

Demografía y acumulación de materia seca de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) con diferentes manejos de la defoliación.

Trabajo Final de Grado

del alumno

Matías José Saccoccia

Director

Ing. Agr. Jorge Omar Scheneiter, Ms Sc

Este trabajo ha sido presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERO AGRONOMO

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.

Junín (B), 22 de Agosto de 2016

INDICE

1. INTRODUCCION	7
2. HIPOTESIS	10
3. OBJETIVOS	10
4. MATERIALES Y METODOS	10
4.1. Mediciones	11
4.2. Diseño experimental y análisis estadístico	12
5. RESULTADOS	13
5.1. Densidad de la población de macollos	13
5.2. Tasa relativa de aparición de macollos	15
5.3. Tasa relativa de muerte de macollos	16
5.4. Acumulación de materia seca	19
6. DISCUSIÓN	20
7. CONCLUSION	23
8. BIBLIOGRAFIA	24

INDICE DE CUADROS

- 1 Características químicas de los suelos utilizados en las macetas al inicio del experimento para festuca alta (Argiudol típico) y agropiro alargado (Natracual típico).
- 2 Temperatura media mensual (°C) y precipitaciones (mm) del periodo experimental.
- 3 Significancia, repeticiones y diferencia mínima significativa para la variable densidad total de macollos de los tratamientos de defoliación en festuca alta y agropiro alargado entre junio de 2014 y abril de 2015.
- 4 Tasas relativas de aparición de macollos de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (macollos/100 macollos/día).
- 5 Tasas relativas de muerte de macollos de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (macollos/100 macollos/día).
- 6 Acumulación total de materia seca de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (gr MS/maceta).

INDICE DE FIGURAS

- 1 Densidad de la población de macollos en agropiro alargado y festuca alta con diferentes tratamientos de la defoliación durante el período reproductivo.

INDICE DE ANEXO

- 1 Tasas relativas de aparición y muerte de macollos en festuca alta con diferentes tratamientos de defoliación durante el estado reproductivo.
- 2 Tasas relativas de aparición y muerte de macollos en agropiro alargado con diferentes tratamientos de defoliación en el periodo reproductivo.

RESUMEN

Se realizó un trabajo con el objetivo de determinar las tasas relativas de aparición y muerte de macollos y la acumulación de materia seca en plantas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) con diferentes manejos de la defoliación durante el estado reproductivo.

Las semillas se sembraron en marzo de 2014 en condiciones controladas en un suelo Argiudol típico para festuca alta y Natracualf típico para agropiro alargado en la EEA INTA Pergamino (Latitud 33° 56', Longitud 60° 33'). Se realizaron los siguientes tratamientos de defoliación en distintos momentos del desarrollo reproductivo: defoliación de todos los macollos vegetativos (FC), defoliación de los macollos vegetativos y los macollos reproductivos se defoliaron a medida que manifestaron el estado de panoja embuchada- hoja bandera (EC), defoliación de los macollos vegetativos y los macollos reproductivos se defoliaron a medida que manifestaron el estado de floración plena (LC). Festuca alta tuvo mayor densidad poblacional de macollos que agropiro alargado a lo largo de todo el experimento. Ambas especies difirieron en las tasas de aparición y muerte de macollos y estas, a su vez, por efecto de la defoliación en los distintos momentos del desarrollo reproductivo. Los tratamientos EC y LC acumularon mas forraje que FC lo que demuestra que con el pasaje al estado reproductivo hay cambios en la asignación de asimilatos, en la calidad de luz en el interior de la pastura, mayor capacidad fotosintética de las hojas individuales y cambios en las tasas relativas de crecimiento bruto y senescencia. Así mismo, la defoliación de los macollos reproductivos en estado de floración plena presentó el mejor comportamiento para sostener una elevada densidad poblacional de macollos y producción de materia seca para ambas especies.

Palabras claves: *Festuca arundinacea* Schreb., *Thinopyrum ponticum*, densidad poblacional de macollos, tasa relativa de aparición de macollos, tasa relativa de muerte de macollos, materia seca.

Trabajo final de grado

Demografía y acumulación de materia seca de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) con diferentes manejos de la defoliación.

Matías José Saccoccia

1. Introducción

La persistencia de gramíneas forrajeras perennes está determinada por el continuo recambio de macollos que aparecen y que mueren (Robson *et al.*, 1988). Por lo anterior, la densidad de la población de macollos (DPM) de una gramínea en un momento dado depende del resultado neto entre la tasa de aparición y la tasa de muerte de los mismos (Matthew *et al.*, 2000). Por ejemplo, en festuca alta, entre marzo y agosto, la tasa de aparición supera a la tasa de muerte y la población de macollos se incrementa, lo contrario ocurre entre fines de primavera y principios de verano. En estos meses, los asimilatos de las plantas son preferencialmente asignados al tallo reproductivo en crecimiento. Por un período de tiempo, la cantidad de macollos reproductivos que mueren excede la cantidad de nuevos macollos que aparecen y con ello la densidad de la pastura llega a un valor mínimo en el período diciembre-enero (Scheneiter y Améndola, 2012).

La tasa de aparición de macollos es altamente dependiente de la tasa de aparición de hojas (TAH), y esta a su vez es gobernada por la temperatura (Lemaire and Chapman, 1996). Con la producción de un nuevo primordio foliar, el meristema apical produce una nueva yema axilar la cual puede potencialmente crecer y generar un nuevo macollo (Lemaire y Agnusdei, 1999). Cuantas más hojas se producen mayor será la cantidad de yemas axilares presentes y por lo tanto un mayor número de sitios potenciales que se desarrollen en macollos (Langer 1963, Davies 1974). El filocrono de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb; fa), o tiempo que media entre la aparición de dos hojas sucesivas, es de aproximadamente 175 °C día (°Cd), (Colabelli *et al.*, 1998) y una vida

