetativo, de acuerdo a la metodología señalada por Donaghy (CUADRO 4).

**CUADRO 4 Puntuación para determinar el número de hojas macollo<sup>-1</sup>.**

Desarrollo morfológico	Puntuación	
• Hoja (s) completamente expandida	<b>1.0</b>	
• Última hoja defoliada	<b>0.5</b>	(≥ 50 % hoja completamente expandida)
	<b>0.0</b>	(< 50 % hoja completamente expandida)
• Hojas en crecimiento (puntuación de ¼)	<b>0.75</b>	(75 % hoja completamente expandida)
	<b>0.5</b>	(50 % hoja completamente expandida)
	<b>0.25</b>	(25 % hoja completamente expandida)

Fuente: DONAGHY (comunicación personal).

Las 2 intensidades de salida (post-pastoreo) se determinaron en base a la altura no disturbada por medio de un bastón graduado o "Sward Stick", realizando 25 mediciones en cada parcela, en plantas elegidas al azar, con la regla colocada completamente vertical, desde la base de la planta hasta la hoja superior.

### 3.7 Mediciones realizadas en la pradera.

Las mediciones realizadas en las parcelas, estuvieron centradas principalmente en la ballica inglesa (especie objetivo), determinándosele las siguientes variables: número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup>, tasa de aparición, tasa de mortalidad y densidad de macollos.

#### 3.7.1 Dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por HERNANDEZ *et al.* (1997), y BAHMANI *et al.* (2003); se colocó sobre la línea de siembra tres argollas metálicas (65 mm de diám.), fijadas a nivel del suelo para cada parcela, evitando una franja límite de 2 m alrededor del perímetro para evitar el efecto del borde. El día 10 de noviembre del 2006 antes de aplicar los respectivos tratamientos de pastoreos, todos los macollos de la especie objetivo dentro de cada argolla fueron contados y marcados con alambres telefónicos de color. Los macollos vivos, nacidos o muertos fueron registrados en intervalos bisemanales, excepto para las primeras mediciones (10 noviembre - 20 de diciembre), cuyo intervalo fue de 41 días. Los macollos nacidos después de cada momento de medición, se marcaron con alambres telefónicos de un nuevo color. En cada medición los alambres de los macollos muertos fueron retirados, así se determinó el número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup>, las tasas de aparición y de mortalidad de macollos.

##### 3.7.1.1 Cálculos para la dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa.

A partir de los datos obtenidos en terreno, se calcularon las siguientes variables:

- **Número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup>.** Para el primer muestreo los macollos vivos argolla<sup>-1</sup>, representó el total de macollos marcados (nacidos). Luego se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ MV argolla}^{-1} = \text{MV (día n)} + \text{MN (día n + 15)} - \text{MM (día n + 15)} \quad (3.1)$$

donde:

MV : macollos vivos.

n : número de días.  
 MN : macollos nacidos.  
 MM : macollos muertos.

- **Tasa de aparición de macollos (TAM, macollos nacidos 100 macollos vivos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).** Se obtuvo por medio de la siguiente ecuación:

$$TAM = \frac{100 MV (base) * N^{\circ} MN (día n + 15)}{N^{\circ} MV (día n) * n \text{ entre mediciones}} \quad (3.2)$$

donde:

MV : macollos vivos.  
 n : número de días.  
 MN : macollos nacidos.

- **Tasa de mortalidad de macollos (TMM, macollos muertos 100 macollos vivos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>).** Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$TMM = \frac{100 MV (base) * N^{\circ} MM (día n + 15)}{N^{\circ} MV (día n) * n \text{ entre mediciones}} \quad (3.3)$$

donde:

MV : macollos vivos.  
 n : número de días.  
 MM : macollos muertos.

- **Grados días acumulados (GDA) necesarios para la aparición de 1 macollo argolla<sup>-1</sup>.** Se determinó mediante las siguientes ecuaciones:

$$GDA = T^{\circ} \text{ media} - 5^{\circ} \text{ C} (T^{\circ} \text{ base}) \quad (3.4)$$

$$GDA (1 \text{ macollo argolla}^{-1}) = \frac{GDA (\text{entre mediciones sucesivas})}{N^{\circ} \text{ macollos nacidos} (\text{entre mediciones sucesivas})} \quad (3.5)$$

### **3.7.2 Densidad poblacional de macollos.**

La densidad de población de macollos, puntos de crecimiento y número de plantas fue determinada durante los meses de junio a julio del 2007; luego de realizado el pastoreo para cada frecuencia (15 junio del 2007 para 2.5 H; 26 junio del 2007 para 1.5 H; y 30 julio del 2007 para 3.5 H). De acuerdo a la técnica del “core” de MITCHELL y GLENDAY (1958), se utilizó un sacabocado y una plancha con 4 orificios; y en base a la metodología “de los ranking” de McINTYRE (1952); cuyo principio es ordenar visualmente de mayor a menor alguna característica de la pradera, por ejemplo el número de macollos de la especie objetivo. Se obtuvieron 8 cilindros de suelo parcela<sup>-1</sup> (10 cm de diám., 10 cm de prof.). Desde la primera ubicación de la plancha se obtuvo la muestra con mayor densidad de macollos. Desde la segunda ubicación de la plancha, la segunda muestra mayor y así sucesivamente, hasta conseguir 4 muestras, donde la cuarta correspondió a la menos densa. Este procedimiento se realizó 2 veces parcela<sup>-1</sup>.

De las muestras obtenidas, se separaron las especies presentes en cuatro categorías: ballica inglesa, trébol blanco, otras gramíneas y especies de hojas anchas. Las agrupaciones obtenidas por la técnica del “core” se emplearon para determinar la densidad de macollos para las gramíneas, puntos de crecimientos para el trébol blanco, y número de plantas para las especies de hojas anchas.

### **3.8 Análisis estadístico.**

Los datos fueron sometidos al análisis de normalidad y luego a un análisis de varianza aplicando GLM (General Lineal Model) procedimiento de SAS (SAS, 1988). Cuando hubo diferencias significativas, no hubo interacción y hubo que separar las medias se utilizó el test de LSD (test de la diferencia mínima significativa).

#### 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

##### 4.1 Tasas de macollamiento en *Lolium perenne*.

La tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) en *L. perenne*, entre 2 fechas de mediciones sucesivas, para todos los tratamientos y durante el período de muestro, se presentan en los Cuadros 5 y 6, respectivamente.

**CUADRO 5 Tasa de aparición de macollos de ballica inglesa (macollos nacidos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual).**

Mediciones	Tratamientos de pastoreo						Pr > F
	1.5 H – 5 cm	1.5 H – 8 cm	2.5 H – 5 cm	2.5 H – 8 cm	3.5 H – 5 cm	3.5 H – 8 cm	
<b>20-Dic-06</b>	2,1 a	1,7 a	2,2 a	1,4 ab	1,8 a	0,8 b	*
<b>05-Ene-07</b>	1,5	1,4	1,5	1,3	1,5	1,6	n.s.
<b>20-Ene-07</b>	1,2	1,3	0,9	1,6	1,4	1,0	n.s.
<b>05-Feb-07</b>	0,7	0,8	0,9	1,4	1,9	1,0	n.s.
<b>20-Feb-07</b>	1,1	1,2	1,0	0,7	1,3	0,9	n.s.
<b>08-Mar-07</b>	1,0	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	n.s.
<b>23-Mar-07</b>	1,1	1,0	1,2	1,3	0,9	0,6	n.s.
<b>08-Abr-07</b>	0,7	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	n.s.
<b>23-Abr-07</b>	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	n.s.
<b>11-May-07</b>	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	n.s.
<b>26-May-07</b>	0,7	0,5	0,5	0,4	0,9	0,7	n.s.

\*\*\*  $P \leq 0.001$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*  $P \leq 0.05$ ; n.s.  $P > 0.05$

La TAM (Cuadro 5) en general, fue particularmente alta entre las mediciones del 10 de Noviembre al 20 de Diciembre, especialmente los tratamientos de 2.5 H – 5 cm y de 1.5 H – 5 cm, que fueron un 175 % mayores que el tratamiento de 3.5 H – 8 cm, existiendo una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). En las mediciones posteriores no se registró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Los valores máximos en la TAM variaron entre los tratamientos, por ejemplo las siguientes combinaciones de pastoreos: 1.5 H – 5 cm, 2.5 H – 5 cm y 1.5 H – 8 cm, mostraron su máxima TAM el 20 de Diciembre, con nacimientos alrededor de 2 macollos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. En cambio, los demás tratamientos (3.5 H – 5 cm, 2.5 H – 8 cm y 3.5 H – 8 cm) mostraron sus valores máximos de macollamiento durante las mediciones posteriores (5 de Febrero, 20 de Enero y 05 de Enero), consecutivamente.

**CUADRO 6 Tasa de mortalidad de macollos de ballica inglesa (macollos muertos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual).**

Mediciones	Tratamientos de pastoreo						Pr > F
	1.5 H – 5 cm	1.5 H – 8 cm	2.5 H – 5 cm	2.5 H – 8 cm	3.5 H – 5 cm	3.5 H – 8 cm	
<b>20-Dic-06</b>	0,7	0,7	0,5	0,9	0,7	0,7	n.s.
<b>05-Ene-07</b>	1,1	1,3	0,9	1,3	1,8	0,9	n.s.
<b>20-Ene-07</b>	0,9	1,0	0,8	1,2	1,1	0,8	n.s.
<b>05-Feb-07</b>	1,2	1,3	1,1	1,4	0,9	0,7	n.s.
<b>20-Feb-07</b>	0,9	1,0	0,5	0,6	0,7	0,6	n.s.
<b>08-Mar-07</b>	1,0	0,8	0,7	1,1	1,0	0,7	n.s.
<b>23-Mar-07</b>	0,7	1,0	1,0	1,1	1,0	0,7	n.s.
<b>08-Abr-07</b>	0,6	0,5	0,3	0,6	0,7	0,4	n.s.
<b>23-Abr-07</b>	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	n.s.
<b>11-May-07</b>	0,3	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	n.s.
<b>26-May-07</b>	0,3	0,4	0,3	0,5	0,6	0,2	n.s.

\*\*\*  $P \leq 0.001$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*  $P \leq 0.05$ ; n.s.  $P > 0.05$

La TMM a lo largo del periodo experimental no mostró diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 6). En general, los tratamientos presentaron una TMM alrededor de 1 macollo muerto 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, hasta la medición del 23 de Marzo, luego no se volvió a registrar una cifra igual o superior.

#### 4.2 Dinámica poblacional de macollos de ballica inglesa.

En el Cuadro 7 y en las Figuras 6 a 11 se presentan el efecto de los tratamientos sobre el nacimiento, muerte y sobrevivencia de macollos de ballica inglesa en la pradera mixta, y su relación con las estaciones evaluadas.

Se debe tener en cuenta, que el número de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  (Cuadro 7), representa un medida de densidad sobrestimada puesto que aunque las argollas metálicas tienen un área determinada ( $33.2 \text{ cm}^2$ ), fueron colocados sobre la hilera de siembra. También se debe tener en cuenta, para una mejor interpretación de los diagramas (Figuras 6 a 11) que:

- La línea superior indica el número de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  a la fecha de cada muestreo. Cada color indica una nueva cohorte de macollos, es decir, es el número de macollos nacidos entre 2 fechas sucesivas de medición. Si la pendiente de la curva es ascendente, significa que existe un aumento en la población de macollos. Si la pendiente es descendente, ocurrió un decrecimiento en el número de macollos.
- La línea inferior indica la secuencia de muerte de los macollos nacidos en cada fecha de muestreo la secuencia de muerte de los macollos nacidos en cada fecha de muestreo (cohorte), a lo largo del tiempo.

**CUADRO 7** Número de macollos vivos de ballica inglesa argolla<sup>-1</sup> (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques) en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual).

