

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CRECIMIENTO DE INTERCEPCIÓN
DE LUZ DE DIFERENTES PASTURAS SEMBRADAS**

por

**Santiago DOTTA SUAREZ
Mateo José QUINTERO ZUBILLAGA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2018**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. MSc. David Silveira

Fecha: 29 de agosto de 2018

Autores: -----

Santiago Dotta Suarez

Mateo José Quintero Zubillaga

AGRADECIMIENTOS

A nuestros tutores Ing. Agr. Ramiro Zanoniani e Ing. Agr. Javier García por el apoyo brindado y por hacer posible la elaboración de esta tesis.

A nuestras familias y amigos por acompañarnos y apoyarnos siempre en este proceso de formación como profesionales, y como personas.

A nuestros compañeros de la generación EEMAC 2016 y a todos los amigos de Facultad que nos acompañaron desde nuestro ingreso en el 2012.

A todos los docentes y funcionarios de la Facultad de Agronomía, especialmente al personal del laboratorio de la EEMAC, y a la Lic. Sully Toledo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADOS PUROS O EN MEZCLAS.....	3
2.1.1 <u>Avena byzantina</u>	3
2.1.1.1 Cultivar Estanzuela 1095a	5
2.1.2 <u>Lolium multiflorum</u>	6
2.1.2.1 Cultivar E. 284.....	13
2.1.2.2 Cultivar Bragelim.....	14
2.1.2.3 Cultivar Moro.....	14
2.1.2.4 Cultivar Sabroso.....	14
2.1.3 <u>Trifolium resupinatum</u>	15
2.1.3.1 Cultivar Maral.....	16
2.1.4 <u>Trifolium vesiculosum</u>	17
2.1.4.1 Cultivar Sagit.....	18
2.1.4.2 Cultivar Fertiseta.....	19
2.2 VERDEOS DE INVIERNO.....	19
2.2.1 <u>Aspectos generales de los verdeos de invierno</u>	19
2.2.2 <u>Estacionalidad de los verdeos de invierno</u>	20
2.2.3 <u>Siembra e implantación</u>	21
2.2.4 <u>Requerimientos climáticos y edáficos</u>	22
2.2.5 <u>Fecha de siembra</u>	23
2.2.6 <u>Densidad de siembra</u>	24
2.2.7 <u>Fertilización</u>	25
2.2.8 <u>Momentos de fertilización</u>	26
2.2.8.1 Siembra y macollaje.....	26
2.2.8.2 Luego de cada pastoreo.....	27
2.2.8.3 Cuando se retiran los animales para producir grano o reservas.....	28
2.2.9 <u>Características químicas de los verdeos de invierno</u>	28
2.3. PASTOREO ANIMAL.....	29
2.3.1 <u>Aspectos generales</u>	29
2.3.2 <u>Métodos de pastoreo</u>	31

2.3.2.1 Pastoreo continuo.....	31
2.3.2.2 Pastoreo controlado.....	32
2.3.3 <u>Factores que influyen en el pastoreo</u>	33
2.3.3.1 Frecuencia de pastoreo.....	33
2.3.3.2 Intensidad de pastoreo.....	33
2.3.4 <u>Efectos y consecuencias del pastoreo</u>	34
2.3.4.1 Efectos y consecuencias sobre la pastura.....	34
2.3.4.2 Efectos y consecuencias sobre el suelo.....	35
2.4 DINÁMICA DE LA INTERCEPCIÓN DE LUZ.....	35
2.4.1 <u>Aspectos generales</u>	35
2.4.2 <u>Coeficiente de extinción de la luz (k)</u>	36
2.4.3 <u>Índice de área foliar</u>	37
2.4.3.1 Aspectos generales.....	37
2.4.3.2 Índice de área foliar crítico.....	38
2.4.3.3 Índice de área foliar óptimo.....	38
2.4.3.4 Índice de área foliar remanente.....	39
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1 <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u>	40
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	40
3.1.2 <u>Información meteorológica</u>	40
3.1.3 <u>Descripción del sitio experimental</u>	40
3.1.4 <u>Antecedentes del área experimental</u>	41
3.2 <u>TRATAMIENTOS</u>	42
3.2.1 <u>Descripción</u>	42
3.2.2 <u>Diseño experimental</u>	42
3.2.2.1 Mapa del diseño experimental	43
3.3 <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	43
3.3.1 <u>Variables de crecimiento</u>	43
3.3.1.1 Altura del disponible.....	43
3.3.1.2 Biomasa disponible.....	44
3.3.1.3 Composición botánica.....	45
3.3.2 <u>Variables de desarrollo</u>	46
3.3.2.1 Número de plantas en invierno.....	46
3.3.2.2 Número de láminas y número de folíolos en invierno.....	46
3.3.2.3 Número de macollos por planta en invierno.....	46
3.3.2.4 Peso de vainas y peso de láminas en invierno...	47
3.3.2.5 Peso de pecíolos y peso de folíolos en invierno.....	47
3.3.2.6 Peso de malezas y restos secos.....	47
3.3.2.7 IAF.....	48
3.4 <u>HIPÓTESIS</u>	48