media foliar (VMF), o tiempo que un tejido foliar permanece verde sin pérdidas por senescencia (Lemaire y Agnusdei, 1999), de aproximadamente 550 °Cd, (Gao y Wilman, 1994; Lemaire y Chapman, 1996). En agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*; aa), por su parte, el filocrono es de 220 °Cd, (Borrajo y Alonso, 2014) y la VMF de 700 °Cd (Colabelli *et al.*, 1998). El conocimiento de la duración de la vida de las hojas es un indicador fundamental para la determinación de la frecuencia de defoliación (Nabinger, 1996). La VMF es una variable relativamente estable y, junto con la TAH, definen el número de hojas vivas que puede sostener un macollo (Davies, 1988). Especies con alta TAH tienden a producir mayor número de hojas por macollos y una alta densidad de macollos. Por el contrario, especies con una baja TAH tienden a producir un menor número de hojas por macollo y una reducida DPM. Por ello sería de esperar diferencias en las tasas de aparición de macollos de ambas especies. Cuantitativamente, la tasa de muerte de macollos es afectada por la proporción de macollos que pasan al estado reproductivo mientras desde el punto de vista estacional aquella variable depende de la época en que la planta inicia tal proceso.

En agropiro alargado, se estimaron rangos de 18 a 45 % de macollos reproductivos sobre macollos totales (Borrajo y Alonso, 2002), mientras otro estudio encontró extremos de 35 a 60 %, según el nivel de fertilización nitrogenada (Castaño, 2005). Así mismo, se determinó que el 86 % de los macollos reproductivos corresponden a cohortes (o conjunto de macollos que aparecen en el mismo mes) aparecidas de marzo a junio (Salguez y Lutz, 2006). En festuca alta, en cambio, entre el 14 y el 20 % de los macollos de cohortes de febrero a mayo pasan al estado reproductivo (Bertín, 1988), estas cohortes a su vez representan entre el 30 y el 35 % de los macollos totales en noviembre-diciembre. Por lo anterior es posible que existan diferencias entre ambas especies en las tasas de mortalidad de macollos.

En el norte de la provincia de Buenos Aires, los macollos reproductivos de festuca alta morfotipo norte de Europa (sinónimos: “templado” o “continental”), comienzan a alargarse a principios de agosto (Bertín, 1988) mientras que los macollos de agropiro alargado lo hacen a fines de septiembre (Maddaloni y Ferrari, 2005).

El pastoreo intenso de primavera es una estrategia de manejo que tiene un efecto positivo sobre la densidad poblacional de macollos en pasturas templadas. Esta práctica

tiene como objetivo reducir o eliminar los macollos florecidos (control de floración) y, con ello, los efectos negativos de la competencia que ejercen estas estructuras florales sobre el desarrollo y supervivencia de los macollos hijos (Agnusdei *et al.*, 2014). Tradicionalmente, en pasturas sobre la base de festuca alta y agropiro alargado, se recomendó un corte de limpieza al final del verano (Castaño, 2001) y últimamente se propició el “control temprano de la floración” mediante un pastoreo intenso a fin de invierno y principios de primavera (Agnusdei y Castaño, 2012). El primero con el objetivo de favorecer el macollaje a partir del otoño y con ello la DPM de la pastura y el segundo para mejorar la calidad de la pastura en primavera y verano y con ello la producción animal individual. Sin embargo, con el segundo manejo, en pasturas de festuca alta y trébol blanco (Asurabarrena, 2013) o de alfalfa y festuca alta (Carrete *et al.*, 2006), el aumento de la carga o de la frecuencia de pastoreo en primavera determinan una menor acumulación de forraje.

En raigrás perenne (*Lolium perenne* L.) hay evidencias que el pastoreo intenso de primavera reduce el desarrollo de macollos reproductivos (control de la floración) y que ello favorece la densidad poblacional y la persistencia de la pastura (Da Silva *et al.*, 2004).

El aumento eficiente y sustentable de la producción y utilización de forraje de calidad de pasturas adaptadas a suelos ganaderos es la principal vía para atender la mayor demanda de forraje. Por ello, es importante estudiar los procesos que favorecen la DPM de una pastura sobre la base de gramíneas ya que, junto con otras variables morfogenéticas, determinan el potencial para adquirir y utilizar recursos del ambiente para la producción de forraje (Chapman y Lemaire, 1993).

Hasta el presente, no hay estudios comparativos sobre el efecto del manejo de la defoliación alrededor del estado reproductivo en la demografía y el origen de los nuevos macollos de festuca alta y agropiro alargado. Adicionalmente, en agropiro alargado hay escasa información sobre el efecto del control del desarrollo reproductivo en la producción y calidad del forraje y la estructura de la pastura en el verano y en el otoño siguiente.

2. Hipótesis

1. El efecto del manejo de la defoliación durante el desarrollo reproductivo sobre las tasas de aparición y muerte de macollos es diferente en festuca alta con respecto a agropiro alargado.
2. El momento de defoliación durante el desarrollo reproductivo determina diferencias en la densidad de la población de macollos y en la acumulación de materia seca en festuca alta y agropiro alargado.

3. Objetivo

Determinar las tasas de aparición y muerte de macollos y acumulación de materia seca en plantas de agropiro alargado y festuca alta con defoliaciones en diferentes momentos del desarrollo reproductivo.

4. Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la EEA Pergamino del INTA en macetas bajo condiciones controladas. Las macetas fueron regadas regularmente para evitar que las plantas manifestaran deficiencias hídricas.

En marzo de 2014 se sembraron semillas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) cultivar Taita® de tipo continental (Gentos) y agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* (Podp.) Barkw. & Dewey) cultivar Hulk® (Gentos) en bandejas multicelda. En cada celda se sembraron 2 semillas, una vez emergidas se raleó a una plántula por celda. En junio, al estado de 2-3 macollos, las plántulas se trasladaron en las macetas. Se utilizaron macetas de 10 litros rellenas con tierra de los primeros 20 cm del horizonte A de un suelo Argiudol típico para festuca alta y de un suelo Natracualf típico para agropiro alargado. Se realizó un análisis químico del suelo y se fertilizó con fosfato diamónico y sulfato de calcio para corregir el nivel inicial de P y Ca para asegurar que la cantidad de nutrientes no sea limitante para el establecimiento de las plántulas.