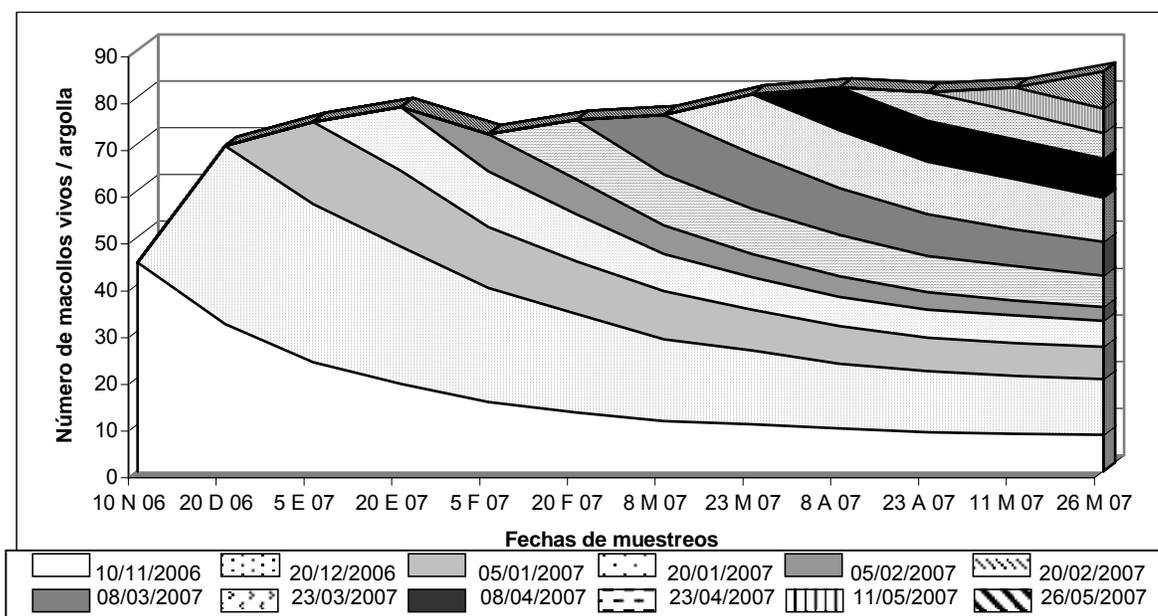
Mediciones	Tratamientos de pastoreo						Pr > F
	1.5 H – 5 cm	1.5 H – 8 cm	2.5 H – 5 cm	2.5 H – 8 cm	3.5 H – 5 cm	3.5 H – 8 cm	
<b>10-Nov-06</b>	44,7	47,0	38,0	40,0	41,7	47,3	n.s.
<b>20-Dic-06</b>	69,3	67,3	63,3	49,3	60,1	49,3	n.s.
<b>05-Ene-07</b>	75,0	69,0	69,3	49,3	58,0	54,3	n.s.
<b>20-Ene-07</b>	77,7	69,7	70,3	50,7	61,7	56,0	n.s.
<b>05-Feb-07</b>	72,0	64,7	68,0	50,7	69,3	58,0	n.s.
<b>20-Feb-07</b>	75,0	67,3	72,7	51,3	76,0	60,0	n.s.
<b>08-Mar-07</b>	76,0	66,7	72,3	50,3	72,0	61,0	n.s.
<b>23-Mar-07</b>	80,3	66,7	74,7	52,7	72,1	60,0	n.s.
<b>08-Abr-07</b>	82,0	66,3	77,3	50,7	68,3	60,7	n.s.
<b>23-Abr-07</b>	81,0	67,0	78,0	50,0	67,3	60,0	n.s.
<b>11-May-07</b>	82,0	68,7	79,7	49,3	66,3	63,0	n.s.
<b>26-May-07</b>	85,3	70,3	82,0	48,3	68,7	67,0	n.s.

\*\*\*  $P \leq 0.001$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*  $P \leq 0.05$ ; n.s.  $P > 0.05$

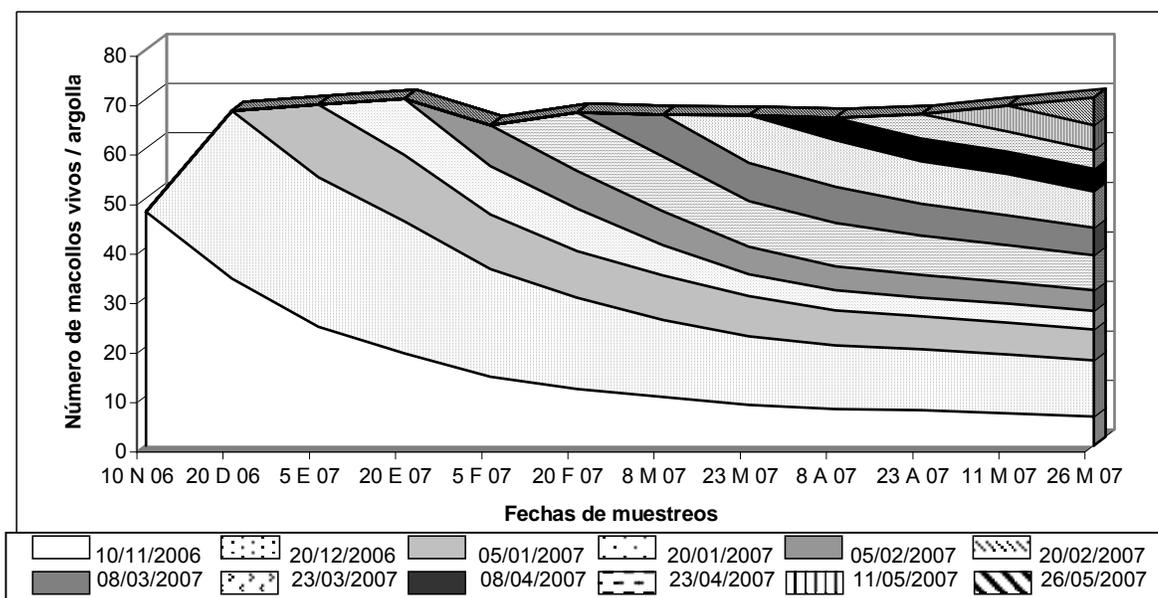
Se observa en el Cuadro 7 y en las Figuras 6 a 11, que antes de la aplicación de los respectivos tratamientos la población de macollos fue relativamente homogénea, no existiendo diferencias estadísticamente significativas. La relativa homogeneidad inicial fue cambiando con el transcurso del tiempo y con la aplicación diferenciada de los pastoreos. Sin embargo, a pesar de la diferencia en el número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> que existió al final del ensayo (26 de Mayo), no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. También se observa que entre los muestreos del 10 de Noviembre al 20 de Diciembre, se produjo la mayor actividad de macollamiento, el número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> aumentó 55 % en el tratamiento de 1.5 H – 5 cm, 67 % en el tratamiento de 2.5 H – 5 cm, 45 % en el tratamiento de 3.5 H – 5 cm, 43 % en el tratamiento de 1.5 H – 8 cm, 23 % en el tratamiento de 2.5 H – 8 cm, y solo 3 % en el tratamiento de 3.5 H – 8 cm.

En los diagramas de las Figuras 6 a 11, que registran las 12 edades de cohorte, se destaca que a pesar de la disminución progresiva observada en el número de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  (línea inferior) de cada cohorte, de los seis tratamientos de pastoreo, ninguna banda desapareció durante el periodo de muestreo (7 meses) y el número de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  aumentó con la edad de la pradera (línea superior). Así, el número promedio de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  inicialmente fue de 43, y en el lapso evaluado aumentó a 85, 70, 82, 48, 68 y 67 para los tratamientos de 1.5 H – 5 cm (Figura 6), 1.5 H – 8 cm (Figura 7), 2.5 H – 5 cm (Figura 8), 2.5 H – 8 cm (Figura 9), 3.5 H – 5 cm (Figura 10), y 3.5 H – 8 cm (Figura 11), respectivamente. Esto evidencia que el número de macollos vivos  $\text{argolla}^{-1}$  aumentó con más rapidez conforme los pastoreos fueron más frecuentes.

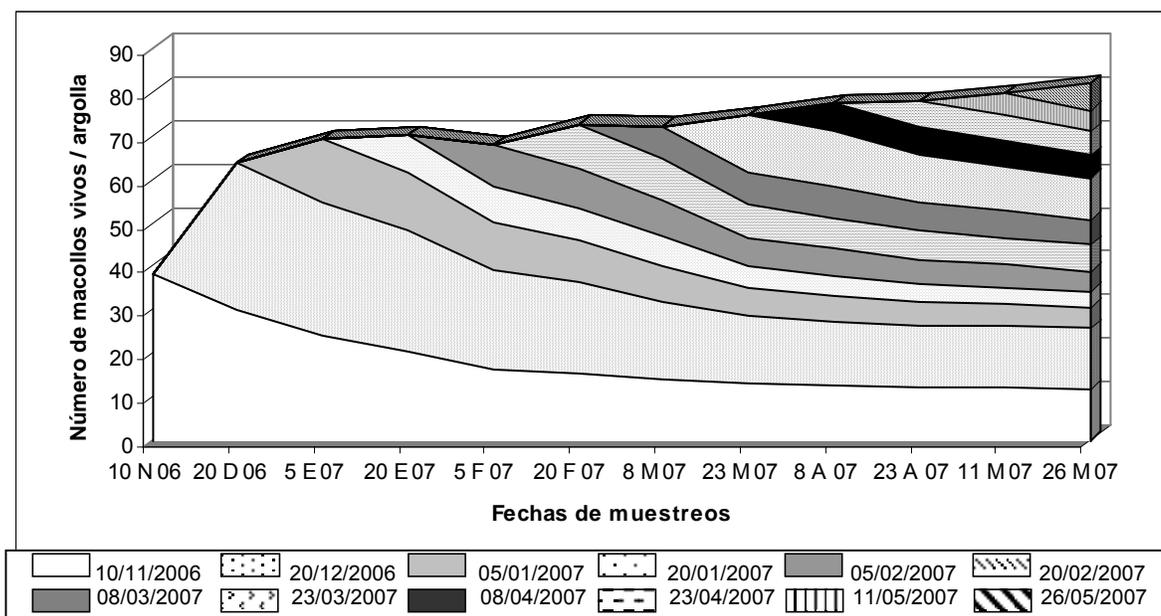
Siguiendo la línea superior de las Figuras 6 a 11, durante el periodo de primavera tardía, los siguientes tratamientos: 1.5 H – 5 cm, 2.5 H – 5 cm, 1.5 H – 8 cm presentan una pendiente de la curva más ascendente (línea superior), lo que refleja un aumento en la población de macollos. Por lo contrario, durante el periodo de estival, los tratamientos cuya frecuencia de pastoreo fue 1.5 H en mayor o menor grado presentaron una curva descendente, en cambio los tratamientos cuya frecuencia de pastoreo fue 3.5 H presentaron una curva ascendente. En el periodo otoñal las mayores pendientes fueron presentadas por los siguientes tratamientos: 1.5 H – 5 cm, 2.5 H – 5 cm, 3.5 H – 8 cm; no existiendo una clara tendencia entre los tratamientos.



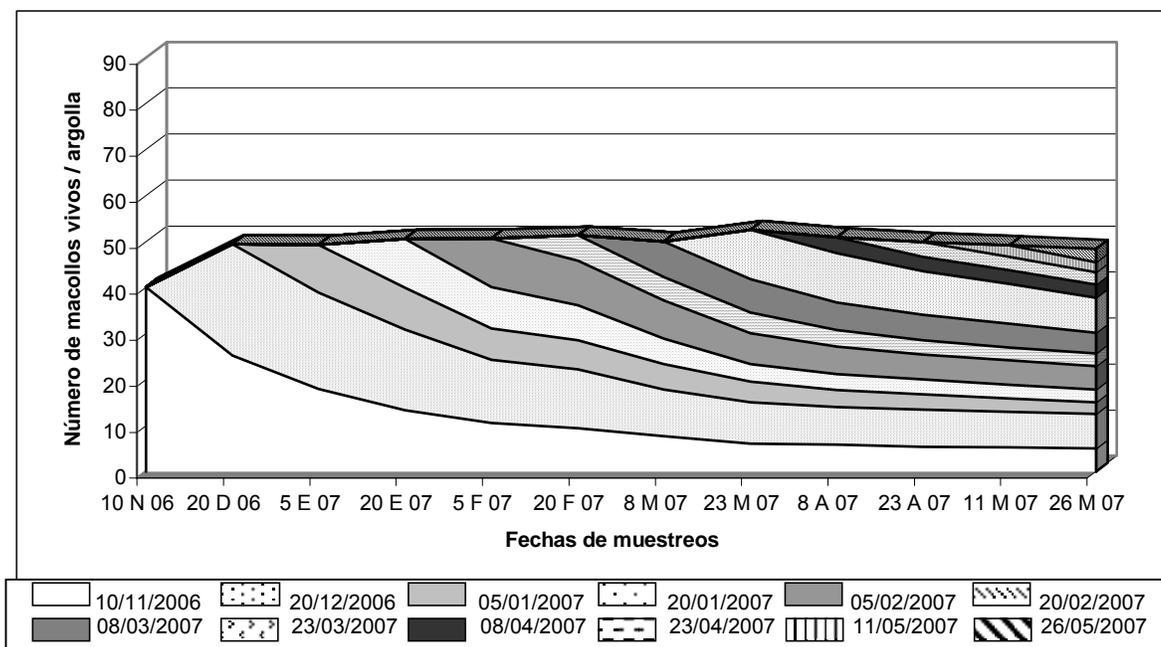
**Figura 6. Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**



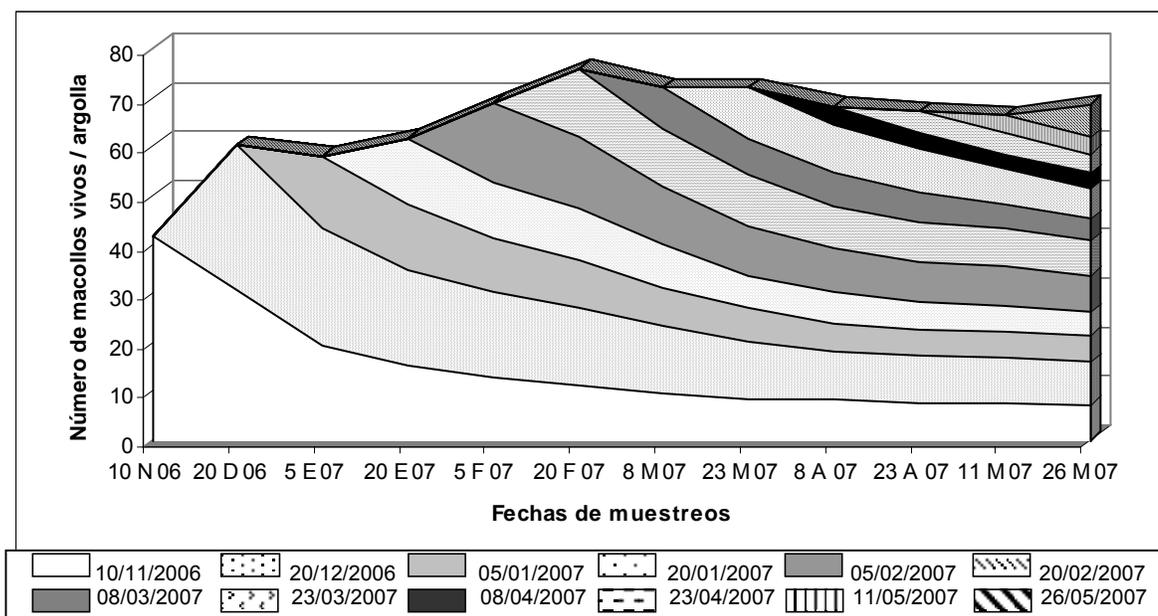
**Figura 7. Sobrevivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**