3.4.1 <u>Hipótesis biológica</u>	48
3.4.2 <u>Hipótesis estadística</u>	48
3.5 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	49
3.5.1 <u>Modelo estadístico</u>	49
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	50
4.1 <u>DATOS METEORÓLOGICOS</u>	50
4.1.1 <u>Precipitaciones</u>	50
4.1.2 <u>Temperatura</u>	51
4.2 <u>INVIERNO</u>	52
4.2.1 <u>Variables de crecimiento</u>	52
4.2.1.1 Acumulación de materia seca.....	52
4.2.1.2 Composición gravimétrica de la pastura.	54
4.2.1.4 Evolución de peso de lámina, vaina, folíolo y pecíolo.....	56
4.2.2 <u>Variables de desarrollo</u>	60
4.2.2.1 Evolución del macollaje.....	60
4.2.2.2 Evolución de macollos por planta.....	61
4.2.2.3 Hojas por macollos.....	63
4.2.2.4 Hojas de leguminosas por metro cuadrado.....	64
4.2.2.5 Evolución de hojas por planta de leguminosas.....	66
4.2.2.6 Relación vaina/lámina.....	68
4.2.2.7 Relación folíolo/pecíolo.....	70
4.3 <u>PRIMAVERA</u>	71
4.3.1 <u>Variables de crecimiento</u>	71
4.3.1.1 Producción y proyección de materia seca.....	71
4.3.1.2 Composición gravimétrica de la pastura.....	72
4.3.1.3 Evolución del IAF.....	74
4.3.1.4 IAF y biomasa.....	75
4.3.1.5 Altura y materia seca.....	77
4.3.1.6 IAF e intercepción de luz.....	78
5. <u>CONCLUSIONES</u>	81
6. <u>RESUMEN</u>	82
7. <u>SUMMARY</u>	83
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	84
9. <u>ANEXOS</u>	101

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción de distintos cultivares de <i>Avena byzantina</i> en el año 2016 en La Estanzuela.....	5
2. Producción de dos cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> en el año 2014 en La Estanzuela.....	14
3. Producción de dos cultivares de <i>Lolium multiflorum</i> en el año 2010 en La Estanzuela.....	15
4. Producción del cultivar Maral de <i>Trifolium resupinatum</i> en el año 2014 en La Estanzuela.....	16
5. Producción del cultivar Glencoe EC 1 Sagit de <i>Trifolium vesiculosum</i> en el año 2012 en La Estanzuela.....	19
6. Acumulación de materia seca, en los tres muestreos de invierno.....	52
7. Tendencia de la acumulación de materia seca.....	53
8. Evolución de los promedios de disponibilidad de materia seca....	71
9. Crecimiento de la pastura en función de la suma térmica.....	71
10. IAF en el bloque 1 el 7 de noviembre.....	75
11. Regresión para producción de materia seca en función de la altura.....	78
12. Regresión entre intercepción de luz e IAF.....	79
Figura No.	
1. Efecto de la cantidad y momento de la fertilización nitrogenada sobreproducción secundaria.....	12
2. Consumo de forraje en función de las características del forraje...	31

3. Mapa del diseño experimental.....	43
4. Precipitaciones mensuales acumuladas promedio para Paysandú serie histórica 1961-1990 y en la EEMAC año 2016.....	50
5. Temperatura mensual promedio en Paysandú serie histórica 1961-1990 y en la EEMAC año 2016.....	51
6. Evolución de la acumulación de materia seca en tres muestreos de invierno.....	53
7. Composición gravimétrica de los tratamientos puros y mezclas en tres fechas de invierno.....	54
8. Evolución del peso de lámina en función de la suma térmica.....	56
9. Evolución del peso de vaina en función de la suma térmica.....	57
10. Evolución de la relación de la fracciones avena y raigrás en el tratamiento mezcla de avena, raigrás y leguminosas.....	58
11. Evolución del peso de folíolo en función de la suma térmica.....	59
12. Evolución del peso de pecíolo en función de la suma térmica.....	59
13. Macollos por m ² en función de la suma térmica.....	60
14. Macollos por planta en función de la suma térmica correspondiente a las fechas de muestreo.....	62
15. Evolución de hojas por macollo.....	63
16. Hojas por metro cuadrado en función de la suma térmica, en los tratamientos de raigrás y leguminosas.....	65
17. Hojas por metro cuadrado en función de la suma térmica en el tratamiento avena, raigrás y leguminosas.....	66

18. Evolución de hojas por planta de leguminosas en los tratamientos de raigrás y leguminosas.....	67
19. Evolución de hojas por planta de leguminosas en los tratamientos de avena, raigrás y leguminosas.....	68
20. Relación de peso de lámina y vaina para los distintos tratamientos.....	69
21. Relación de peso folíolo/pecíolo para las distintas alternativas forrajeras.....	70
22. Evolución de la composición gravimétrica de los distintos tratamientos para tres fechas en el bloque dos en la primavera.....	73
23. Evolución del IAF.....	74
24. Biomasa aérea en función del IAF.....	76
25. Kg MS/ha en función de la altura en cm.....	77
26. Porcentaje de intercepción de luz en función del IAF.....	79

1. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria es de gran importancia para el Uruguay, la cual representa en promedio entre los años 2008-2013 el 8 % del PBI nacional (MGAP. DIEA, 2016).

Esta actividad promedio, por subsector, en porcentaje sobre dólares corrientes, entre los periodos 2008-2014, fue de 51 % para la agricultura, 44 % para la pecuaria, y 5 % para la silvicultura.

Para el año agrícola 2010-2011, del total de 16.357.000 de hectáreas, 6.764.000 corresponden a la agricultura, 6.467.000 a ganadería, 2.448.000 a silvicultura, 344.000 a lechería y 336.000 a agricultura intensiva (MGAP. DIEA, 2016).

Analizando dichos valores en el uso del suelo en los años 90 en comparación con el 2011, se observa un aumento en el área de agricultura de 110 %, también de la silvicultura de 158 %, la agricultura intensiva y la lechería disminuyeron un 33 % y 54 % respectivamente, mientras que la ganadería disminuyó un 36 % (MGAP. DIEA, 2016).

Frente a este escenario se generaron cambios en el uso del suelo, surgiendo en mayor proporción la integración de rubros agrícola-ganaderos y silvopastoriles, disminuyendo el rubro netamente ganadero. Pese al aumento en superficie de otros rubros, el stock vacuno y la producción de carne se mantuvo sin diferencias significativas (MGAP. DIEA, 2016).

Luego de la aplicación en el año 2013 del decreto del MGAP del plan de uso y manejo responsable de suelos, consecuentemente se generó un incremento en la proporción de verdeos y praderas dentro de las rotaciones agrícolas.