Las características químicas de los suelos utilizados en las macetas para cada una de las especies se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características químicas de los suelos utilizados en las macetas al inicio del experimento para festuca alta (Argiudol típico) y agropiro alargado (Natracualf típico).

Variable	Unidad	Argiudol típico	Natracualf típico
pH (agua)		5,9	10,1
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	0,17	1,28
Carbono orgánico	Mg g ⁻¹	21,2	7,3
Fósforo extractable	mg kg ⁻¹	40,5	40,5
Azufre de sulfatos	mg kg ⁻¹	2,4	----
Calcio intercambiable	cmol kg ⁻¹	10,7	7,6

Fuente: Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelo y Agua. EEA INTA Pergamino

Las macetas se mantuvieron a la intemperie durante todo el experimento.

Los siguientes tratamientos de defoliación para cada una de las especies fueron:

- 1- Defoliación de *todos los macollos* hasta 7 cm de altura cada vez que se alcanzaron 550 °C_d para festuca alta y 700 °C_d para agropiro alargado (FC).
- 2- Defoliación de los *macollos vegetativos* hasta 7 cm de altura cada vez que se alcanzaron 550 °C_d para festuca alta y 700 °C_d para agropiro alargado. Los *macollos reproductivos* se defoliaron a medida que manifestaron el estado de *panoja embuchada- hoja bandera* (EC).
- 3- Defoliación de los *macollos vegetativos* hasta 7 cm de altura cada vez que se alcanzaron los 550 °C_d para festuca alta y 700 °C_d para agropiro alargado. Los *macollos reproductivos* se defoliaron a medida que manifestaron el estado de *floración plena* (LC).

En todos los tratamientos la temperatura base considerada para la defoliación fue de 4°C_d (Lemaire y Agnusdei, 1999).

4.1 Mediciones

El 15 de junio de 2014 se marcaron todos los macollos de cada maceta con anillos de color. A partir de esa fecha, cada 30 días se realizó el marcado de los nuevos macollos aparecidos y se removieron los macollos muertos.

Se consideró macollo nuevo aquel que presentaba al menos una hoja totalmente expandida.

Una vez alcanzados los 550/700 °Cd, según la especie, se procedió al corte con tijera de cada maceta. Se registró el peso verde y luego del secado en estufa por aire forzado a 65 °C durante 48 horas, se obtuvo el valor de materia seca de cada tratamiento. Con esos datos se determinó el porcentaje de materia seca y la acumulación de forraje de cada unidad experimental.

La tasa de aparición de macollos se calculo como:

$$(((N^{\circ} \text{ macollos aparecidos en el mes} * 100) / N^{\circ} \text{ macollos totales del mes anterior}) / N^{\circ} \text{ días entre cada medición})$$

La tasa de muerte de macollos se calculo como:

$$((((N^{\circ} \text{ macollos aparecidos en el mes}) - (N^{\circ} \text{ de macollos aparecidos en el mes siguiente}) * 100) / N^{\circ} \text{ macollos totales del mes}) / N^{\circ} \text{ días entre mediciones}).$$

A partir de diciembre del año 2014 y, con una frecuencia mensual, hasta abril de 2015, se extrajeron las plantas de 3 macetas por tratamiento. Se contaron los macollos y se determinó la cohorte de origen de cada macollo y si este se originó desde yemas axilares o basales (resultados que no se presentan en este trabajo).

4.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño factorial en bloques completos al azar. Los factores fueron las especies y los tratamientos de defoliación durante el período reproductivo. Se utilizaron 15 macetas por tratamiento. Entre diciembre de 2014 y abril de 2015 se realizaron 5 muestreos destructivos por tratamiento para determinar el origen de los macollos. En cada uno se extrajo la planta de 3 macetas. Por lo anterior, para las variables presentadas en este trabajo, el número de repeticiones por tratamiento descendió de 15 a 3 entre diciembre de 2014 y abril de 2015.

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico SAS. Cuando se detectaron diferencias significativas, la separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey y se utilizó un nivel de significancia de 0,05.

Los datos de temperatura media del aire y la precipitación mensual correspondientes al período experimental (marzo 2014 - abril 2015) se tomaron de la estación meteorológica, ubicada en la EEA INTA Pergamino (cuadro 2).

Cuadro 2. Temperatura media mensual (°C) y precipitaciones (mm) del periodo experimental.

Mes/año	Temperatura (°C)		Precipitaciones (mm)	
	2014	2015	2014	2015
Marzo	18,6	--	114	--
Abril	17,1	--	134,5	--
Mayo	13,5	--	120,5	--
Junio	10,6	--	30	--
Julio	11,3	--	44	--
Agosto	13,5	--	8	--
Setiembre	14,2	--	83	--
Octubre	18,6	--	125	--
Noviembre	19,4	--	221	--
Diciembre	21,6	--	219,5	--
Enero	--	21,3	--	311
Febrero	--	20,5	--	41,3
Marzo	--	20,3	--	83
Abril	--	19,9	--	97,9
Promedio	15,84	20,5	--	--
Total	--	--	1129	533,2

Fuente: datos obtenidos de la estación meteorológica de la EEA Pergamino.

5. Resultados

5.1. Densidad de la población de macollos

La DPM en festuca alta se incrementó desde la siembra hasta alcanzar, en diciembre y enero, 75 ± 10 macollos/maceta como promedio de tratamientos. A partir de entonces descendió hasta 51 ± 8 macollos/maceta en abril. En agropiro alargado, la DPM se incrementó desde la siembra hasta llegar a un máximo en noviembre a 44 ± 6 macollos/maceta, como promedio de tratamientos. A partir de entonces, el número de macollos declinó a 28 ± 6 macollos/maceta en marzo.