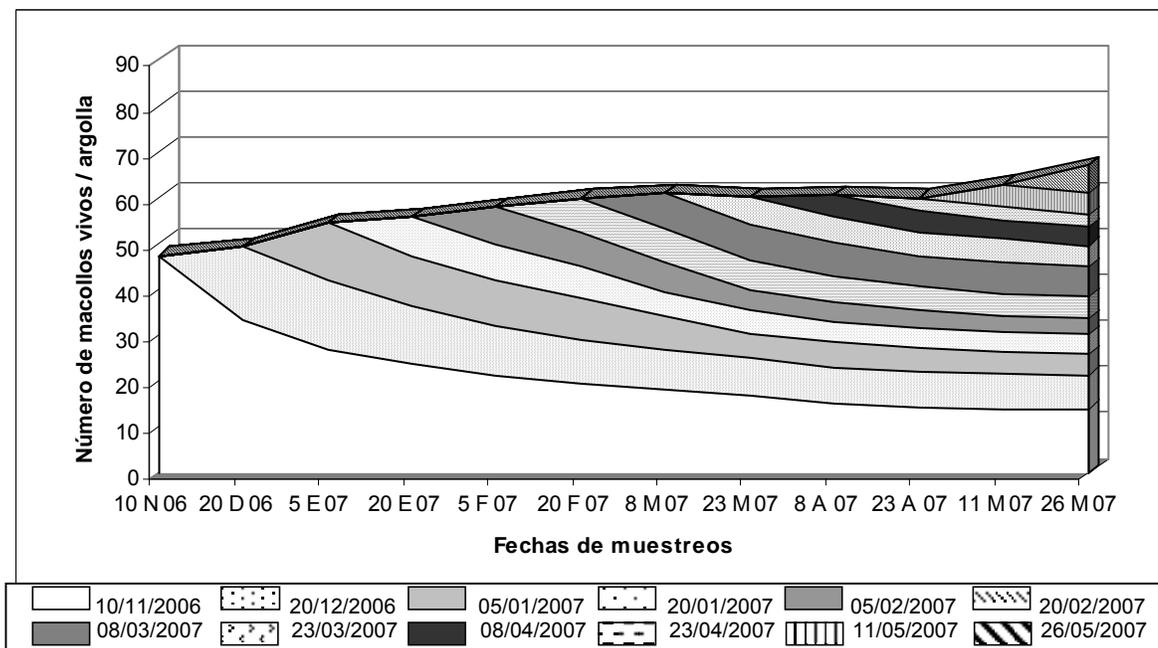
**Figura 8. Supervivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**



**Figura 9. Supervivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**



**Figura 10. Supervivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 5 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**



**Figura 11. Supervivencia, aparición y muerte de macollos de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 8 cm de residuo. (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).**

### 4.3 Densidad de plantas.

La densidad poblacional por m<sup>2</sup>, medida en macollos de gramíneas, en puntos de crecimientos de trébol blanco, y en número de plantas de especies de hoja ancha, se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8 Densidad de plantas, macollos o puntos de crecimientos de especies pratenses en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) y 2 intensidades de pastoreo (5 y 8 cm de altura residual).**

<b>Tratamientos de pastoreo</b>	Ballica inglesa (macollos/m <sup>2</sup> )	Trébol blanco (pts.crecimientos/m <sup>2</sup> )	Otras gramíneas (macollos/m <sup>2</sup> )	Hojas anchas (plantas/m <sup>2</sup> )
1.5 H – 5 cm	8.769 <b>a</b>	706	1.013	127
1.5 H – 8 cm	8.844 <b>a</b>	679	1.140	218
2.5 H – 5 cm	5.432 <b>b</b>	541	1.316	207
2.5 H – 8 cm	6.403 <b>b</b>	785	1.093	95
3.5 H – 5 cm	6.090 <b>b</b>	584	1.777	271
3.5 H – 8 cm	5.512 <b>b</b>	838	2.615	223
<b>Pr &gt; F</b>	*	n.s.	n.s.	n.s.

\*\*\*  $P \leq 0.001$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; \*  $P \leq 0.05$ ; n.s.  $P > 0.05$

Los cores o cilindros de suelo tomados al final del experimento y presentados en el Cuadro 8, muestran que hubo significativamente más macollos de ballica inglesa en los tratamientos más frecuentemente pastoreados (1.5 H) independiente de la intensidad de pastoreo (5 o 8 cm). La densidad de puntos de crecimiento en el trébol, de macollos en otras gramíneas y de plantas en las malezas de hojas anchas, no fue diferente entre los tratamientos.

## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados demuestran que las praderas de ballica inglesa son entidades dinámicas donde los macollos están apareciendo y muriendo a tasas que se diferencian según el manejo y la estación. El equilibrio entre la aparición y muerte de macollos determina la densidad de macollos o el número de macollos vivos por unidad de área. En el presente estudio, las tasas de aparición y mortalidad de macollos fueron medidas en diferentes estaciones, y bajo combinaciones de frecuencias e intensidades de pastoreo.

### 5.1 Balance y dinámica poblacional de macollamiento en ballica inglesa - *patrón estacional*.

A continuación se analizará de manera estacional, el balance entre las tasas (Anexo 1) y la dinámica poblacional de macollamiento (Anexo 8), que es el resultado de dicho balance. Por otro lado se hará referencia a las variables climáticas (grados días acumulados y precipitación), nutricionales (nitrógeno) y fisiológicas, que pudieron haber tenido incidencia directa sobre los resultados.

El desarrollo de las yemas de macollos es altamente dependiente del ambiente y está afectado por este, más que la producción de hojas (CUEVAS, 1980). Se sabe, que la tasa de macollamiento es elevada bajo altos niveles de luz, de temperaturas medias (13 a 25 °C), de una adecuada humedad y disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente nitrógeno (DONAGHY y FULKERSON, 2006). Respecto a la etapa fisiológica, COLVILL y MARSHALL (1984), bajo régimen de corte muy infrecuente (1 corte año<sup>-1</sup>), han identificado dos periodos de intenso macollamiento en praderas de ballica inglesa: uno antes de la elongación de los entrenudos y otro después de antesis.

L'HUILLIER (1987), y HERNÁNDEZ-GARAY *et al.* (1997), mostraron que una mayor tasa de muerte de macollos está asociada a una mayor tasa de aparición de macollos, asociación que en este ensayo, sólo no fue observada entre dos muestreos (del 20 de Diciembre al 5 de Enero y del 20 de Febrero al 8 de Marzo), en el resto de

las mediciones existió en mayor o menor medida una estrecha relación entre ambas tasas de macollamiento (Anexo 1). También en el Anexo 1, queda claramente de manifiesto que no existe una respuesta inmediata en la tasas de macollamiento a los estímulos (superávit hídrico, aplicación de nitrógeno) o a las limitaciones ambientales (déficit hídrico). Por ejemplo, entre el 8 y el 23 de Abril, el total de precipitación registrado durante ese periodo fue de 213 mm, además el 18 del mismo mes se aplicaron 30 kg N ha<sup>-1</sup>, que se ha identificado como un factor estimulador del macollamiento 4 veces más importante que el riego (BAHMANI *et al.*, 2003). No obstante, en los muestreos realizados durante el 23 de Abril y el 11 de Mayo no se observó un aumento en el macollamiento; el efecto positivo de una mayor cantidad de agua caída más una fertilización nitrogenada, solo fue observado en el muestreo subsiguiente (26 de Mayo), a pesar de que durante mayo la temperatura máxima y la radiación global disminuyeron (Cuadro 1). A la inversa, entre las mediciones del 23 de Marzo al 8 de Abril la precipitación acumulada fue de 0 mm, pero la respuesta negativa en la TAM solo fue percibida en la medición subsiguiente (11 de Mayo). La explicación a este desfase, puede deberse a que el macollamiento no tiene un orden prioritario en el funcionamiento de la planta, antes de esta función fisiológica está el desarrollo de nuevas hojas (capacidad fotosintética) (DONAGHY y FULKERSON, 2001), es decir, mediciones a nivel de la lámina debieran dar una respuestas más inmediata.

Para una mejor comprensión de los resultados obtenidos, resulta útil la división en los siguientes periodos estacionales: “máximo macollamiento” (10 de Noviembre del 2006 – 20 de Enero del 2007); “tolerancia estival” (20 de Enero del 2007 – 23 de Marzo del 2007); y “rebrote otoñal” (23 de Marzo del 2007 – 26 de Mayo del 2007). En el Cuadro 9 se presenta, el intervalo estacional de pastoreo y el número total de entradas (pastoreos), a lo largo del periodo de muestreo de la dinámica poblacional de macollos de *Lolium perenne* (10 de Noviembre del 2006 – 26 de Mayo del 2007).

**CUADRO 9 Intervalo estacional de pastoreo (días) y números total de pastoreos, para las diferentes combinaciones de frecuencias (1.5, 2.5, y 3.5 hojas macollo<sup>-1</sup>) e intensidades (5 y 8 cm de altura residual) de pastoreos, a lo largo del periodo de muestreo de macollos.**

Tratamientos	Intervalo estacional de pastoreo (días)			Número total de pastoreos
	máximo macollamiento	tolerancia estival	rebrote otoñal	
1.5 H - 5 cm	17	27	25	9
1.5 H - 8 cm	24	33	34	7
2.5 H - 5 cm	26	38	46	6
2.5 H - 8 cm				
3.5 H - 5 cm				
3.5 H - 8 cm				

#### 5.1.1 “Máximo macollamiento” (10 de Noviembre del 2006 – 20 de Enero del 2007).

En el Cuadro 7 y en el Anexo 8 se puede observar que el menor número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> a lo largo del experimento y para todos los tratamientos, se obtuvo en la primera medición (10 Noviembre del 2006), antes de la aplicación de los respectivos tratamientos. Cuando ensayos de campo han sido conducidos por un periodo de estudio más prolongado, se ha observado que alrededor de mediados de la primavera, se produce una disminución en la TAM (CHAPMAN *et al.*, 1983; L'HUILLIER, 1987; HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997; BAHMANI *et al.*, 2003) o en la densidad total de macollos (HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997) provocado por una notable disminución en la densidad de los macollos vegetativos (KORTE *et al.*, 1984). Esta disminución se produce como consecuencia del inicio del crecimiento reproductivo que provoca el llamado efecto de “dominancia apical”, en donde los brotes ubicados en la base de los macollos que están floreciendo son restringidos en su desarrollo por influencias hormonales desde los entrenudos elongados y desde la inflorescencia (Clifford 1977 citado por KORTE *et al.*, 1986) y por la mayor competencia de los asimilados, en donde aquellas regiones tienen una distribución prioritaria (COLVILL y MARSHALL, 1984). Aunque los cultivares de ballica inglesa también presentan diferencias en tiempo de florecimiento. “Arrow”, el cultivar utilizado en este experimento, presenta un comportamiento reproductivo similar a “Grasslands Nui”

(+10) (AGRISEEDS, 2005). Cuando una pradera de ballica inglesa se establece en otoño, los macollos formados entre los meses de Mayo a Agosto (expuestos a vernalización), contribuyen mayoritariamente con macollos reproductivos, durante el primer año de establecimiento KORTE (1986). En Nueva Zelanda KORTE *et al.* (1984), encontró en “Grasslands Nui” que la elongación de macollos y la emergencia de la inflorescencia se inicia a mediados de Septiembre y a principios de Noviembre, respectivamente. Esto sugiere que durante el muestreo del 10 de Noviembre la pradera se encontraba en estado de vaina engrosada (bota) o espigado, lo que debe haber afectado el promedio inicial de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> (n = 43), ya que la medición posterior registró un incremento de importancia (n = 60).

El balance entre las tasas de macollamiento (Anexo 1) fue máxima durante el muestreo del 20 de Diciembre (TAM/TMM = 2.4), como respuesta el número de macollos argolla<sup>-1</sup> se incrementa, lo cual puede observarse en el Anexo 8, en donde para la mayoría de los tratamientos la pendiente ascendente es más pronunciada. Los valores máximos de macollamiento producidos durante este periodo sugieren que la pradera se encontraba en estado de antesis, ya que esta fase del desarrollo fisiológico es reportada como el periodo en que se produce la máxima tasa de macollamiento en praderas de *L. perenne*, expuestas a manejos de pastoreos tradicionales (Latting 1972 y Matthew *et al.*, 1991 citados por WALLER y SALE, 2001). El balance entre ambas tasas de macollamiento se mantiene positiva durante los dos muestreos siguientes (05 y 20 de Enero), lo que refleja que este es un periodo donde la densidad de la pradera se ve incrementada en forma importante.