En la actualidad cada vez es más frecuente el uso de mezclas forrajeras formadas por tres o cuatro especies complementarias, intentando una buena distribución estacional. Uno de los objetivos más importantes es alcanzar los máximos rendimientos de materia seca por hectárea, sumado a una mayor calidad del mismo, explotando la complementariedad de cada familia (Carámbula, 2007).

Dichos cambios cada vez han dado lugar a un mayor estudio de las praderas y verdeos, con el fin de lograr altas producciones y mejores utilizaciones, con el objetivo final de alcanzar mayores resultados económicos.

Frente a esto se desarrolló éste trabajo de investigación, que presenta como objetivo determinar la curva de crecimiento en invierno y primavera, y la intercepción de luz en primavera de diferentes pasturas sembradas. Se evaluaron y compararon tratamientos mezclas y puros, con el fin de obtener datos para incrementar la eficiencia y el aprovechamiento del recurso natural luz. Por otro lado, se evaluó el crecimiento de la pastura con el fin de obtener datos para programar los períodos de utilización de la pastura, incrementando la eficiencia de utilización del forraje y evitando pérdidas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES UTILIZADOS PUROS O EN MEZCLAS

2.1.1 Avena byzantina

Se utilizan tres tipos de avena en Uruguay, sativa, bizantina y strigosa. En otros países a la bizantina y la sativa, como se cruzan entre sí, se las agrupa sólo como sativa. Se pueden utilizar para pastoreo y grano, aunque lo más común es para pastoreo. En el caso que se use para heno, la estación de crecimiento puede llegar a 10 meses. Es de las más tolerantes a altas temperaturas y déficit hídrico dentro de los cereales, mientras se encuentra como plántula, condiciones propias de fines de verano y comienzos de otoño. Si las siembras son tempranas se puede producir mucha cantidad de forraje antes que el invierno limite el crecimiento (Ayala et al., 2010).

La *Avena byzantina* o comúnmente llamada amarilla dieron en los años 30 y 80 los cultivares LE 1095 a y RLE 115 respectivamente. Tienen buen macollaje, porte semi postrado y un ciclo largo lo que las hacen muy buenas para el pastoreo, pero no así para producir grano aunque se adecúa a un doble propósito (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

E1095a dio origen al RLE 115 que es otro cultivar utilizado (Ayala et al., 2010).

La *Avena byzantina* tiene como destino la alimentación animal, está diseminada por toda América y es más rústica que la *Avena sativa* (Amigone y Tomaso, 2006).

La avena se destaca por ser precoz, aportando forraje en el otoño, necesitando sembrarse temprano, pero por otro lado muestra susceptibilidad a las royas y al pulgón, y presenta facilidad al vuelco (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

Las avenas amarillas son las que producen más en el período otoño-invierno con siembras más tempranas a fines de verano. Cuando la avena de siembra otoñal acumula forraje en primavera, puede actuar como doble propósito. Cuando se destina a grano las siembras deben ser junio-julio (Ayala et al., 2010).

La avena presenta poca resiembra natural, mucha infección de roya de la hoja y concentra el 65 % de su producción en el otoño-invierno. La floración

se da entre agosto y setiembre. Se recomienda sembrarla en la línea ya que es sensible si se siembra al voleo a pérdidas por predadores o por no lograr la profundidad necesaria (Borrajo et al., 2011b).

La densidad de siembra recomendada es de 100-120 kg/ha puro y en mezcla 40-80 kg/ha. Los pastoreos podrían iniciarse al mes y medio a dos meses de la siembra. Se pueden utilizar para pastoreo o acompañar praderas de ciclo corto (Ayala et al., 2010).

En la avena la altura de ingreso recomendada es de 20 cm o 1000 kg de materia seca. En la práctica es cuando las hojas superiores se curvan debido al peso de la hoja (Borrajo et al., 2011c).

La avena no tolera el anegamiento, es más rústica porque tiene menores requerimientos de fertilidad y tolera mejor las deficiencias hídricas que otras especies como *Lolium multiflorum*. Hay que tener cuidado con la fertilización nitrogenada de las avenas amarillas ya que tienen mucho vuelco (Ayala et al., 2010).

La adaptación a un rango amplio de suelos es producto de la variabilidad genética, por otro lado tiene buena adaptación a variadas fechas de siembra desde enero hasta agosto y está recomendado para pastoreos tempranos (Ayala et al., 2010).

Avena byzantina presenta una macolla intravaginal y el macollo está poco comprimido. La vaina puede no presentar pelos o de lo contrario presenta unos pocos, por otro lado la vaina es entera en las primeras hojas de los macollos y a puede ser de color rosada (Rosengurtt et al., 1960).

Parodi, citado por Amigone y Tomaso (2006) señala que la avena se diferencia de los cereales forrajeros por tener una lígula grande, membranosa, marcada y alargada, por otro lado no tiene aurículas.

Es una especie cespitosa, sin presencia de pelos que puede llegar a alcanzar los 130 cm. Tiene bajo contenido de fibra y es sensible a las heladas. Un kilo contiene cerca de 23000 semillas (Alcántara y Bufarah, 1978).

La nervadura del centro de la lámina puede estar engrosada, la lámina puede medir hasta 42 cm de largo y hasta 2,1 cm de ancho, la prefoliación es de tipo convolutada (Rosengurtt et al., 1960).

La avena tiene facilidad de vuelco y es susceptible al pulgón y a la roya. Particularmente la *Avena byzantina* presenta finas cañas (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

Según Campos et al., citados por Di Nucci de Bedendo et al. (2008) *Puccinia coronata f sp. avenae* puede provocar pérdidas hasta un 26 % en grano y un 32 % en forraje cuando ataca a la avena. En la provincia de Entre Ríos, Argentina las infecciones más fuertes se dan en mayo cuando las siembras son entre marzo y abril (Di Nucci de Bedendo et al., 2016).

En el estado de plántula, sería conveniente hacer un seguimiento del cultivo o en caso que sea necesario aplicar fitosanitarios a la hoja ya que es algo susceptible al pulgón verde (Ayala et al., 2010).