Excepto en la primera medición, la DPM siempre fue mayor en festuca alta que en agropiro alargado (cuadro 3, figura 1). En 4 oportunidades se detectó interacción

especie por tratamiento, mientras en otras dos fechas se detectó efecto del tratamiento. Las interacciones se debieron a que, excepto en noviembre de 2014, hubo diferencias significativas entre tratamientos solo en festuca alta pero no en agropiro alargado. En festuca alta, entre julio y noviembre (salvo en septiembre) EC tuvo más macollos que LC. Por su parte, en ambas especies, en diciembre de 2014 y abril de 2015, la DPM del tratamiento FC fue menor al resto.

Cuadro 3. Significancia, repeticiones y diferencia mínima significativa para la variable densidad total de macollos de los tratamientos de defoliación en festuca alta y agropiro alargado entre junio de 2014 y abril de 2015.

Factor	Fecha										
	15-6-14	15-7	23-8	12-9	15-10	14-11	17-12	19-1-15	18-2	17-3	14-4
	Valor de P<										
Esp.	NS	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Trat.	NS	NS	0,001	NS	0,05	0,001	0,001	NS	NS	NS	0,05
Esp. X trat.	NS	0,01	0,01	NS	0,001	0,01	NS	NS	NS	NS	NS
N	15	15	15	15	15	15	15	12	9	6	3
Factor	DMS										
Esp.	--	--	--	2,9	--	--	2,6	5,9	7,1	7,4	5,1
Trat.	--	--	--	--	--	--	2,86	--	--	--	6,29
Esp.xTrat.	--	1,61	2,98	--	5,75	4,28	--	--	--	--	--

Referencias: Esp, especie, Trat, tratamiento, N: repeticiones para la interacción Esp x Trat, DMS, diferencia mínima significativa prueba de Fisher alfa $p < 0,05$.

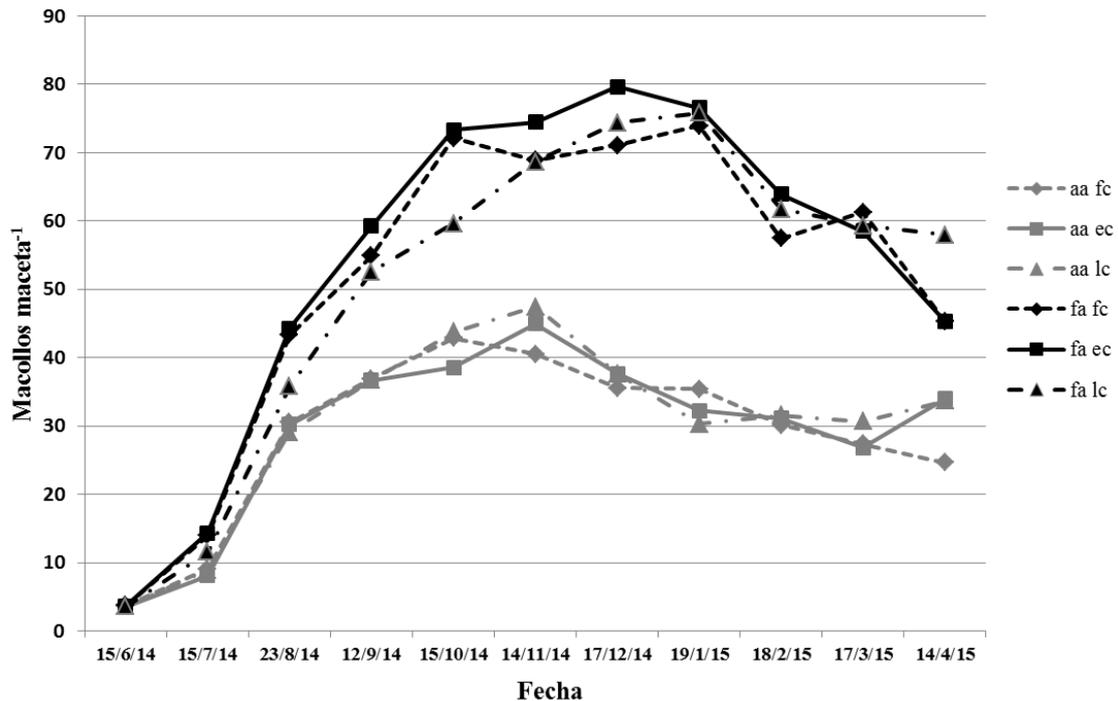


Figura 1. Densidad de la población de macollos en agropiro alargado y festuca alta con diferentes tratamientos de la defoliación durante el período reproductivo

Referencias: aa, agropiro alargado, fa, festuca alta, fc, defoliación de todos los macollos vegetativos, ec, defoliación de macollos reproductivos en estado de panoja embuchada-hoja bandera, lc, defoliación de macollos reproductivos en estado de floración plena.

5.2. Tasa relativa de aparición de macollos

La TRA tuvo valores elevados en los primeros meses del experimento, luego la TRA comenzó a decrecer hasta valores mínimos entre diciembre de 2014 y febrero de 2015, para posteriormente retomar una etapa de incremento que se extendió hasta el final del período de mediciones (cuadro 4 en texto, Figuras 2 y 3 en Anexo). En seis fechas se detectó interacción especie por tratamiento. En la primera y tercera fecha, la TRA fue mayor en festuca alta con respecto a agropiro alargado. En festuca alta, el tratamiento LC superó significativamente a FC mientras en agropiro alargado la TRA fue similar entre tratamientos, excepto en octubre-noviembre cuando EC superó a los restantes tratamientos. Desde mediados de enero hasta abril de 2015, la TRA fue superior en agropiro alargado con respecto a festuca alta. En agropiro alargado, LC superó al resto,

excepto en febrero-marzo cuando EC superó a los otros tratamientos. En ese período no hubo diferencias entre tratamientos en festuca alta.

Cuadro 4. Tasas relativas de aparición de macollos de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (macollos/100 macollos/día).