Durante los muestreos realizados el 20 de Diciembre del 2006 y el 05 Enero del 2007, se producen las mayores TAM en promedio (1.7, 1.5 macollos nacidos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente). El Anexo 1 y el Cuadro 1 permiten observar que cuando no existió estrés hídrico los demás factores climáticos (temperatura y la radiación global) se relacionaron positivamente con la TAM de la pradera en el periodo final de la primavera e inicio del verano, lo que también se refleja en la menor necesidad de grados días acumulados necesarios para la aparición de 1 macollo argolla<sup>-1</sup> (20 de Diciembre = 14 °C y 5 de Enero = 13 °C). La nula precipitación registrada entre el 05 – 20 de Enero, provocó una mayor necesidad de grados días

acumulados necesarios para la aparición de 1 macollo argolla<sup>-1</sup> durante el muestreo del 20 de Enero (23 °C).

En *L. perenne* un periodo similar de intenso macollamiento se ha observado previamente a fines de la primavera y tempranamente en verano, en praderas bajo un régimen de pastoreo (CHAPMAN *et al.*, 1983; KORTE *et al.*, 1984; L'HUILLIER., 1987; HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997; BAHMANI *et al.*, 2003) o de corte (KORTE, 1986), en Nueva Zelanda. Por contraste en Sudáfrica MCKENZIE (1997), reportó una mayor TAM en la primavera; y en el Reino Unido, el más rápido periodo de macollamiento ocurre a fines del verano (COLVILL y MARSHALL, 1984; BULLOCK *et al.*, 1994). Como sugiere KORTE (1986), el desfase geográfico entre las altas tasas de macollamiento es producto de diferencias en el momento en que se inicia el crecimiento reproductivo. El desarrollo reproductivo se daría más tardíamente en el Reino Unido y más tempranamente en Sudáfrica en comparación a Nueva Zelanda y Valdivia, debido principalmente a diferencias de temperatura y de longitud de día asociados a la latitud.

#### 5.1.2 “Tolerancia estival” (20 de Enero del 2007 – 23 de Marzo del 2007).

El déficit de hídrico registrado durante los meses de Enero (29 mm), Febrero (14 mm) y Marzo (40 mm) respecto la precipitación histórica, (ver Cuadro 1) o los 0 mm caídos entre el 05 – 20 de Enero, provocaron que la relación entre ambas tasas de macollamiento fuera más estrecha, y los grados días acumulados necesarios para la aparición de 1 macollo argolla<sup>-1</sup> aumentaran (Anexo 1). A partir de este periodo deja de darse una asociación positiva entre los factores ambientales y la TAM, debido principalmente al estrés hídrico que se produjo con anterioridad. Entre Enero y Febrero se producen los valores más altos de temperatura y radiación global, por lo que hay un punto donde, aunque estas variables climáticas siguen subiendo la falta de agua empieza a actuar como limitante. Lo que sugiere que durante este periodo el factor fisiológico del estímulo sobre los meristemas de crecimiento cobra menos relevancia debido a que entra en juego la supervivencia de la planta, por lo que ésta dejaría de responder a la mayor insolación o radiación global, que corresponde al 40 % de la luz visible que llega a los cloroplastos (PEREZ y MARTINEZ-LABORDE, 1994). Además, durante este periodo la humedad relativa es más baja (Cuadro 1), lo que favorece el

cierre de los estomas, obstruyéndose el flujo de CO<sub>2</sub> hacia el interior de la hoja. La menor concentración interna de CO<sub>2</sub> favorecerá la oxigenación de la ribulosa-difosfato (RuDP) en las plantas C-3, cuya eficiencia fotosintética disminuirá. Las plantas C-3 se comportan más eficazmente en condiciones de temperaturas no muy altas y alta humedad relativa (PEREZ y MARTINEZ-LABORDE, 1994).

La TMM fue más elevada durante este periodo, presentando un valor de alrededor de 1 macollo muerto 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; otros estudios han reportado similar patrón (McKENZIE, 1997; HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997; BAHMANI *et al.*, 2003). Resultados de THOM (1991), reportan que los macollos reproductivos tienen una mayor probabilidad total de morir ( $P = 0.24$  semana<sup>-1</sup>) que los macollos vegetativos ( $P = 0.09$  semana<sup>-1</sup>). También L'HUILLIER (1987), indico que la mayor contribución a la mortalidad durante el verano, se debe a los macollos reproductivos.

Además, en el Anexo 1 se observa que la TAM decrece consistentemente desde el periodo anterior, e incluso se produce un balance negativo (TAM/TMM = 0.9) durante el muestreo del 08 de Marzo, lo indica que el periodo de "tolerancia estival" es un período crítico para la sobrevivencia y persistencia de la ballica inglesa en la pradera mixta.

### 5.1.3 "Rebrote otoñal" (23 de Marzo del 2007 – 26 de Mayo del 2007).

El llamado "flush" de macollamiento durante el otoño fue observado, pero tardíamente (Anexo 1). Resultados contradictorios se han observado en Nueva Zelanda, algunos investigadores han reportado un aumento en la tasa de macollamiento (HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997), en cambio otros han informado una disminución bajo régimen de corte (KORTE, 1986) o de pastoreo (L'HUILLIER, 1987). La diferencia de macollamiento en otoño que se da en Nueva Zelanda, puede ser causada por la distribución de las precipitaciones entre las estaciones experimentales L'HUILLIER (1987). BAHAMANI *et al.* (2003), mostraron que el macollamiento en otoño es más pronunciado en praderas expuestas a sequías de verano. DONAGHY *et al.* (1997), encontraron que un riego continuo durante el verano decreció la iniciación de macollos en un 38 %, resultando en que la densidad en otoño disminuyó un 21 % más en parcelas regadas que en no-regadas. De acuerdo al

Cuadro 1, la precipitación total durante el verano fue menor al promedio histórico y durante Abril cayeron 64 mm más respecto a éste promedio, por lo que cabría esperar una aumento en la TAM en el transcurso del otoño. En el Anexo 1 se aprecia que solo entre las mediciones del 11 Mayo al 26 Mayo, se observó una tendencia al aumento en la TAM y un balance más positivo (TAM/TMM = 1.6); está podría ser un efecto retardado de la mayor pluviometría ocurrida durante el mes Abril más la aplicación de 30 unidades de nitrógeno (18 Abril). Similar compensación en el macollamiento a fines del otoño e inicios del invierno, después de una reducción drástica en la población de macollos producto de un periodo prolongado de sequía ha sido observado en praderas bajo pastoreo (KORTE, 1986 y L'HUILLIER, 1987).

## **5.2 Dinámica, balance y densidad poblacional de macollos de ballica inglesa - efecto de los tratamientos.**

En esta sección se analizará, como afectan las diferentes combinaciones de frecuencias e intensidades de pastoreos aplicadas a una pradera mixta, a la supervivencia y persistencia de los macollos de *L. perenne* reflejados en la dinámica (Cuadro 7; Figuras 6 a 11; y Anexo 8), en el balance (Anexos 2 al 7) y en la densidad poblacional de macollos de ballica inglesa (Cuadro 8), a través de los diferentes periodos estacionales propuestos por el presente estudio. En cada periodo estacional se postulará y analizará el o los posibles factores fisiológicos, que probablemente influyeron en mayor medida sobre los resultados.

En el presente estudio, un pastoreo frecuente e intenso (1.5 H – 5 cm), provocó el mayor número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> a lo largo de todo el periodo experimental (Cuadro 7; Figuras 6; y Anexo 8), lo que coincidió con la mayor densidad de macollos de ballica inglesa obtenidos en los pastoreos más frecuentes (1,5 H) al final del ensayo (Cuadro 8), producto de una relativa mayor TAM y una menor TMM, diferencia que se produce con una mayor magnitud y de forma estadísticamente significativa en el caso de la TAM, durante las primeras mediciones (Cuadros 5 y 6; Anexos 2 al 7). Tales resultados, son sustentados por otras investigaciones (GRANT *et al*, 1981; KORTE *et al*, 1982; McKENZIE, 1997). Estos autores han reportado que praderas más intensamente pastoreadas, incrementan los macollos desde los brotes, esto acoplado a

una mayor penetración de luz, lo que resulta en una rápido incremento en el macollamiento, asociado una mayor densidad de macollos.

#### 5.2.1 “Máximo macollamiento” (10 de Noviembre del 2006 – 20 de Enero del 2007).

En la primavera tardía (20 de Diciembre) las mayores TAM y relaciones (TAM/TMM) fueron presentadas por los tratamientos de 1.5 H – 5 cm (Anexo 2), y de 2.5 H – 5 cm (Anexo 4), con producciones de 2.1 y 2.2 macollos nacidos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, y una relación positiva de 3 y 4, para cada tratamiento; la mayor relación producida entre las tasas queda de manifiesto en las Figuras 6 a 11, en donde la línea superior de dichos tratamientos para el primer cohorte, presenta una mayor pendiente ascendente. El contraste estuvo en el tratamiento de 3.5 H – 8 cm (Anexo 7) que para el mismo período presentó una TAM de 0.8 macollos nacidos 100 macollos<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y una relación estrechamente positiva (TAM/TMM = 1.1), reflejado en una pendiente casi horizontal en la Figura 11. La diferencia en la TAM para dicho periodo fue estadísticamente significativa (Cuadro 5). Para igual periodo los siguientes tratamientos: 1.5 H – 5 cm (Anexo 2), 1.5 H – 8 cm (Anexo 3), y 2.5 H – 5 cm (Anexo 4), y presentaron sus puntos máximos en la TAM a lo largo de todo el periodo experimental.

Para el período que se está reportando, el ranking para la sumatoria en el balance entre las tasas de macollamiento (TAM/TMM) ubicó a los tratamientos de mayor a menor de la siguiente forma (Anexos 2 a 7):

$$2.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} (7.2) > 1.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 1.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} > 3.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 3.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} > 2.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} (3.9)$$

Los valores entre paréntesis representan la sumatoria (mayor y menor) en el balance entre las tasas de macollamiento, para el periodo de máximo macollamiento.

Los resultados obtenidos podrían ser consecuencia de un mejor aprovechamiento fisiológico de la pradera sumado a las modificaciones microambientales que se provocan con tratamientos más frecuentes e intensos.

#### 5.2.1.1 Efecto del manejo de pastoreo – Pastoreo intenso en antesis.

En antesis, los macollos reproductivos de la ballica inglesa retienen la mayoría del carbono fijado (Ong *et al.*, 1978 citados por BAHAMANI *et al.*, 2000) para luego decrecer debido a la conversión de CHOS en almidón (Smith 1973 citado por FULKERSON y DONAGHY, 2001).

Remover la inflorescencia en antesis es beneficioso porque permite que los asimilados sean utilizados para el desarrollo de nuevos macollos lo cual, en praderas usadas en pastoreo, es mejor que proveer asimilados para el llenado de las semillas (Matthew *et al.*, 1991 citados por WALLER y SALE, 2001). MATTHEW (2002), comprobó que la formación de macollos nuevos desde macollos florecidos es mayor cuando la espiga se decapita a nivel del nudo de la hoja bandera, y es reducido cuando se la deja intacta o cuando se la remueve a nivel del suelo. Además Waller (datos no publicados) citado por WALLER y SALE (2001), encontró 15 veces más macollos nuevos creciendo desde la base del tallo reproductivo que macollos nuevos creciendo desde macollos vegetativos que no produjeron semillas. Tal formación de macollos desde brotes viejos, luego de la interrupción del desarrollo reproductivo, también fue registrada por KORTE (1986) y observada durante este ensayo. Los macollos producidos en antesis también son importantes para una mayor persistencia de la ballica inglesa, ya que ellos pueden vivir por sobre los 12 meses lo cual es mayor que los macollos producidos en cualquier otra época del año (COLVILL y MARSHALL, 1984).

Permitir en cierto grado el desarrollo reproductivo durante la primavera antes de remover la semilla podría ser beneficioso para la sobrevivencia de nuevos macollos (COLVILL y MARSHALL, 1984). Ahora bien, en el presente estudio todos los tratamientos dieron la oportunidad de que se produzca un desarrollo reproductivo, pero de acuerdo a las mediciones realizadas entre el 10 Noviembre y el 20 Diciembre del 2006, en los tratamiento más frecuentes e intensos (1.5 H – 5 cm, 1.5 H – 8 cm, y 2.5 H – 5 cm) existió una mayor probabilidad de que las vacas actuaran sobre la inflorescencia, debido a un mayor número de entradas y a un mayor número de ciclos de pastoreo, presentándose para todos ellos los valores máximos en la TAM respecto a los demás tratamientos, y una mayor sumatoria en la relación entre tasas para el periodo

propuesto (Anexos 2 al 7). Como señalan KORTE *et al.* (1984), la intensidad y la frecuencia de pastoreo tienen un efecto sobre la selectividad, un pastoreo suave (> IAF residual), tiene poco efecto en el desarrollo de macollos reproductivos porque el ganado bajo estas condiciones, come principalmente hojas, en cambio un pastoreo duro (< IAF residual), aparte de lo anterior, remueve la inflorescencia. Sin embargo, es también notable que otros estudios de pastoreo hayan concluido que el macollamiento no es influenciado por la intensidad o frecuencia de corte (CHAPMAN *et al.*, 1983; KORTE, 1986; THOM, 1991; TURNER *et al.*, 2005). Por lo tanto pareciera que la manipulación del manejo en sincronización con el desarrollo reproductivo de la pradera tiene un periodo que es crítico en la obtención de una ventaja potencial en la respuesta al macollamiento y por consiguiente en la supervivencia de la especie.