Cuadro No. 1. Producción de distintos cultivares de *Avena byzantina* en el año 2016 en La Estanzuela.

Especie	Cultivar	kg MS/ha
<i>Avena byzantina</i>	Estanzuela 1095a	9328
<i>Avena byzantina</i>	Victoria	9903
<i>Avena byzantina</i>	RLE 115	9335
<i>Avena byzantina</i>	Estero 2682	9291
<i>Avena byzantina</i>	Esmeralda	6806

Fuente: Castro et al. (2016).

2.1.1.1 Cultivar Estanzuela 1095a

Es un cultivar de avena tipo amarillo, es el más difundido en todo el Uruguay. Fue seleccionada por resistencia al pastoreo. Es de porte predominantemente semipostrado aunque van de postrados a erectos. Cultivar muy macollador con excelente capacidad de rebrote, de floración intermedia. Tiene susceptibilidad al vuelco (Ayala et al., 2010).

El cultivar Estanzuela 1095a es una selección de poblaciones que se encontraron en el norte del Uruguay y el criterio fue resistencia al pastoreo. Tiene una aceptable sanidad y buen rebrote aunque en la etapa de establecimiento es inferior a otros cultivares como Ga 7199 y Pincen (Carámbula et al., 1978).

Se pueden hacer siembras tempranas de enero-febrero para obtener abundante forraje en otoño disminuyendo la proporción invierno-primaveral con

densidades recomendadas de 100-120 kg/ha de semilla. El cultivar tiene buena adaptación a suelos bien drenados con textura media y pesada. Buena asociación con trébol rojo. Se debe entrar a pastorear con mínimo 15 cm. Es mantenido por INIA, pero el cultivar es de uso público (Ayala et al., 2010).

En general el porte es semipostrado aunque va desde erecto a postrado. Las hojas son finas, muy macolladora. En estado reproductivo hay susceptibilidad al vuelco dado por los tallos finos. Tiene buena adaptación en suelos con texturas medias a pesadas con buen drenaje. Se la recomienda para pastoreos tempranos en mezcla o puro. La planta tiene buen vigor inicial y buena implantación en variadas épocas de siembra, si se siembra en una alta densidad puede ser perjudicial para otras especies. Tiene buen macollaje y capacidad de rebrote, buena respuesta al nitrógeno y producción de otoño e invierno. Si se retira el pastoreo puede dar niveles aceptables de grano, siempre y cuando se tomen recaudos para evitar el vuelco (García et al., 1991).

Muy buena resistencia a la roya del tallo principalmente en primavera y aceptable resistencia a la roya de la hoja (alta incidencia en otoños cálidos y húmedos) para lo que se debe pastorear permitiendo el rebrote de macollos no infectados. Al principio de agosto se debe retirar el pastoreo para producir grano. Es una buena alternativa para heno o henilaje (Ayala et al., 2010).

2.1.2 *Lolium multiflorum*

Raigrás presenta macolla intravaginal que es poco comprimida o rolliza. La hoja no tiene pelos, la vaina puede tener coloración rosada o rojiza y en las primeras hojas de las macollas se encuentra entera. La lámina es plana aunque puede estar un poco crenada, la cara exterior es brillante, es de prefoliación convolutada aunque puede ser conduplicada. Presenta aurícula de hasta 25 mm de longitud, la lígula puede llegar a medir 2 mm de altura (Rosengurt et al., 1960).

La semillazón del raigrás es entre diciembre y enero, el tipo productivo es fino y tiene una apetecibilidad prolongada (Rosengurt, 1979).

Se utilizan dos tipos de raigrás anual: de tipo *westerwoldicum* (más productivos en otoño invierno) o *multiflorum* (más producción desde la mitad del invierno, teniendo en total mayor producción). En Uruguay en general duran un año aunque pueden llegar a durar dos, esto es debido a las altas temperaturas estivales. Los de tipo *multiflorum*, cuando se los siembra tarde se reduce la floración aportando en primavera forraje de muy alta calidad (Ayala et al., 2010).

Los raigrases se clasifican en función de sus requerimientos de frío y por el nivel de ploidía. Los de tipo *westewoldicum* no requieren vernalización, es decir no necesitan frío para florecer por lo que florecen en días largos, ejemplo son INIA Cetus y LE 284. Los de tipo *multiflorum* requieren del proceso de vernalización por lo tanto para que florezca se debe sembrar temprano, de lo contrario si el verano les aporta humedad suficiente, pasaran el mismo en estado vegetativo floreciendo al año siguiente. Debido a la importancia de la especie se desarrollaron cultivares tetraploides que producen más que, por ejemplo, LE284 y tienen más calidad, por lo tanto lo prefiere el ganado, y la semilla es más grande confiriéndole mayor vigor inicial; pero tiene menos resistencia a la defoliación, semilla menos, menos persistencia, menor resiembra natural y necesita suelos de mayor fertilidad (Carámbula, 2002).

Los cultivares diploides sin requerimiento de frío que son los comunes, producen mucha semilla en el año, y con buena resiembra natural. Presenta un hábito semipostrado con muchas macollas finas. El cultivar más común es el LE284. Los cultivares sin requerimiento de frío tetraploides se diferencian de los diploides por tener menos macollas pero más gruesas, un ejemplo el cultivar Hércules (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

Los raigrases son diploides naturalmente aunque se han producido tetraploides mediante mejoramiento. Los tetraploides tienen mayor contenido celular en relación a la pared celular, macollos más grandes pero en menor cantidad, siendo menos competitivo en mezclas con leguminosas por esta razón, y a su vez, más palatable que los diploides aunque son más exigentes en fertilidad y humedad (Ayala et al., 2010).

Los de tipo *multiflorum* se usan para pasturas con trébol rojo o puros, para pastorear en primavera, verano y otoño (temprano), para doble propósito, renovar cultivos de alfalfa con determinada edad y para sembrar con maíz. Los de tipo *westewoldicum* para asociarse con cereales o leguminosas, puros, para aumentar la precocidad de la fracción gramínea, doble propósito con leguminosas, maíz tardío y en cobertura con soja instalada (Carámbula, 2002).