Factor	Fecha									
	14/6 - 14/7/14	14/7 - 20/8	20/8 - 9/9	9/9 - 15/10	15/10 - 14/11	14/11- 16/12	16/12 - 19-1-15	19/1 - 18/02	18/2 - 17-03	17/3 - 14/04
aa fc	4,70	6,25	1,04	0,79	0,47	0,22	0,33	0,19	0,46	1,18
aa ec	3,90	7,74	1,01	0,74	0,98	0,23	0,25	0,27	0,57	1,09
aa lc	4,93	5,64	1,21	0,72	0,62	0,22	0,20	0,82	0,36	1,71
fa fc	9,34	5,80	1,37	0,91	0,47	0,36	0,34	0,17	0,17	0,27
fa ec	9,80	5,84	1,77	1,00	0,59	0,48	0,21	0,08	0,11	0,23
fa lc	7,51	5,86	2,28	1,05	0,84	0,54	0,23	0,09	0,15	0,16
Valor P<										
Esp	0,001	NS	0,001	0,001	NS	0,001	NS	0,001	0,001	0,001
Trat	NS	NS	0,001	NS	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	NS
Es x Trat	NS	NS	0,001	NS	0,001	0,001	NS	0,001	0,001	0,05
N	15	15	15	15	15	15	12	9	6	3
DMS										
Esp	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Trat	--	--	--	--	--	--	0,05	--	--	--
Esp x Trat	--	--	0,26	--	0,10	0,07	--	0,14	0,08	0,33

Referencias: aa, agropiro alargado, fa, festuca alta, Esp, especie, Trat, tratamiento, N: repeticiones para la interacción Esp x Trat, DMS, diferencia mínima significativa $P < 0,05$.

5.3. Tasa relativa de muerte de macollos

En ambas especies, la muerte de macollos comenzó a observarse en el mes de septiembre. En agropiro alargado, la TRM se incrementó desde el inicio del periodo de

medición, luego tuvo valores bajos a mediados de enero- febrero. A partir de entonces, la TRM aumentó hasta alcanzar valores superiores a 1,00 en el final del periodo experimental. En festuca alta, la TRM tuvo valores mínimos entre mediados de noviembre-enero, para luego incrementarse, excepto en febrero, hasta marzo-abril (cuadro 5).

En tres oportunidades se detectó interacción especie por tratamiento. En septiembre - octubre, la TRM fue significativamente mayor con EC en agropiro alargado con respecto a los otros tratamientos mientras en festuca alta los tratamientos EC y LC no se diferenciaron. En octubre - noviembre, las mayores TRM en ambas especies fueron con el tratamiento FC. En agropiro alargado, este tratamiento superó al resto mientras en festuca alta solo a LC. En diciembre - enero, la TRM fue mayor en agropiro alargado con respecto a festuca alta. En esta especie, no hubo diferencias entre tratamientos mientras en agropiro alargado EC y LC tuvieron mayores valores que FC.

El efecto simple de la especie se manifestó en noviembre - diciembre y en las dos últimas mediciones del experimento cuando la TRM fue mayor en agropiro alargado con respecto a festuca alta. Lo contrario ocurrió en enero - febrero. Por su parte el efecto simple del tratamiento fue significativo en las tres últimas mediciones cuando el tratamiento FC presentó los mayores valores con respecto a LC y EC, excepto en febrero - abril cuando FC y EC tuvieron valores semejantes.

Cuadro 5. Tasas relativas de muerte de macollos de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (macollos/100 macollos/día).

Factor	Fecha									
	14/6 - 14/7/14	14/7 - 20/8	20/8 - 9/9	9/9 - 15/10	15/10 - 14/11	14/11- 16/12	16/12 - 19-1-15	19/1 - 18/02	18/2 - 17-03	17/3 - 14/04
aa fc	0,00	0,00	0,00	0,15	0,62	0,59	0,55	0,58	0,84	1,98
aa ec	0,00	0,00	0,00	0,36	0,35	0,78	0,71	0,38	0,89	1,24
aa lc	0,00	0,00	0,00	0,07	0,32	0,71	0,77	0,42	0,56	1,23
fa fc	0,00	0,00	0,00	0,03	0,61	0,29	0,20	0,86	0,53	1,20
fa ec	0,00	0,00	0,00	0,44	0,54	0,24	0,29	0,60	0,50	0,50
fa lc	0,00	0,00	0,00	0,53	0,30	0,27	0,19	0,57	0,34	0,77
Valor P<										
Esp	SD	SD	SD	0,05	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Trat	SD	SD	SD	0,001	0,001	0,1	0,01	0,001	0,01	0,001
Es x Trat	SD	SD	SD	0,001	0,05	NS	0,05	NS	NS	NS
N	15	15	15	15	15	15	12	9	6	3
DMS										
Esp	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Trat	--	--	--	--	--	--	--	0,14	0,23	0,32
Esp x Trat	--	--	--	0,15	0,11	--	0,12	--	--	--

Referencias: aa, agropiro alargado, fa, festuca alta, Esp, especie, Trat, tratamiento, SD, sin dato, N: repeticiones para la interacción Esp x Trat, DMS, diferencia mínima significativa $P<0,05$.

5.4. Acumulación de materia seca

Se detectó interacción especie por tratamiento en la acumulación total de MS durante el experimento. La festuca alta acumuló más MS que agropiro alargado (cuadro 6). En ambas especies, la mayor acumulación MS se obtuvo con el tratamiento LC, con 42,9 y 17,2 g MS para festuca alta y agropiro alargado, respectivamente. El tratamiento FC para festuca alta y EC para agropiro alargado tuvieron los valores más bajos. La interacción, indicó una leve superioridad del tratamiento EC sobre FC en festuca alta pero no así en agropiro alargado.

Cuadro 6. Acumulación total de materia seca de agropiro alargado y festuca alta con tres manejos de la defoliación (gr MS/maceta).