En cultivares neozelandeses de *Lolium perenne*, este principio de manejo agronómico ha sido demostrado tanto en praderas pastoreadas por vacas lecheras (Da Silva *et al.*, 1994 citado por MATTHEW 2002) como por ovejas (KORTE *et al.*, 1984; HERNÁNDEZ-GARAY *et al.*, 1997). No obstante, Matthew *et al.* (1993), citados por BAHAMANI *et al.* (2000), sugieren que entre los cultivares de ballica inglesa existen distintas estrategias de supervivencia. Así por ejemplo, el cv “Ellett” presenta una estrategia de persistencia reproductiva en la que la renovación de la pradera ocurre principalmente en la etapa de floración. Similar comportamiento fue reportado por HERNANDEZ-GARAY *et al.* (1997), en praderas de ballica inglesa cv “Nui”. Por el contrario, el cv. “Ruanui” muestra una persistencia vegetativa porque los nuevos tallos provienen de tallos sin florecer y son formados a una tasa constante. En base a los resultados del ensayo y a la observación de brotes producidos desde los macollos reproductivos, se puede inferir que el cv. “Arrow” presenta una estrategia de persistencia del tipo reproductiva.

#### 5.2.1.2 Efecto del manejo de pastoreo – Modificaciones micro-ambientales.

Por otro lado la respuesta de la pradera puede ser limitada por modificaciones micro-ambientales consecuencias del manejo (GRANT *et al.*, 1981). Sobre la etapa de 3-hojas de rebrote, se limita probablemente el efecto positivo de los CHOS en la iniciación de macollos debido a la sombra que se produce en la base de las plantas (FULKERSON y DONAGHY, 2001). Con cortes (defoliaciones) frecuentes se reduce la

competencia por luz y aumenta la proporción de luz roja / luz roja lejana (R:FR), de modo que la respuesta fotomorfogénica de la pradera es la formación de hojas cortas y alta densidad de tallos. Por el contrario, con cortes menos frecuentes las plantas desarrollan hojas largas y reducen el tasa de aparición de tallos (Mazzanti *et al.*, 1994 y Lemaire, 2001 citados por VELASCO ZEBADUA *et al.*, 2007). Mediciones realizadas con espectro radiómetro, muestran que bajo una condición de sombreado, las plantas reciben un menor nivel de luz fotosintéticamente activa (400-700), especialmente de la composición espectral roja que afecta el cuociente R:FR (BAHAMANI *et al.*, 2000). AUDA *et al.* (1966), en *Dactylis glomerata*, BAHAMANI *et al.* (2000), en *Lolium perenne*, y DEREGBUS *et al.* (1985), en *Paspalum dilatatum* y *Sporobolus indicus*, demostraron que el macollamiento disminuye en la medida que decrece la intensidad de luz. Los experimentos sugieren que las partes localizadas bajo la canopia son sensibles a cambios en la composición espectral de la luz. YANG y MATTHEW (1998), han determinado que tanto en la ballica inglesa y como en la festuca alta, el número total de fitomeros activos aumentan de forma significativa ( $P < 0.05$ ), a medida que disminuyen las alturas de corte:  $3 > 10 > 18$  cm.

Esto sugiere que los tratamientos más frecuente e intensamente desfoliados (1.5 H – 5 cm, 1.5 H – 8 cm y 2.5 H – 5 cm), permitirían una mayor entrada cuantitativa y cualitativa de luz, que resulta en una mayor tasa de macollamiento y como consecuencia se produce un mayor número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup>, los que se mantuvieron vivos hasta el final del ensayo (Cuadro 8 y Anexo 8).

#### 5.2.2 “Tolerancia estival” (20 de Enero del 2007 – 23 de Marzo del 2007).

La evaluación en la sumatoria del balance entre TAM y TMM (Anexos 2 a 7) para el período propuesto indicó que la tolerancia al estrés ambiental se distribuyó de la siguiente forma (de mayor a menor tolerancia):

$$3.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} (5.6) > 2.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 3.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} > 1.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 2.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} > 1.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} (3.8)$$

Los valores entre paréntesis representan la sumatoria (mayor y menor) en el balance entre las tasas de macollamiento, para el periodo de tolerancia estival.

#### 5.2.2.1 Efecto del manejo de pastoreo – Nivel de carbohidratos solubles.

La habilidad de especies perennes de seguir creciendo luego de una desfoliación y de tolerar un estrés depende de su capacidad de acumular carbohidratos de reserva en la vaina para transportarlos a los tejidos en crecimiento (WHITE, 1973). En el verano, cuando se produce un estrés hídrico medio, los CHOS son desplazados desde las hojas senescentes hacia las raíces para el crecimiento radicular (Jones 1988 citado por WALLER y SALE, 2001). Con estrés hídrico más severo, los CHOS son involucrados en ajustes osmóticos en los puntos de crecimiento y en los tejidos circundantes. Tolerar el bajo potencial osmótico o deshidratación es reportado como clave en la supervivencia de una gran variedad de gramíneas perennes (VOLLAIRE, 1995; VOLLAIRE *et al.*, 1998).

Previos estudios en *L. perenne* (FULKERSON y SLACK, 1994; 1995; DONAGHY y FULKERSON, 1997; 1998) han evidenciado que existe una relación positiva entre el contenido de CHOS en la vaina y el rebrote. También se ha demostrado como aumenta el nivel de CHOS con defoliaciones infrecuentes (FULKERSON y SLACK, 1995; DONAGHY y FULKERSON, 1997; 1998; HAZARD *et al.*, 2001; BOSCHMA *et al.*, 2003; TURNER *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos podrían ser consecuencia de un mayor reaprovisionamiento de los CHOS de reserva, ya que los pastoreos más infrecuentes (3.5 H) versus lo más frecuentes (1.5 H) presentan un mejor balance durante este periodo (Anexos 2 al 7), y una pendiente del tipo convexa para la dinámica de macollamiento durante los muestreos del periodo propuesto (Figura 6 a 11 y Anexo 8). Esto sugiere que aquella estrategia de manejo que minimice la utilización / pérdida de carbohidratos durante el verano puede ayudar en la supervivencia, como lo recomiendan algunos investigadores (WALLER y SALE, 2001; BOSCHMA *et al.*, 2003).

#### 5.2.3 “Rebrote otoñal” (23 de Marzo del 2007 – 26 de Mayo del 2007).

El ranking para el rebrote otoñal (Anexos 2 a 7), considerando el período de fines de marzo hasta fines de mayo, mostró que la sumatoria en el balance TAM/TMM para los tratamientos fue:

$$3.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} (7.5) > 1.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} = 2.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 1.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} > 3.5 \text{ H} - 5 \text{ cm} > 2.5 \text{ H} - 8 \text{ cm} (3.0)$$

Los valores entre paréntesis representan la sumatoria (mayor y menor) en el balance entre las tasas de macollamiento, para el periodo de rebrote otoñal.

El rápido rebrote durante el otoño está altamente relacionado a la mayor disponibilidad de carbohidratos de reserva al final de un periodo de estrés hídrico (VOLAIRE, 1995; VOLAIRE y GANDOIN, 1996; VOLAIRE *et al.*, 1998). Éstos son utilizados como fuente de metabolitos (para síntesis celular) y osmolitos (para la expansión celular) una vez que retornan las lluvias (THOMAS y JANES, 1999). Según esto, los tratamientos más infrecuentes (3.5 H) deberían haberse visto favorecidos, lo cual solo ocurrió en el tratamiento de 3.5 H – 8 cm, no así en el tratamiento de 3.5 H – 5 cm. Aunque durante el verano los niveles residuales óptimos son mayores, debido al ángulo de incidencia del sol (Brougham, 1957 citado por LANGER, 1990), y además, permiten un mayor desarrollo radicular EVANS (1973), no se observó ninguna tendencia durante este periodo (otoño) entre los diferentes manejos de pastoreo (intensidad o frecuencia).

Probablemente el otoño representa un periodo de transición en donde factores fisiológicos como los carbohidratos de reserva y el estímulo sobre los meristemas de crecimiento están influyendo de manera antagónica y compensatoria. Posteriormente durante el invierno TOMAS y NORRIS (1999), reportan que el sombreado reduce la tasa de macollamiento, y VOLAIRE y GANDOIN (1996), no encontraron una influencia de los CHOS de reserva para este periodo, es decir, durante el invierno la luz volvería a ser un factor relevante, en el macollamiento. Esto coincide de alguna manera, con la mayor densidad de macollos de ballica inglesa muestreados durante los meses de Junio – Julio, para los tratamiento más frecuentemente pastoreados (1.5 H).

## 6. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las condiciones edafoclimáticas presentadas durante el periodo en que se realizó el ensayo se puede concluir lo siguiente:

- El macollamiento de *Lolium perenne* sobre una pradera mixta (ballica inglesa y trébol blanco), responde de manera desfasada a los estímulos o limitaciones (estrés) ambientales.
- El aumento de la densidad de la pradera está estrechamente relacionado al balance positivo entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM), lo que sucede en la primavera tardía e inicios del verano, cuando dicho balance es mayor y la TAM es máxima, especialmente en los tratamientos más frecuentemente pastoreados.
- El periodo estival tardío, representa una etapa de susceptibilidad en la sobrevivencia de la ballica inglesa sobre una pradera mixta: La TMM puede superar a la TAM; presentando los tratamientos menos frecuentes una mejor tolerancia al estrés hídrico.
- La densidad de la pradera durante el otoño aumenta ( $TAM > TMM$ ), pero de forma tardía y con una menor magnitud; no observándose en el presente estudio tendencias claras entre los tratamientos.
- La frecuencia de pastoreo genera una dinámica diferenciada de nacimiento y muerte de macollos que influye sobre el número de macollos vivos por superficie, no influyendo así la intensidad de pastoreo.

## 7. RESUMEN

En la Estación Experimental Santa Rosa, Universidad Austral de Chile, Valdivia, con el objetivo de evaluar el efecto de la intensidad y frecuencia de pastoreo sobre la dinámica de macollamiento, se estableció una pradera de *Lolium perenne* (ballica inglesa) y *Trifolium repens* (trébol blanco). Se combinaron 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo. Las frecuencias de pastoreo fueron dadas por los estados de desarrollo de la ballica inglesa: 1.5 hojas, 2.5 hojas y 3.5 hojas (1.5 H; 2.5 H y 3.5 H). Las 2 intensidades de pastoreo fueron las alturas residuales no disturbadas de 5 cm y 8 cm. La tasa de aparición de macollos (TAM), la tasa de mortalidad de macollos (TMM), el número de macollos vivos argolla<sup>-1</sup>, y la densidad de población macollos fueron analizados en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de los tratamientos (1.5 H – 5 cm; 1.5 H – 8 cm; 2.5 H – 5 cm; 2.5 H – 8 cm; 3.5 H – 5 cm y 3.5 H – 8 cm), con tres repeticiones. Se aplicó ANDEVA y LSD.

El mayor balance positivo entre la TAM y TMM se produce entre el 10 Noviembre al 20 de Enero (periodo máximo de macollamiento). Durante el periodo estival restante, ambas tasas se homogenizan e incluso llega a producirse un balance negativo (TMM > TAM). En el otoño se produce un diferenciamiento positivo tardío y de menor magnitud entre ambas tasas. Se concluye que pastorear ballica inglesa en estados tempranos (1.5 H) genera un mayor números de macollos por unidad de superficie respecto a pastoreos en estados más tardíos (3.5 H), debido principalmente a que presentan un mejor balance (TAM/TMM) durante el periodo máximo de macollamiento; siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0.05$ ) en la densidad poblacional de macollos, al final del ensayo.

## SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effect of grazing frequency and defoliation intensity on tillering dynamics of *Lolium perenne* L. A *L. perenne* sward and *Trifolium repens* sward was established at the Universidad Austral de Chile's Santa Rosa Research Station, Valdivia. There were applied 3 grazing frequencies, according to *L. perenne* leaf stage: 1.5, 2.5 and 3.5 leaves (1.5 H; 2.5 H and 3.5 H); and 2 defoliation intensities, according to undisturbed residual height: 5 and 8 cm. Tiller appearance rate (TAM), tiller death rate (TMM), alive tiller number and tiller density were evaluated. A randomized complete block design with a factorial arrangement of the treatments was applied, with three blocks. ANOVA and LSD tests were performed.

The largest positive balance between TAM and TMM occurred from November to January, which was the period of maximum tillering rate. During summer either, TAM and TMM, remained similar or even tillering rate showed a negative balance (TAM < TMM). In autumn tillering rate was lower than the one during spring, and reached a positive balance late in this season.