Los cultivares con requerimientos de frío tetraploides poseen menor macollaje y macollas más gruesas, son semierectos. Florecen más tarde y cuando se siembran temprano tiene buena producción de semilla. Si se siembra tarde se comporta como bianual siempre y cuando, el verano no sea muy seco. Los cultivares más comunes son INIA Matador e INIA Titán (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

El raigrás (*Lolium multiflorum*) es una planta de ciclo de producción invernal con hábito de vida anual. Tiene muy buena producción en suelos

fértiles aportando el grueso del forraje en invierno y primavera. Otra característica a destacar es que está bien adaptada al pastoreo, teniendo muy buen rebrote de macollos. Con buena fertilidad edáfica, tiene buena resiembra ya que presenta alta capacidad de semillazón (Carámbula, 2002).

Más allá de que es una planta de ciclo otoño-inverno-primaveral, la mayor producción se da cuando las tasas de crecimiento son más elevadas, que se da en la salida del otoño y primavera según (De Battista y Ré, citados por Scheneiter, s.f.). La floración se da entre los últimos días de octubre y los primeros de noviembre. El uso del raigrás está retrasado en el tiempo con relación a la avena pero tiene mayor productividad invernal que la misma (Scheneiter, s.f.).

Es menos precoz y la semilla es más chica que la avena, presenta un ciclo más largo y mayor respuesta a la fertilización nitrogenada, presentado mayor macollaje que la avena (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

El raigrás es una especie rústica y muy macolladora la cual rebrota rápido y a su vez tiene buen piso lo que la hace menos susceptible al pisoteo y al diente. Es de mucha utilidad para dar precocidad a pasturas de corta y larga duración (Carámbula, 2002).

Se puede utilizar para complementar el aporte invernal de pasto, que es bajo, debido a que es barato pero no estabiliza la producción si no que la incrementa (Scheneiter, s.f.).

Al no tener tanta precocidad otoñal, la mayoría de su producción es desde el invierno y por otro lado tiene una alta cantidad de macollas pero de bajo peso, al revés que los cereales, y en general son usados para pastoreo directo pero se pueden usar para reservas (Carámbula, 2007).

El raigrás debe sembrarse a fines del verano principios del otoño, para poder pastorear en otoño y aprovechar las lluvias de esta estación, para poder tener un rápido crecimiento inicial, y estar cubierto de los problemas invernales y de primavera. En la Argentina, en la zona de Corrientes, se recomienda sembrar a fines de abril para evitar altas temperaturas (Borrajó et al., citados por Scheneiter, s.f.). Si la siembra se atrasa hasta fines de marzo puede aumentar el contenido de proteína bruta (Scheneiter, s.f.).

Un aspecto negativo es que debe sembrarse todos los años, por falta de perennidad y el descenso del valor nutritivo de forma abrupta cuando madura (Carámbula, 2002).

Se recomienda utilizar 300 a 500 semillas viables por hectárea, debido a la compensación de los macollos luego del establecimiento del raigrás (Cornaglia et al., citados por Scheneiter, s.f.).

Tiene un muy buen crecimiento en suelos bien drenados, tolerando más humedad que los cereales, y llegando a soportar periodos cortos de inundación. Se adaptan bien a suelos francos a pesados. Por otro lado en suelos arenosos bien fertilizados tienen buen comportamiento. Tienen mejor performance con buenas temperaturas y no toleran temperaturas bajas, a diferencia de los cereales que sí toleran (Carámbula, 2007).

Smoliak et al., citados por Scheneiter (s.f.) sostienen que el raigrás no se adapta bien a los climas áridos y necesita suelos con mediana a alta fertilidad aunque crece en suelos variados, salvo los que están poco o muy drenados, aunque luego que se establece tolera breves tiempos de anegamiento. La curva de producción determina un rápido crecimiento otoñal, disminuye en invierno, y se acelera en primavera con la elevación de la temperatura (Gaulmont, citado por Scheneiter, s.f.). Las raíces, más allá de la disminución de crecimiento en invierno, continúan creciendo (Schultz y Biswell, citados por Scheneiter, s.f.).

Las evaluaciones en la República Argentina encontraron una productividad entre 3,7 y 8,9 toneladas de materia seca al año. Esta especie requiere de un buen aporte de agua, crece con menores temperaturas que otras gramíneas perennes y anuales (Scheneiter, s.f.).

Ensayos en la República Argentina en distintas localidades arrojaron resultados de producción en otoño de 1300 kg MS/ha, observándose una variabilidad del 77,1 % en la interacción genotipo/ambiente (Méndez, 2016b), en invierno el promedio fue de 3301kg MS/ha con una variabilidad de 70,4 % (Méndez, 2016a) y en primavera 3745 kg MS/ha con una variabilidad del 76,3 % en interacción genotipo por ambiente (Méndez, 2016c). El total de la producción dio 7526 kg MS/ha con una variabilidad de 76,8 % en interacción genotipo por ambiente (Méndez, 2016d).

En la acumulación total anual de forraje, no se encontraron diferencias significativas entre el raigrás y otros cultivos anuales como el triticale o la cebada excepto en lugares con potenciales altos (Amigone et al., citados por Scheneiter, s.f.).

Las plántulas de los raigrases tiene menos vigorosidad que las de los cereales, por lo tanto el ingreso al pastoreo debe retrasarse unos 15 días con respecto a los anteriores, a fin de que las plantas se establezcan bien,

comenzando el pastoreo a los 60 días posteriores a la siembra (Carámbula, 2007).