Factor		Acumulación total de MS hasta el 14-17/4/15
Aa	Fc	15,4±1,49
Aa	Ec	15,1±0,63
Aa	Lc	17,2±1,40
Fa	Fc	36,0±0,19
Fa	Ec	39,2±0,57
Fa	Lc	42,9±1,57
Valor P<		
Esp		0,001
Trat		0,001
Esp x Trat		0,05
DMS		
,Esp		--
Trat		--
Esp x trat		2,2

Referencias: Esp, especie, aa, agropiro alargado, fa, festuca alta, Trat, tratamiento, Esp x Trat, interacción especie por tratamiento, DMS, diferencia mínima significativa $P<0,05$.

6. Discusión

En el presente trabajo, al comparar festuca alta y agropiro alargado, se debe tener presente que, además de las diferencias intrínsecas que pueden existir entre las especies, hay un efecto adicional del sustrato suelo. No fue posible usar el mismo suelo ya que la festuca alta no prospera en condiciones de halomorfismo extremo mientras no es técnicamente correcto utilizar agropiro alargado en un suelo Argiudol típico (Maddaloni y Ferrari, 2005).

La festuca alta tuvo mayor densidad de macollos que el agropiro alargado. La densidad total de macollos en un momento dado es el resultado de la diferencia entre las tasas de aparición y la muerte de macollos, variables a su vez dependientes del filocrono, del pasaje al desarrollo reproductivo y de las condiciones edáficas y climáticas (Jewiss, 1966, Matthew *et al.*, 2000, Matthew and Sackville Hamilton, 2011). La tasa de aparición y expansión de las hojas, en condiciones no limitantes de agua y nutrientes esta determinada por la temperatura. Para esta variable existen diferencias entre festuca alta y agropiro alargado en cuanto a los requerimientos térmicos para que se produzca una nueva hoja (Colabelli *et al.*, 1998). De lo anterior surge que una mayor tasa de aparición de hojas en festuca alta con respecto a agropiro alargado, a similar porcentaje de sitios potenciales que se desarrollan en macollos, sería una de las causas de una mayor densidad de macollos en la primera de las especies.

Con respecto al sustrato en el que crecieron y se desarrollaron las plantas, el suelo Natracualf típico utilizado en agropiro alargado presenta severas limitaciones para el crecimiento de la especie en comparación con el Argiudol típico utilizado en festuca alta. En tal sentido, era esperable lograr en agropiro alargado una menor acumulación de materia seca y DPM con respecto a festuca alta. Hecho que se atribuye a las limitaciones que presentan de las plantas para producir macollos con respecto a los potenciales en estos ambientes limitantes.

La festuca alta y el agropiro alargado difieren en la respuesta al tratamiento de defoliación sobre el macollaje. En experimentos separados se ha determinado que la festuca alta tiene mayor plasticidad fenotípica con respecto al agropiro alargado (Agnusdei y Wade, 2002, Matthew *et al.*, 2000) lo cual determina mayores cambios en la estructura de la pastura como puede ser la densidad de la misma. Además, el agropiro

alargado posee una mayor proporción de macollos reproductivos en relación a la densidad total de macollos con respecto a la festuca alta (Borrajo y Alonso, 2002), lo cual afecta la fijación y destino de los asimilatos dentro de la planta.

En festuca alta, las diferencias en densidad de macollos entre tratamientos probablemente reflejaron cambios en la captura y distribución de luz y en la disponibilidad y el destino de asimilatos. De este modo, el pasaje de los macollos al estado reproductivo deprime transitoriamente la formación de nuevos macollos ya que los asimilatos de las plantas son preferencialmente asignados al tallo reproductivo en crecimiento (Scheneiter, 2012). Sin embargo, también es conocido que la existencia de destinos demandantes de asimilatos estimulan la fotosíntesis y la fijación de carbono (Lemaire y Agnusdei, 1999). Por lo cual, asimilatos antes disponibles para el desarrollo reproductivo pueden ser dirigidos posteriormente al desarrollo de yemas de macollos presentes (Chapman and Lemaire, 1993). De este modo, a principios de primavera, en el tratamiento FC, al eliminarse tempranamente los tallos reproductivos, las plantas demandaron y fijaron menos asimilatos para la posterior aparición de nuevos macollos pero fundamentalmente evidenciaron una menor TRM por competencia de macollos más desarrollados. Esto se manifestó inicialmente en una alta densidad de la población de macollos. A partir de mediados de primavera, este tratamiento tuvo bajas tasas de aparición, y debido al desacople temporal entre la aparición y muerte de macollos (Scheneiter y Améndola, 2012), presentó altas tasas relativas de muerte de macollos. El balance entre estos dos procesos resultó, para el tratamiento FC, en una menor densidad de la población de macollos desde mediados de primavera hasta el final del período experimental.

Las plantas del tratamiento EC tuvieron un comportamiento intermedio entre FC y LC en cuanto las TRA y TRM de macollos lo que resultó en altos valores de DPM en comparación con los otros tratamientos. Esto ocurrió porque probablemente se beneficiaron inicialmente con la presencia de un destino demandante de asimilatos, como lo son los tallos reproductivos en formación, pero a su vez fueron rápidamente removidos cuando podían comenzar a competir por recursos con la formación de nuevos macollos y sombrear la base de la planta. En tal sentido es conocido que la entrada de luz en la base de la planta estimula el macollaje (Deregibus *et al.*, 1983) ya que bajo

condiciones de restricción lumínica, los asimilatos son preferentemente dirigidos al macollo existente en lugar de crear nuevos macollos (Deregibus *et al.*, 1985; Casal *et al.*, 1987).

En LC, el efecto de los macollos reproductivos sobre la aparición y supervivencia de macollos se manifestó hasta diciembre con una menor DPM que los otros tratamientos. Si bien, temprano en primavera, este tratamiento tuvo una elevada TRA, esta fue seguida en octubre, en presencia de tallos florales por una alta TRM. Luego de removidos, la DPM de este tratamiento comenzó a incrementarse en forma relativa con respecto a EC y FC.

En agropiro alargado el efecto de la defoliación sobre la TRA y la TRM de macollos en los distintos tratamientos durante el estado reproductivo fue similar aunque menos evidente que en festuca alta.