It was concluded that *L. perenne* grazed in an early leaf stage (1.5 H) generates a larger tiller number per unit of area, in comparison to pastures grazed during more mature development stages (3.5 H). The TAM/TMM balance reached by *L. perenne* grazed in an early leaf stage (1.5 H) during spring, was positively related to the high density tiller population obtained during late autumn.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- ANASAC. 1999. Catálogo de forrajeras. Programa de forrajeras. 183 p.
- AGRISEEDS. 2005. Superior pastures. <http://www.agriseeds.co.nz.html> (8 de agos. 2006).
- AUDA, H., BLASER, E. Y BROWN, H. 1966. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. *Crop Science* 6: 139-143.
- BAHMANI, I., VARLET-GRANHER, C., HAZARD, L., MATTHEW, C., BETIN, M., LANGLAIS, A., LEMAIRE, G. y THOM, E. 2000. Post-flowering tillering in contrasting light environments of two New Zealand perennial ryegrass cultivars with different perennation strategies. *Grass and Forage Science* 55: 367-371.
- BAHMANI, I., THOM, E., MATTHEW, C., HOOPER, R. y LEMAIRE, G. 2003. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivar, season, nitrogen fertilizer and irrigation. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 803-817.
- BOSCHMA, S., SCOTT, J., HILL, M., KING, J. y LUTTON, J. 2003. Plant reserves of perennial grasses subjected to drought and defoliation stresses on the Northern Tablelands of New South Wales, Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 819-828.
- BULLOCK, J., CLEAR, B. y SILVERTOWN, J. 1994. Tiller dynamics of two grasses – responses to grazing, density and weather. *Journal of Ecology* 82: 331-340.
- CHAPMAN, D., CLARK, D., LAND, C. y DYMOCK, N. 1983. Leaf and tiller growth of *Lolium perenne* and *Agrostis* spp. and leaf appearance rates of *Trifolium repens* in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 26: 159-168.

- COLVILL, K. y MARSHALL, C. 1984. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Annals of Applied Biology* 104: 543-557.
- CUEVAS, E. 1980. Manejo y utilización de praderas. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Serie B-7. 201 p.
- DEREGIBUS, V., SANCHEZ, R., CASAL, J. y TRLICA, M. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology* 22: 199-206.
- DONAGHY, D. y FULKERSON, B. 1997. The importance of water-soluble carbohydrate reserves on regrowth and growth of *Lolium perenne* (L.). *Grass and Forage Science* 52: 401-407.
- DONAGHY, D., SCOTT, J. y FULKERSON, B. 1997. Effect of defoliation frequency and summer irrigation on survival of perennial (*Lolium perenne*) and biennial (*Lolium multiflorum*) ryegrass in the subtropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37: 537-545.
- DONAGHY, D. y FULKERSON, B. 1998. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science* 53: 211-218.
- DONAGHY, D. y FULKERSON, B. 2002. The impact of defoliation and nitrogen fertilizer application in spring on summer survival of perennial ryegrass under grazing in subtropical Australia. *Grass and Forage Science* 57: 351-359.
- DONAGHY, D. y FULKERSON, B. 2006. Principles for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures. Tasmanian Institute of Agricultural Research. 10 p.

- EVANS, P. 1973. The effect of repeated defoliation to three different levels on root growth of five pasture species. *Journal of Agricultural Research* 16: 31-34.
- FULKERSON, B. y SLACK, K. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 1. Effect of water-soluble carbohydrates and senescence. *Grass and Forage Science* 49: 373-377.
- FULKERSON, B. y SLACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science* 50: 16-20.
- FULKERSON, B., SLACK, K., HENNESSY, D. y HOUGH, G. 1998. Nutrients in ryegrass (*Lolium spp.*), white clover (*Trifolium repens*) and kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) pastures in relation to season and stage of regrowth in a subtropical environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38: 227-240.
- FULKERSON, B. y DONAGHY, D. 2001. Plant-soluble carbohydrate reserves and senescence - key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass-based pastures: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 261-275.
- GASTO, J., COSIO, F. y PANARIO, D. 1983. Clasificación de ecorregiones y determinación de sitio y condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Santiago. Chile. Red de pastizales andinos. pp: 13-14.
- GRANT, S., BARTHAM, G. y TORVELL, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. *Grass and Forage Science* 36: 155-168.
- HAZARD, L., BARKER, D. y EASTON, H. 2001. Morphogenetic adaptation to defoliation and soil fertility in perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *New Zealand Journal of Agricultural Research* 44: 1-12.

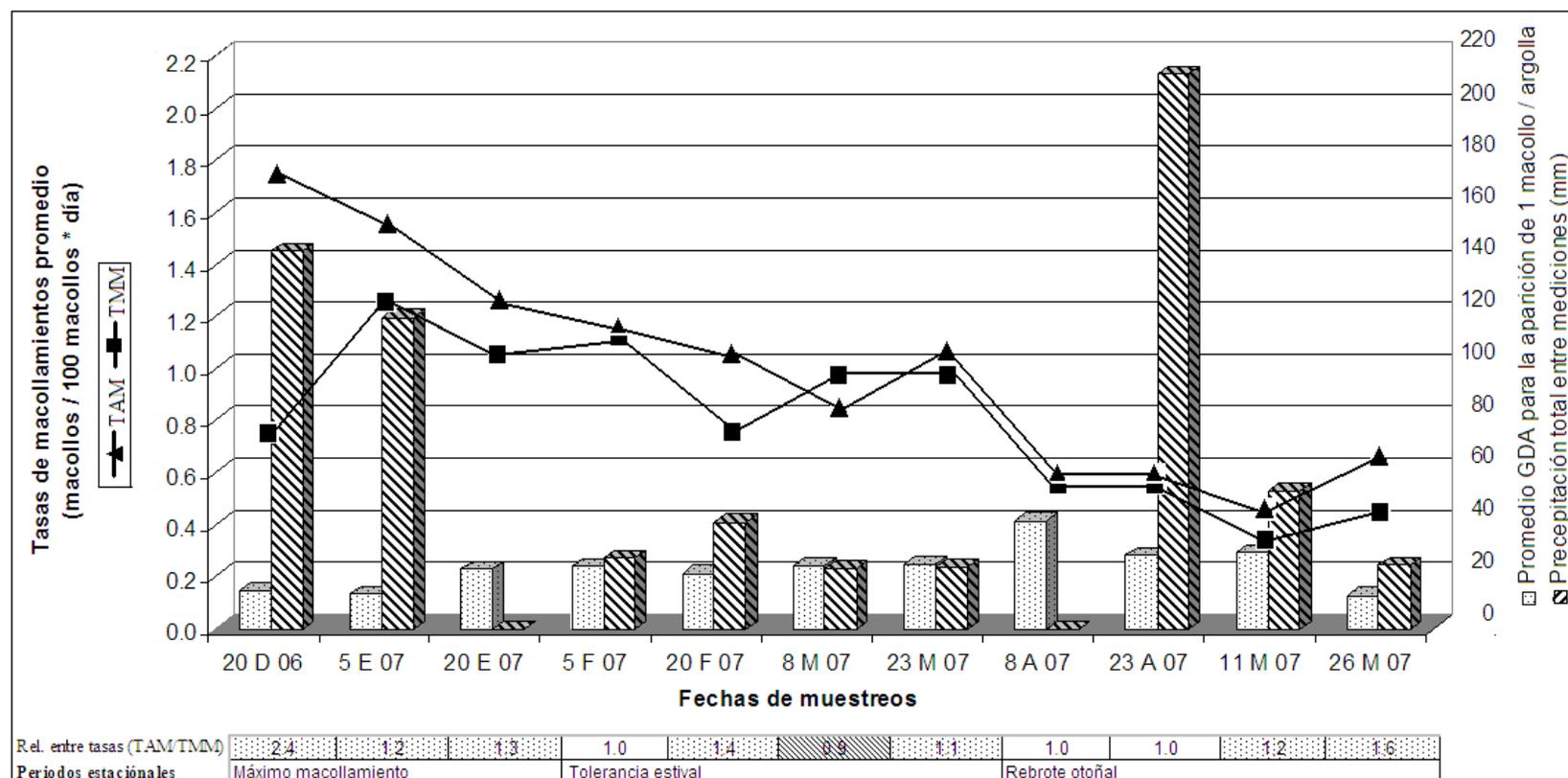
- HERNANDEZ-GARAY, A., MATTHEW, C. y HODGSON, J. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40: 37-50.
- HOPKINS, A. 2000. *Grass its production and utilization*. 3ªed. Devon, Inglaterra. Blackwell Science. 429 p.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES, CORPORACION DE FOMENTO y UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. 1978. *Estudio de suelos de la provincia de Valdivia*. Santiago, Chile. 178 p.
- KORTE, C., SPALL, G. y CHU, P. 1982. Pattern of tillering in a Grasslands 4708 tetraploide hybrid ryegrass sward following two heights of mowing. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27: 135-149.
- KORTE, C., WATKIN, B. y 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: 135-149.
- KORTE, C. 1986. Tillering in "Grasslands Nui" perennial ryegrass swards 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 29: 629-638.
- LANGER, R. 1990. *Pastures: their ecology and management*. Oxford University Press. 499 p.
- L'HUILLIER, P. 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: 15-22.

- MATTHEW, C. 2002. Translocation from flowering to daughter tillers in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Australian Journal of Agricultural Research 53: 21-28.
- McINTYRE, G. 1952. A method for unbiased selective sampling, using rankek sets. Australian Journal of Agricultural Research 3: 385-390.
- McKENZIE, F. 1997. Influence of grazing frequency and intensity on tiller appearance and death rates of *Lolium perenne* L. under subtropical conditions. Australian Journal of Agricultural Research 48: 337-342.
- MITCHELL, K. y GLENDAY, A. 1958. The tiller population of pastures. New Zealand Journal of Agricultural Research 1: 305-318.
- MORVAN-BERTRAND, A., BOUCAUD, J. y PASCALE, M. 1999. Influence of initial levels of carbohydrates, fructans, nitrogen, and soluble proteins on regrowth of *Lolium perenne* L. cv. Bravo following defoliation. Journal of Experimental Botany 50: 1817-1826.
- ORTEGA, F. y ROMERO, O. 1992. Ficha forrajera para la IX Región de la Araucanía. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca. 11(3):45-46.
- PEREZ, F. y MARTINEZ-LABORDE, J. 1994. Introducción a la fisiología vegetal.. (eds). Mundi-Prensa. Madrid, España. 218 p.
- PEREZ, T., HERNÁNDEZ-GARAY, A., PEREZ, J., HERRERA, J. y BARCENA, R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica pecuaria (México) 40 (3): 251-263.
- SAS, 1988. SAS user's guide, release 6.03 edition. Statistical Analysis System Institute Cary, North Carolina, USA.

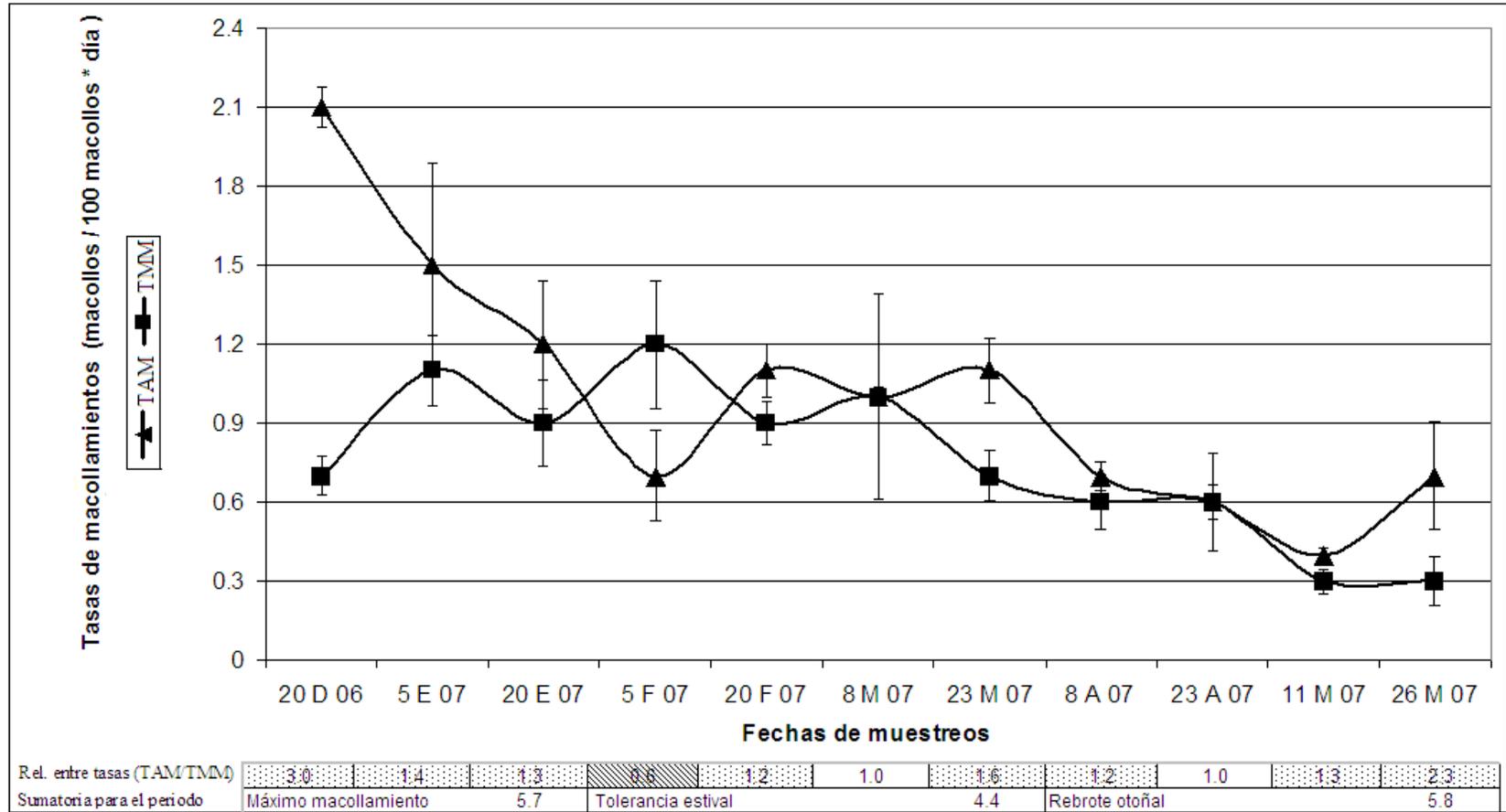
- TOM, E. 1991. Effect of early spring grazing frequency on the reproductive growth and development of a perennial ryegrass tiller population. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 34: 383-389.
- THOMAS, H. y JAMES, A. 1999. Partitioning of sugars in *Lolium perenne* (perennial ryegrass) during drought and on rewatering. *New Phytologist* 142: 295-305.
- TURNER, L., DONAGHY, D., LANE, P. y RAWNSLEY, R. 2005. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. *Grass and Forage Science* 61: 164-174.
- VELASCO-ZEBADUA, M., HERNÁNDEZ-GARAY, A. y GONZALES-HERNÁNDEZ, V. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista de fitotecnia (México)* 30 (1): 79-87.
- VOLAIRE, F. 1995. Growth, carbohydrate reserves and drought survival strategies of contrasting *Dactylis glomerata* populations in a Mediterranean environment. *Journal Applied Ecology* 32: 56-66.
- VOLAIRE, F. y GANDOIN, J. 1996. The effect of the sward on the relationship between water-soluble carbohydrate accumulation and drought survival in two contrasted populations of cockfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science* 51: 190-198.
- VOLAIRE, F., THOMAS, H. y LEVIEVRE, F. 1998. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought. 1. Growth, death, water relations and solute content in herbaje and stubble. *New Phytologist* 140: 439-449.