El raigrás acepta pastoreos intensos y tiene buena adaptación al pastoreo rotativo. En la provincia de Buenos Aires se estableció que 39 días de descanso son suficientes para obtener buena producción forrajera sin tener en cuenta la fertilización (Spara et al., citados por Scheneiter, s.f.). Con pastoreos más frecuentes hay igual producción de los distintos cultivares, pero cuando baja la frecuencia, se marca la diferencia entre cultivares (Vernengo et al., citados por Scheneiter, s.f.).

El raigrás con 15 cm de altura llegaría a tener disponible unos 1000 a 1500 kg MS/ha, por lo tanto cuando alcanza esa altura se recomienda el ingreso de los animales a pastorear (Perrachón, 2009a).

El raigrás puede diferir forraje de una primavera al invierno siguiente, aunque el potrero quedaría libre tarde para el siguiente cultivo (Scheneiter, s.f.). Bertín, citado Scheneiter (s.f.) indica que se puede usar solo para reserva forrajera o utilizarlo con dos o tres pastoreos hasta agosto y luego cerrarlo dando más de un 50 % de forraje cosechado, en comparación con el pastoreo clásico. Cerrarlo en agosto permite obtener mayor proporción de lámina en el forraje y mayor producción, a diferencia de siembras más tardías. Re et al., citados por Scheneiter (s.f.) indicaron que los tetraploides tienen más acumulación de forraje respecto a diploide y cuando al potrero se lo cierra en agosto es más precoz.

Para picar el raigrás se debe esperar hasta que haya un 50 % de espigazón, para obtener más cantidad de forraje y de lámina para ensilar. Si se espera más tiempo disminuye la calidad por senescencia y proporción de lámina, y no aumentan de manera considerable el volumen de forraje (Re et al., citados por Scheneiter, s.f.).

Cowling y Lockyer, citados por Carámbula (2007) recomiendan cosecharlos inmediatamente luego de la antesis.

En el primer pastoreo hay un 15,5 % de materia seca, valor menor a un cereal de invierno, y la proteína bruta entre 21 % y 23 %; los carbohidratos de 6,5 % a 9,6 % (Méndez et al., Méndez y Davies, citados por Scheneiter, s.f.). En el invierno hay un alto consumo de raigrás debido a la alta digestibilidad del mismo y a la fibra. En julio y agosto la concentración calórica se encuentra en el rango de 2,6 a 2,9 Mcal. por kilo de materia seca de energía metabólica (Astirraga y Bianco, citados por Scheneiter, s.f.). La baja proporción de materia seca otoñal puede actuar como un factor que limita el consumo, ya que la

pastura tendrá mucha agua. También la alta cantidad de proteína soluble puede causar que haya excesos que se deban eliminar con un determinado gasto energético ya que no hay suficientes carbohidratos, disminuyendo la eficiencia de uso del pasto. Por otro lado el bajo contenido de materia seca provoca bajas ganancias de peso (Scheneiter, s.f.).

El raigrás es un cultivo con alto valor nutritivo y muy palatable para los animales, ya que es aceptado por la mayoría de estos, que pastorean esta especie. Este valor nutritivo se pierde en floración pasando a ser forraje rechazado (Carámbula, 2002).

Según Acosta et al., citados por Scheneiter (s.f.) el porcentaje de materia seca de los verdeos varía durante el día, alcanzando los mayores valores por la tarde. El raigrás en otoño y principios de invierno tiene alto porcentaje de agua, luego desde la mitad del invierno en adelante el porcentaje de materia seca va aumentando a altas tasas, siendo prácticamente lineal. De todos modos ese crecimiento de materia seca también se da junto con el aumento de FDA, disminuyendo la proteína y los carbohidratos que no son estructurales (Pordomingo et al., citados por Scheneiter, s.f.).

En la tarde hay mayor fotosíntesis por lo tanto los niveles de azúcares en la planta es mayor, se recomienda pastorear en la tarde obteniéndose mayor proporción de materia seca y un balance entre la energía y la proteína consumida (Lus, 2010).

Debido a la variación diaria de materia seca, cuando se asigna una franja debe ser en la tarde, mientras que en la mañana y mediodía son los momentos de descanso. Pastoreos de más tiempo y con mayor intensidad en la tarde se dan con la utilización vespertina (Gregorini et al., citados por Scheneiter, s.f.). Utilizarlo el verdeo a la tarde lleva a que se consuma más materia seca por parte del animal, aumentando producción de leche y proteína (Acosta et al., citados por Scheneiter, s.f.).

La fertilización del raigrás con nitrógeno aumenta este último y hace bajar los carbohidratos, pero no afectaría el desempeño animal más allá del aumento en la relación nitrógeno/carbohidratos. Si se agrega aparte del nitrógeno, fósforo, no cambia la composición química del forraje pero aumenta la producción. Al fertilizar con nitrógeno, aumenta la producción animal (Méndez y Davies, citados por Scheneiter, s.f.).

Wilman y Ojnerie, citados por Caballero y López Goicoechea (2011) sostuvieron que el nitrógeno influye sobre los macollos y su peso pero al final termina influyendo en el largo de vaina y lámina por lo tanto una aplicación con

alto nivel de nitrógeno podría dar un menor contenido de fibra y aumento en la cantidad de lámina.

Con respecto a la fertilización del raigrás, se realizaron ensayos de fertilización nitrogenada con fertilización de fósforo de base, dando respuestas entre 21 kg a 42 kg de materia seca por kilo de nitrógeno (De Battista et al., citados por Scheneiter, s.f.). La mayor respuesta a la fertilización se da cuando hay poco nitrógeno en el suelo disponible para las plantas y buenas condiciones hídricas (Scheneiter, s.f.). Villanueva et al., citados por Scheneiter (s.f.) sostienen que cuando hay poco nitrógeno en el suelo, para obtener buenos resultados (similares al cultivo con laboreo convencional) se deben aplicar dosis altas de nitrógeno. La fertilización otoñal se usa debido a que se necesita forraje temprano, en el invierno, pero en el crecimiento final no tiene impacto, sólo en los primeros pastoreos (Salcido et al., citados por Scheneiter, s.f.).