La TRA de macollos fue mas elevada en los meses de otoño-invierno y mas baja a partir de primavera-verano indicando que la DPM posee una marcada tendencia estacional en coincidencia con los resultados de los trabajos de Salguez y Lutz (2006).

En el tratamiento FC, la eliminación de macollos reproductivos no alteró significativamente las TRA y TRM de macollos, con respecto a los demás tratamientos durante la mayor parte del mencionado período. Solo al final del experimento, al igual que en festuca alta se incrementó la TRM lo cual determinó una menor DPM con respecto a los otros dos tratamientos. Esto probablemente ocurrió por una menor disponibilidad de asimilatos disponibles para asistir a los macollos presentes.

En el caso de EC, en octubre-noviembre, la defoliación incrementó la TRA de macollos respecto del resto de los tratamientos lo cual se manifestó en un alta DPM. Este comportamiento podría atribuirse a una mayor asignación de asimilatos para la generación de nuevos macollos en lugar de destinos reproductivos, los que fueron eliminados tempranamente por la defoliación. Al final del experimento, este tratamiento volvió a tener una elevada DPM, fundamentalmente por una mayor sobrevivencia de macollos en marzo-abril.

El tratamiento LC, por una baja TRM de macollos durante todo el experimento y por una elevada TRA de macollos en enero-febrero y marzo-abril, presentó a lo largo de

todo el experimento valores altos de DPM. Este tratamiento, que manifestó el comportamiento más regular en el transcurso del experimento, estuvo probablemente mejor asistido por asimilatos para la aparición de macollos al inicio del experimento y la supervivencia de los mismos al final de la experiencia.

Los tratamientos EC y LC que permitieron una mayor manifestación del estado reproductivo tuvieron una mayor acumulación de forraje con respecto a FC, hecho que está ampliamente documentado en la bibliografía (Chapman y Lemaire, 1993). Esto ocurre porque con el pasaje y la ocurrencia del desarrollo reproductivo hay cambios en la partición del carbono, en la calidad de luz en el interior de la pastura que favorece el macollaje, mayor capacidad fotosintética de las hojas individuales y cambios en las tasas relativas de crecimiento bruto y senescencia (Lemaire y Chapman, 1996). Todo lo anterior conduce a una elevada acumulación de fitomasa.

7. Conclusión

Los resultados obtenidos comprueban que las TRA y las TRM de macollos son diferentes entre especies a causa de los distintos requerimientos térmicos para producir hojas y diferencias en la proporción de macollos que pasan al estado reproductivo entre las mismas y que, además, el efecto de la defoliación en distintos momentos del desarrollo reproductivo, sobre las tasas de aparición y muerte de macollos, fue diferente en festuca alta y agropiro alargado como consecuencia de la mayor plasticidad fenotípica de la primera especie.

La defoliación de los macollos reproductivos en estado de floración plena es el más favorable para mantener una elevada DPM para ambas especies al final del experimento y producir una elevada cantidad de materia seca con respecto a la eliminación temprana de la manifestación del desarrollo reproductivo.

8. Bibliografía

- Agnusdei, M.G. y Wade, M. H. 2002. Factores del crecimiento y del manejo que determinan la estructura de las pasturas. Taller: Bases para el manejo del pastoreo, Congreso AAPA.
- Agnusdei M.G. y Castaño C. 2012. Manejo de pasturas templadas para suelos no agrícolas. En 7ma Jornada demostrativa para productores y profesionales. Laprida, 27 de Octubre. 11pp
- Agnusdei, M.G.; Jáuregui, J.M.; Baudracco, J.; Sevilla, G.N.; Chilibroste, P.; Marchelli, J.P. 2014. Efectos del pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la densidad poblacional de *Lolium arundinaceum*. Revista Argentina de Producción Animal 34 (1): 97-211.
- Asurabarrena, M.E. 2013. Producción secundaria en mezclas de festuca alta y trébol blanco con dos niveles de asignación de forraje. Trabajo Final de Grado. Carrera Ingeniería Agronómica, Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires. 31 pp.
- Bertín, O.D. 1988. Fecha de origen y destino de los macollos de un cultivo de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb.) destinado a la producción de semillas. INTA, Estación Experimental Agropecuaria, Pergamino, Carpeta de Forrajeras y producción Animal, Resultados Comprobados 60. 2 pp
- Borrajo, C.I. y Alonso, S.I. 2002. Morfogénesis foliar en materiales de agropiro alargado. Revista Argentina de Producción Animal 29 (1): 97
- Borrajo, C.I. y Alonso, S.I. 2014. Vida foliar y número de hojas por macollo en materiales de agropiro: efecto de la fenología, temperatura y nitrógeno. Revista Argentina de Producción Animal 34 (1): 132.
- Carrete, J.R., Scheneiter, J. O., Colabianchi, B. y Améndola, C. 2006. Utilización de pasturas de alfalfa – festuca alta con dos sistemas de pastoreo. II Carga animal y producción de carne. Revista de Investigaciones Agropecuarias 35 (3): 19-28.