- YANG, J. y MATTHEW, C. 1998. Tiller axis observations for perennial ryegrass (*Lolium perenne*) and tall fescue (*Festuca arundinacea*): number of active phytomers, probability of tiller appearance, and frequency of root appearance per phytomer for three cutting heights. *New Zealand Journal of Agricultural research* 41: 11-17.
- WALLER, R. y SALE, P. 2001. Persistence and productivity of perennial ryegrass in sheep pastures in south-western Victoria: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41: 117-144.
- WHITE, L. 1973. Carbohydrate reserves of grasses: a review. *Journal of range management* 26: 13-18.

**ANEXOS**

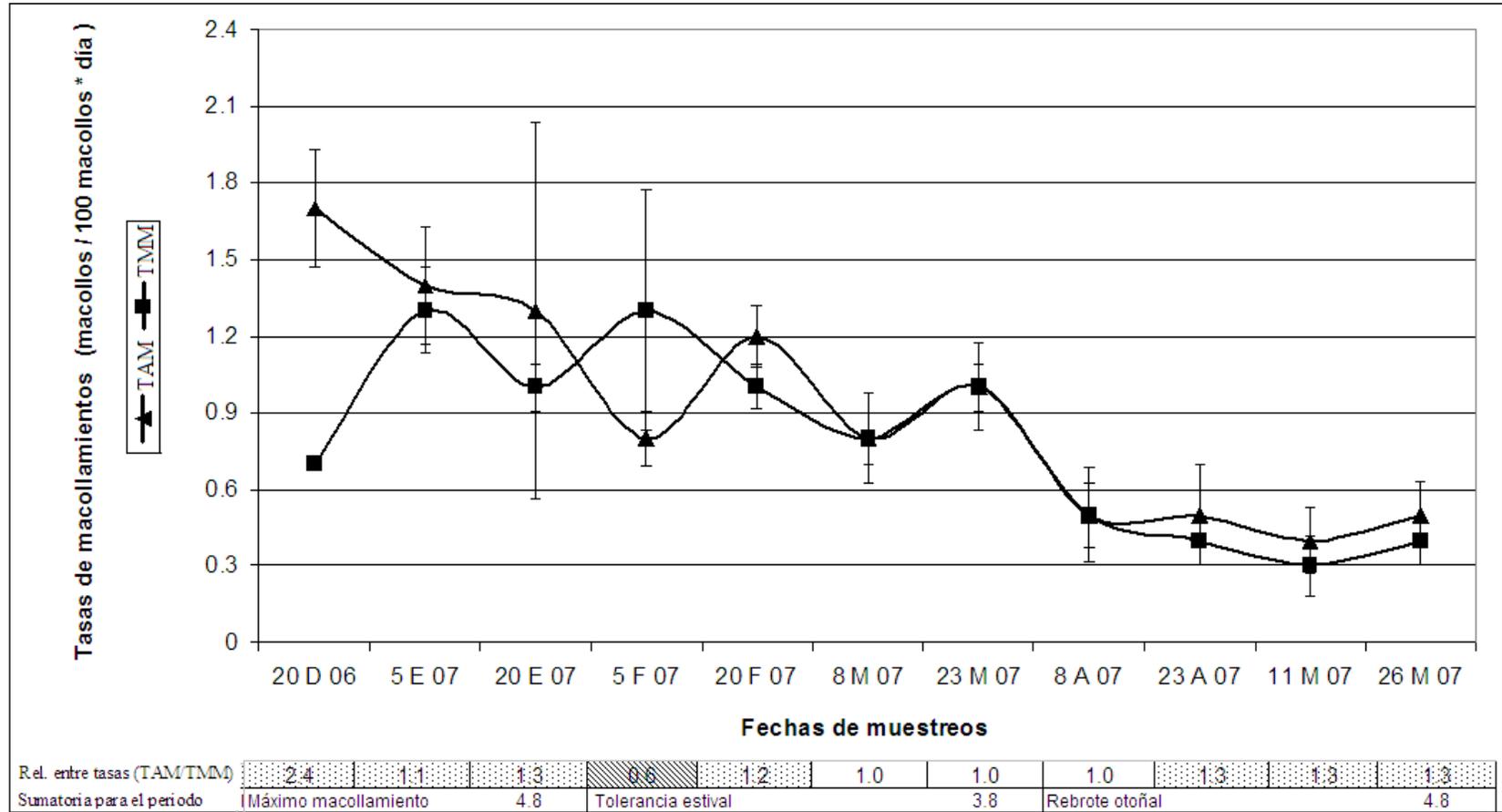


**ANEXO 1** Cambios estacionales y bisemanales en la precipitación (■), en el promedio de los grados días acumulados necesarios para la aparición de 1 macollo argolla<sup>-1</sup> (□), en la tasa de aparición promedio de macollos (TAM), en la tasa de muerte promedio de macollos (TMM) y en la relación entre ambas tasas de macollamiento (TAM/TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo. TAM > TMM (▨) TAM = TMM (□) TAM < TMM (▩)



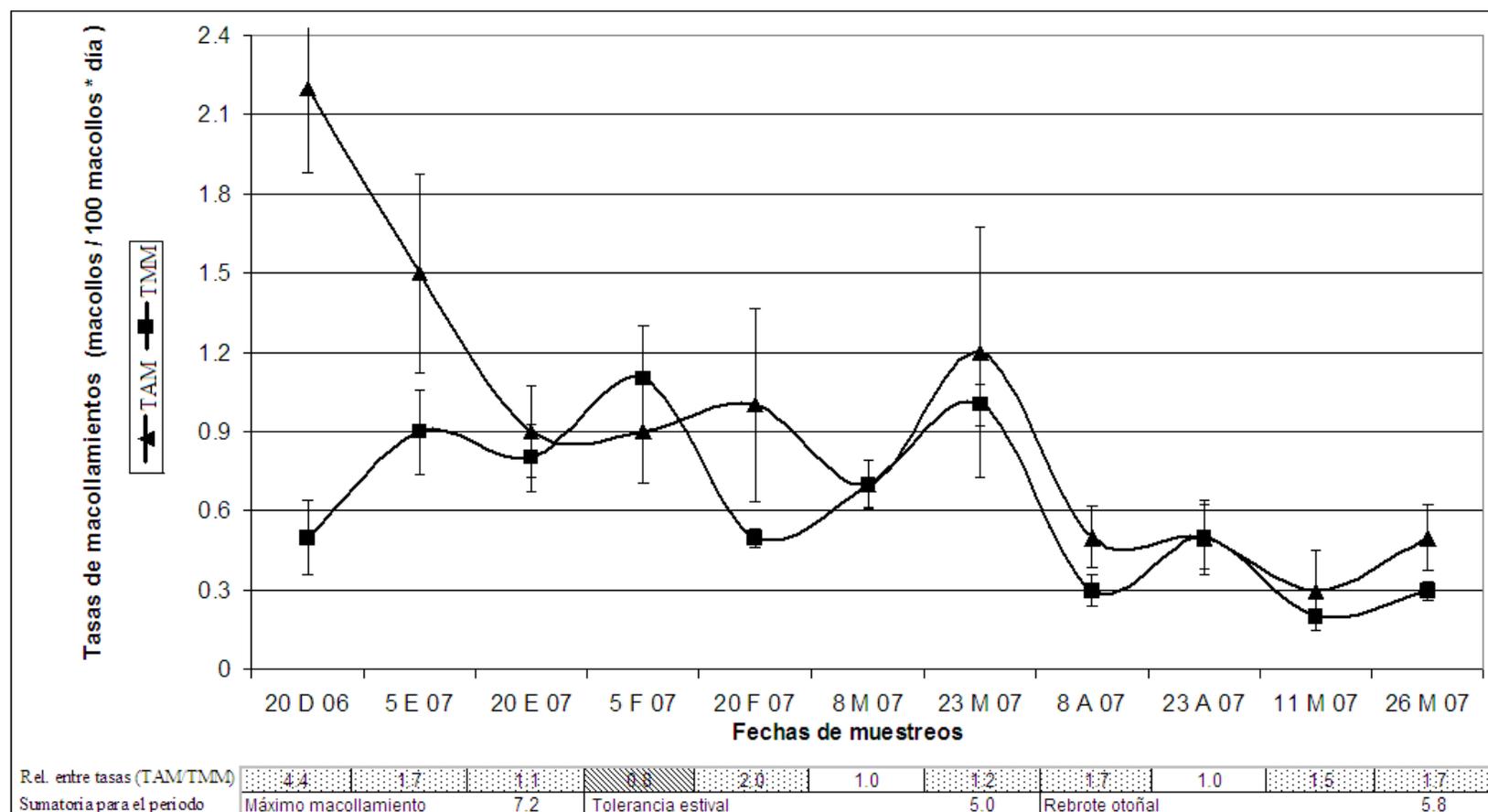
**ANEXO 2 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 5 cm de residuo.**

TAM > TMM TAM = TMM TAM < TMM



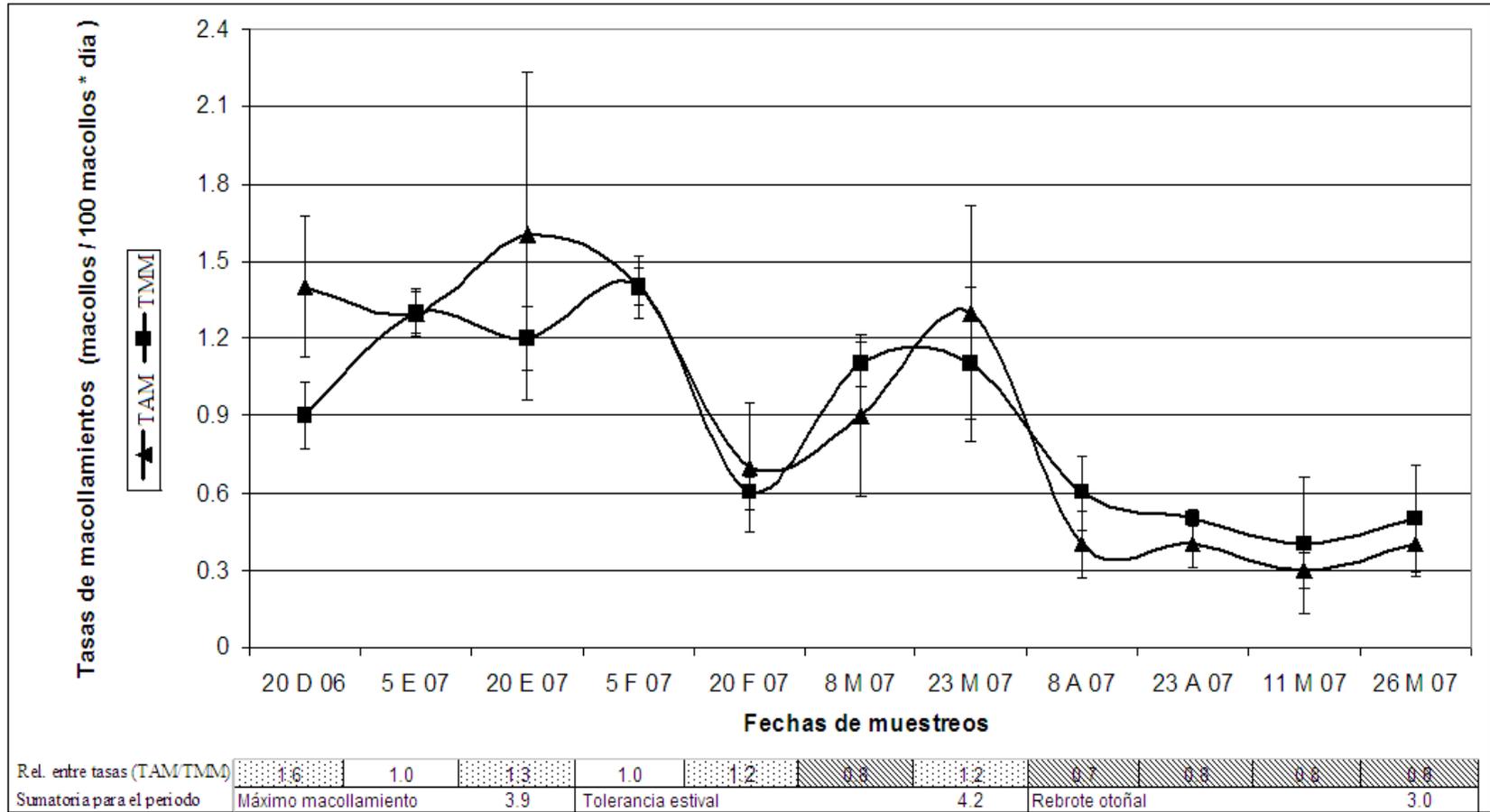
**ANEXO 3 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 1.5 hojas con 8 cm de residuo.**