Panario et al. (2014) obtuvieron resultados en respuesta a fertilización nitrogenada de 27 kg de materia seca por cada kilo de nitrógeno aplicado o 12,4 kg de materia seca por cada kilo de urea aplicada en una sola aplicación.

La fertilización tuvo alto impacto en la producción secundaria, principalmente al aumento de carga y no arrojando resultados en variación de ganancia (Scheneiter, s.f.).

Figura No. 1. Efecto de la cantidad y momento de la fertilización nitrogenada sobre producción secundaria.

Nivel de N.y momento de fertilización	Efecto sobre la producción secundaria	Fuente
0 y 92 kg. N./ha. a la implantación	85 % de carga	Méndez y Davies, 2003.
0, 50 y 100 kg. N./ha.	50 kg.: más 151% carga 100 kg.: más 138% de carga	De Battista et al., 2006.
0 y 200 kg. N./ha. (cuatro aplicaciones de 50 kg. N./ha.	más de 20% de carga en un invierno seco	Benavidez, 2013.

Fuente: Scheneiter (s.f.).

Ensayos en la provincia de Buenos Aires, arrojaron como resultados un aumento del 16 % de materia seca en pasturas bajo riego, lo que sería 1,94 kg de materia seca por hectárea o un crecimiento diario de más 10 kg de materia seca por hectárea por día (Scheneiter, s.f.).

En cuanto a enfermedades, el raigrás tiene menos incidencia en *Puccinia spp.* que otros como la avena aunque en determinados ambientes la incidencia puede ser importante ya que los cultivares pueden diferir en los ambientes (Scheneiter, s.f.).

Raigrás tiene una posible resiembra natural, baja infección por parte de la roya de la hoja y florece en octubre-noviembre. Concentra el 40 % de su producción en invierno y primavera. En un año particularmente húmedo, la producción del raigrás es mayor que de la avena dada la tolerancia a la roya y al encharcamiento. Si se siembra al voleo se debe incrementar la densidad de siembra (Borrajó et al., 2011a).

En cuanto a plagas se destaca la baja susceptibilidad del raigrás al ataque del pulgón verde. En años que hay mucho pulgón, el raigrás muestra una mayor producción en el año así como para el primer pastoreo en comparación con otras especies siempre y cuando no se apliquen fitosanitarios (Scheneiter, s.f.).

2.1.2.1 Cultivar E. 284

Es un cultivar de ciclo corto con buena producción otoño-invernal siendo de los mejores cultivares para la producción en dicho periodo. Se caracteriza por ser de tipo westerwoldicum y diploide. Se liberó en los años 50 y se obtuvo en una estación de INIA mediante líneas brasileñas. También se reproduce con el nombre de Gulf. Florece temprano en Argentina y Uruguay, alrededor del 29 de setiembre y por esta característica es susceptible a la roya. Si se siembra en marzo, un atraso provoca un acortamiento del ciclo y la densidad recomendada es con 15 kg a 20 kg puro y en mezclas 10 kg a 15 kg si es con avena. Es un cultivar de uso público y se recomienda realizar pastoreos de forma rotativa desde los 20 cm (Ayala et al., 2010).

Proviene de una selección de materiales brasileiros. Es de tipo diploide con buena capacidad de macollar y florece temprano no teniendo requerimiento de frío. Bajo vigor inicial con plantas sensibles al déficit hídrico en el estado de plántula, aunque luego se implanta bien. Tiene su pico de producción a fines de setiembre con buena producción invernal, tiene buena respuesta al nitrógeno y mucho macollaje. En invierno su digestibilidad alcanza el 80 % Tiene alta

producción de semillas y en octubre se da el pico de floración (García et al., 1991).

2.1.2.2 Cultivar Bragelim

Cultivar de origen portugués, el solicitante para la evaluación INIA-INASE en Uruguay es Fertiprado Uruguay S.R.L., y el último año de evaluación fue el 2011 (INASE, 2017a).

Es un cultivar diploide de tipo westerwoldicum. Presenta hojas anchas y madurez tardía (Lopes et al., 2009).

2.1.2.3 Cultivar Moro

Es diploide, producción elevada de forraje hasta fines de invierno, principios de primavera. Según los datos obtenidos es sensible a la falta de humedad. Se debe sembrar desde mediados de febrero a mediados de marzo con una densidad de 20 kg/ha a 25 kg/ha y se recomienda aplicar 50 kilos de urea después de cada corte. El pastoreo debe hacerse de 25 cm a 30 cm y con una intensidad hasta 4 cm a 6 cm. La especie presenta alta densidad de macollos (Forratec, s.f.).

Este cultivar en particular diploide de tipo westerwoldicum y produce mucha materia seca en su ciclo, además de ser muy vigoroso. Indicado para uso entre cultivos agrícolas (Forratec, s.f.).

Cuadro No. 2. Producción de dos cultivares de *Lolium multiflorum* en el año 2014 en La Estanzuela.

Especie	Cultivar	kg MS/ha	% sobre E. 284
<i>L. multiflorum</i>	E. 284	8024	100
<i>L. multiflorum</i>	Moro	10540	131

Fuente: Castro et al. (2015).

2.1.2.4 Cultivar Sabroso

Cultivar originario de USA, de tipo westerwoldicum y tetraploide (Zarucki, 2012).

Cuadro No. 3. Producción de dos cultivares de *Lolium multiflorum* en el año 2010 en La Estanzuela.

Especie	Cultivar	kg MS/ha	% sobre E. 284
<i>L. multiflorum</i>	E. 284	10639	100
<i>L. multiflorum</i>	Sabroso	10946	103

Fuente: Castro et al. (2011).

2.1.3 *Trifolium resupinatum*

El nombre vulgar es trébol persa. El origen de esta especie es Asia Menor. Puede medir de 10 cm a 50 cm y es de ciclo anual. Posee bajo desarrollo a bajas temperaturas, y presenta buena tolerancia a las heladas (UNRC. FAV, s.f.).