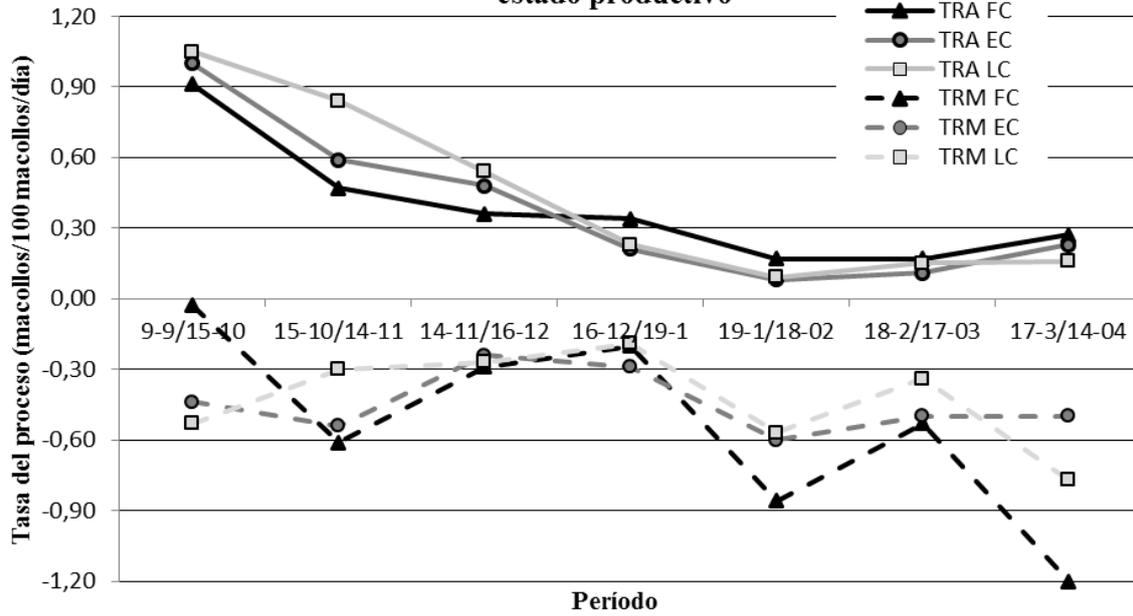
- Casal, J.J.; Sanches, R.A.; Deregibus, V.A. 1987. Tillering response of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far red ratio typical of scarce canopies. *Journal of Experimental Botany*. 38: 1432-1439.
- Castaño, J. 2001. Pasturas y mezclas más adecuadas para la cuenca del Salado. Sitio Argentino de Producción Animal. http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturasartificiales/43-pasturas_cuenca_del_salado.pdf
- Castaño, J. 2005. Producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense. *Materiales Didácticos* N° 10. INTA Balcarce. Septiembre 2005, Balcarce, Argentina.
- Chapman, D.F. and Lemaire, G. 1993. Morphological and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of XVII International Grassland Congress* 95-104.
- Colabelli, M, Agnusdei, M., Mazzanti, A. y Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. *Boletín Técnico* N° 148. INTA, CERBAS, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. 17 pp.
- Da Silva, S.C., Hodgson, J., Matthew, C., Matthews, P.N.P. and Holmes C.W. 2004. Herbage production and animal performance on perennial ryegrass/white clover dairy pasture under alternative spring grazing managements. *Agric. Sci.* 142: 97-108.
- Davies, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 82: 165-172.
- Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazenby, A. eds. *The grass crops; The physiological basis of production*. New York, Chapman and Hall. pp. 177-208.
- Deregibus, V.A., Sanches, R.A. and Casal, J.J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. *Plant Physiology*. 72: 900-912.

- Deregibus, V.A.; Sanches, R.A.; Casal, J.J.; Trlica, M.J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22: 199-206.
- Gao; Y.; Wilman, D. 1994. Leaf development in eight related grasses. *J. Agric. Sci.* 123, 41-46.
- Jewiss, O.R. 1966. Morphological and physiological aspects of growth of grasses during the vegetative phase. In: *The growth of cereals and grasses. Proc. 12th Easter School in Agricultural Science. University of Nottingham. Eds. Milthorpe, F.L.; Ivins, J.D. Butterworths, London. pp. 39-54*
- Langer, R.H.M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstract*. 33: 141-148.
- Lemaire, G. and Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In *Hodgson, J. and Illius, A.W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems. CAB International. Pp 3-36.*
- Lemaire, G. and Agnusdei, M.G. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: *Simpòsio Internacional Grassland Ecophysiology and Ecology (1999, Curitiba). Anais. Curitiba, Unibersidade Federal do Paraná. pp. 165-186.*
- Maddaloni, J. y Ferrari, L. (Editores). 2005. *Forrajeras y pasturas del ecosistema templado-húmedo de la Argentina. INTA-Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Capítulos 5 a 19.*
- Matthew, C., Assuero S.G., Black C.K. and Sackville Hamilton N.R. 2000. Tiller dynamics in grazed swards. In *Leamire, G, Hodgson J, de Moraes A, Nabinger C. and F. Carvalho P.C. (Eds). Grassland ecophysiology and grazing ecology. CABI Publishing, University Press, Cambridge, UK. Pp 127-151.*
- Matthew, C. and Sackville Hamilton N.R. 2011. Analyzing persistence of grass swards in terms of tiller birth and death. In *Pasture persistence. Grassland research and Practice Series 15: 63-68.*

- Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: Reunião do Grupo técnico em Melhoramento e Utilização de Recursos Forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical do Cone Sul, Grupo Campos (16ª., 1996, Porto Alegre). Anais. Porto Alegre, FAO. pp.17 – 62.
- Robson, M.J., Ryle, G.J.A. and Woledge, J. 1988. The grass plant its form and function. In Jones M.B. and Lazemby A, (Eds). The Grass Crop.: the physiological basis of production. Springer Science & Bussines Media. 396 pp.
- Salguez, M.L. y Lutz, E.E. 2006. Dinámica poblacional de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum* Podp). Segundo ciclo 2. Edad de las macollas, capacidad reproductiva y supervivencia. Revista Argentina de Producción Animal 26 (1): 188-189.
- Scheneiter, J.O. and Améndola, C. 2012. Tiller demography in tall fescue (*Festuca arundinacea*) swards as influenced by nitrogen fertilization, sowing method and grazing management. Grass and Forage Science, 67, 426-436.
- Scheneiter, J.O. 2012. Manejo de pasturas de festuca alta en primavera.
<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/articulos/manejo-pasturas-festuca-alta-t4499/p0.htm>

9. Anexo

Figura 1. Tasas relativas de aparición y muerte de macollos en festuca alta con diferentes tratamientos de defoliación durante el estado productivo



Referencias: TRA, valores positivos y línea llena ,TRM , valores negativos y línea quebrada

Figura 2. Tasas relativas de aparición y muerte de macollos en agropiro alargado con diferentes tratamientos de defoliación en el período reproductivo