TAM > TMM TAM = TMM TAM < TMM



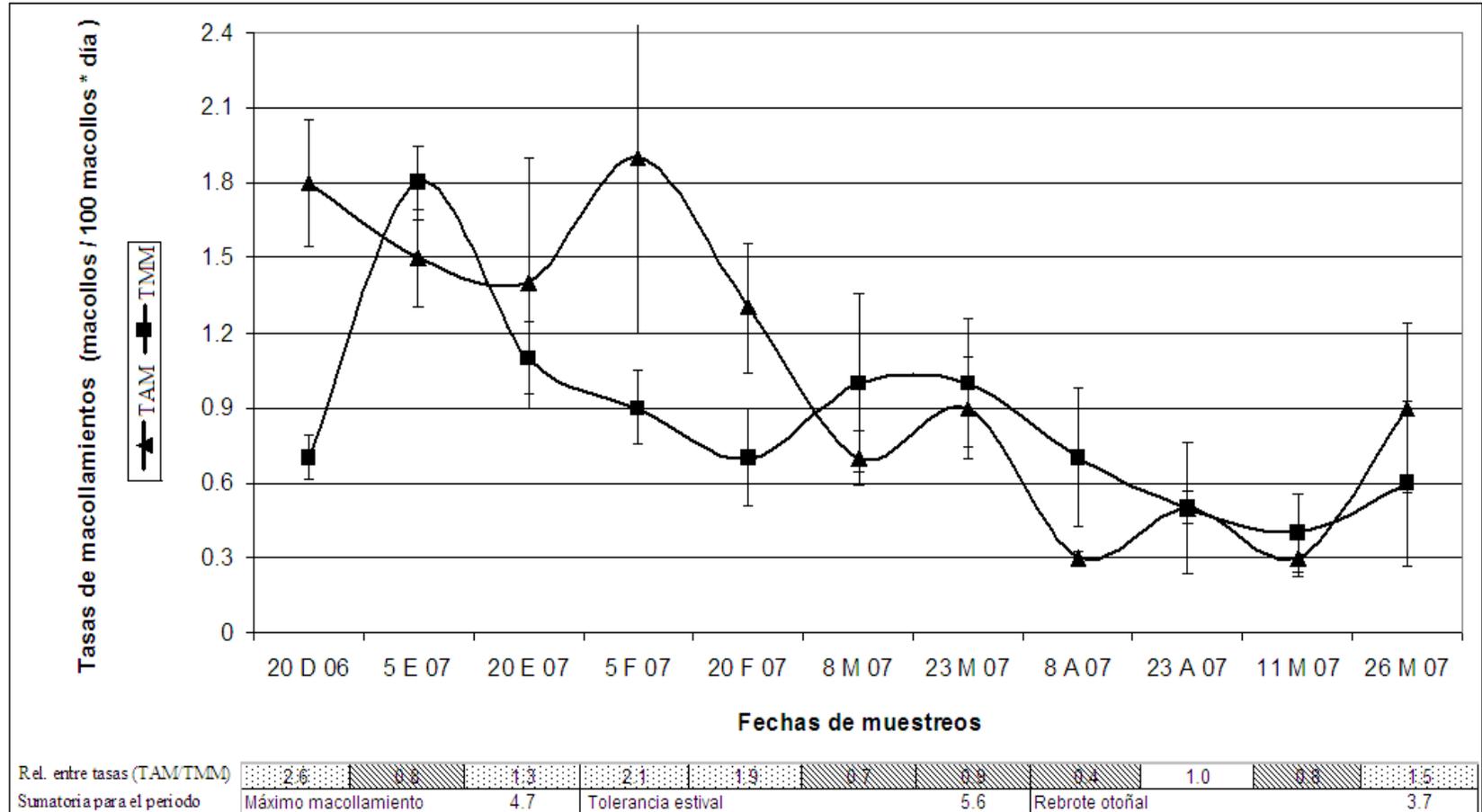
**ANEXO 4 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 5 cm de residuo.**

TAM > TMM  TAM = TMM  TAM < TMM 



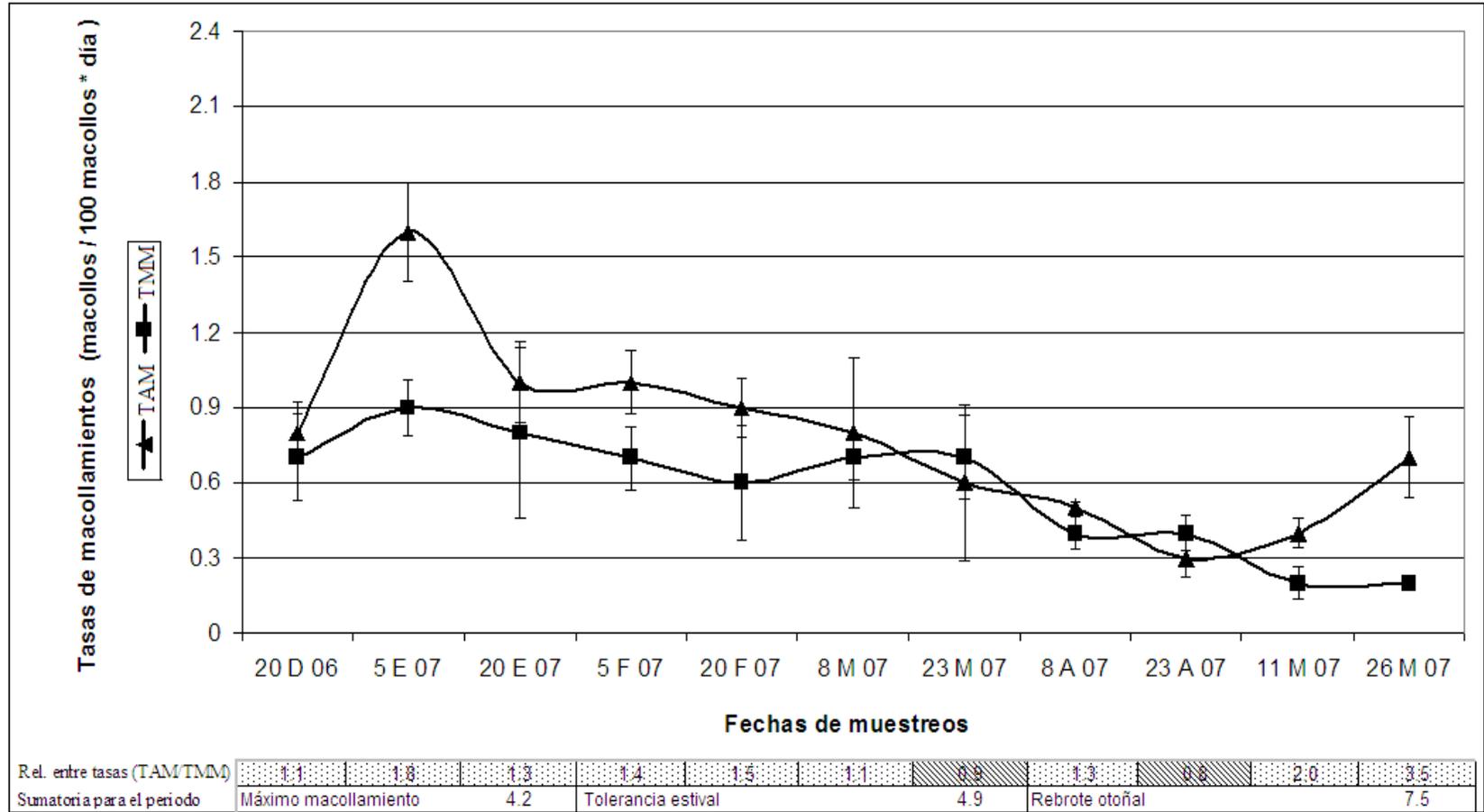
**ANEXO 5 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 2.5 hojas con 8 cm de residuo.**

TAM > TMM TAM = TMM TAM < TMM



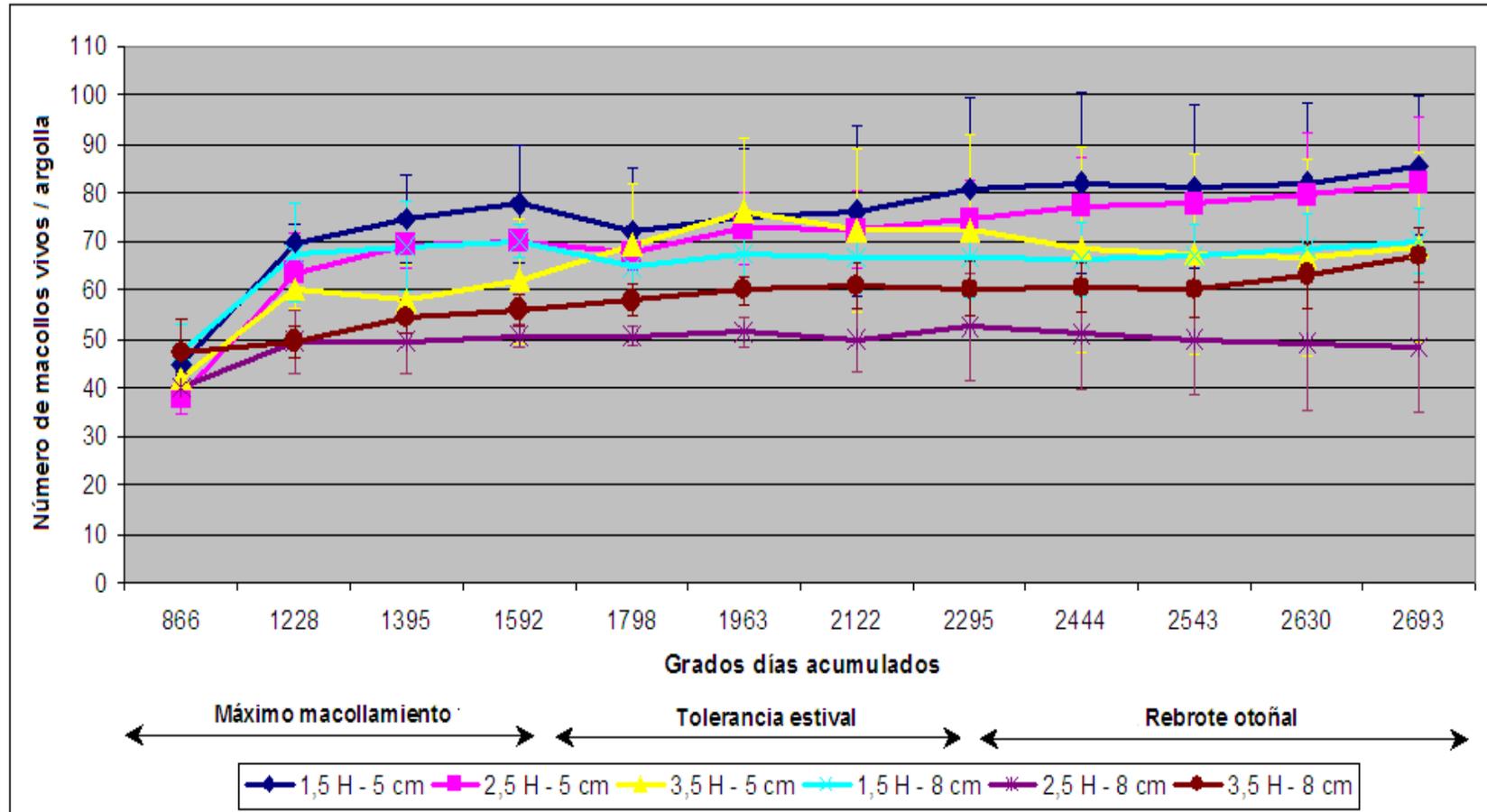
**ANEXO 6 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 5 cm de residuo.**

TAM > TMM TAM = TMM TAM < TMM



**ANEXO 7 Balance diario estacional entre la tasa de aparición de macollos (TAM) y la tasa de mortalidad de macollos (TMM) de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada al estado de 3.5 hojas con 8 cm de residuo.**

TAM > TMM TAM = TMM TAM < TMM



**ANEXO 8** Dinámica poblacional estacional de macollos vivos argolla<sup>-1</sup> de ballica inglesa en una pradera mixta pastoreada bajo 3 frecuencias y 2 intensidades de pastoreo (Área argolla = 33.2 cm<sup>2</sup>; 3 argollas parcela<sup>-1</sup>; 3 bloques).