El *Trifolium resupinatum* se difundió 1966 y se destaca en que es bueno para consociarlo con algún cereal invernal debido a la buena producción en invierno y primavera. Por otro lado se destaca la calidad del forraje (Cragnaz, 1990).

Las dos subespecies que más se siembran son majus y resupinatum (UNRC. FAV, s.f.).

Seguramente el *Trifolium resupinatum* se introdujo desde el centro y el oeste del continente europeo hacia la parte mediterránea abundando en zonas como Portugal. Puede aparecer en alfalfa como se dio en el Uruguay (Izaguirre, 1995).

Presenta hojas trifoliadas, sin pelos, en dónde las hojas inferiores son pecioladas y las del sector superior son subsésiles. Las flores son de color rosado y las inflorescencias presentan cabezuelas blanquecinas (UNRC. FAV, s.f.).

La fecha de siembra recomendada es de marzo a abril con densidades de 10 kg/ha a 12 kg/ha cuando es puro y 3 kg/ha a 6 kg/ha en una mezcla, el inoculante es específico y es el U-223. Una característica es el alto contenido de calcio y proteína, esta última puede variar desde un 16 % a un 28 %, pero por otro lado puede causar meteorismo. Se estima que requiere fósforo de manera similar al *Lotus subbiflorus* por lo tanto el crítico sería 10-12 ppm.¹

¹ Silveira Martínez, E. D. 2017. Caracterización agronómica de otras especies forrajeras utilizadas en el Uruguay (sin publicar).

Presenta tolerancia a la salinidad y al encharcamiento. Tiene buen crecimiento a pH 5,5 a 9 y el desarrollo se limita en suelos secos y sueltos. Tiene tolerancia a suelos húmedos y pesados (UNRC. FAV, s.f.).

El trébol persa, según estudios se toma como referencia una pureza del 97 %, un poder germinativo del 80 % obteniendo por cada kilo por hectárea, 65 semillas por metro cuadrado (Bigliardi y Castaño, 2012).

Estudios realizados demuestran que el *Trifolium resupinatum* es potencialmente alelopático y las fitotoxinas pueden ser solubles en agua o en compuestos orgánicos, un ejemplo de estos últimos es el metanol. El efecto alelopático influye en las malezas variando las especies de las mismas (Maighany et al., 2007).

2.1.3.1 Cultivar Maral

Es un cultivar de origen portugués. Contiene alto porcentaje de semillas blandas por lo que tiene baja regeneración, se recomienda el uso forrajero o como heno. Contiene 820 semillas por gramo y fue seleccionado por cultivar forrajero (Reid, 1990).

Corresponde a la variedad majus, tipo erecto alto, necesita mínimo 600 mm de lluvia, es de tipo tardío y florece aproximadamente a los 150 días pos siembra. Presenta susceptibilidad a la roya de la hoja, un bajo porcentaje de semillas duras y mayor digestibilidad al promedio. Este cultivar germinará con lluvias de verano pero posteriormente con secas morirá. No se recomienda sembrar en un potrero. El análisis químico en los henos arroja valores promedio de 19 % de proteína bruta, 35 % de FDN y una digestibilidad del 72 % (NSW. DPI, s.f.).

Cuadro No. 4. Producción del cultivar Maral de *Trifolium resupinatum* en el año 2014 en La Estanzuela.

Especie	Cultivar	kg MS/ha
<i>Trifolium resupinatum</i>	Maral	7192

Fuente: Cuitiño et al. (2015).

2.1.4 *Trifolium vesiculosum*

Presenta tallos huecos, y las hojas son trifoliadas con una “v” de color blanco. La floración dura de uno a dos meses y las flores son blancas violáceas (Ovalle et al., 2010).

Es de porte erecto, con hábito de vida anual. No tolera suelos con problemas de drenaje, y es tolerante a la sequía. Se adapta bien a una gran variedad de suelos como arenosos, arcillosos y francos. Responde bien al fósforo, requiere mayor fertilidad que el *Trifolium subterraneum*, siendo más sensible que el *Trifolium pratense* al fósforo (Carámbula, 2002).

El mejor desempeño se da en suelos con pH de 6 a 7 y con buen drenaje, aunque se adapta a varios tipos de suelo (Caddel y Redmon, Evans, citados por Ovalle et al., 2010).

Trifolium vesiculosum muestra mejor adaptación que *Trifolium alexandrinum* a condiciones de mal drenaje y baja fertilidad. Por otro lado es destacable la resiembra aunque tiene problemas para establecerse posiblemente debido a inconvenientes rizobiológicos (Barrios et al., 2012).

Se recomienda sembrar de marzo a mayo, en suelos que no hayan tenido trébol blanco recientemente.¹

Se recomienda sembrar a 6 kg/ha a 8 kg/ha. Posee buena germinación con baja temperatura, se recomienda sembrarlo junto con gramíneas para pastoreo o algún cereal cuando es destinado para reservas o semilla (Carámbula, 2002).

Dada su raíz presenta elevada resistencia a la sequía aunque no se adapta bien a suelos mal drenados.¹

Inicialmente tiene buen vigor y produce más que otros tréboles de ciclo anual teniendo buena calidad la pastura. En el primer año produce forraje tarde y su crecimiento inicial también es lento. Tiene buena capacidad de resiembra en donde entrega forraje más temprano logrando producir más en el invierno (Carámbula, 2002).

Presenta alto porcentaje de semillas duras por lo que serviría para hacer rotaciones con cereales debido a su resiembra natural (Bustos, Ovalle et al., citados por INIA, s.f.).

Es poco tolerante a pastoreos intensos ya que el remanente debe ser mayor a 10 cm. La resiembra es buena y tiene alta fijación de nitrógeno. Se debe tener cuidado con el pastoreo invernal para que no se produzca mucho pisoteo (Costa Morales et al., citados por Carámbula, 2002). Bajo potencial de meteorismo (Carámbula, 2002).

Se inocula con la cepa U-276 que es el *Rhizobium* indicado para esta especie.¹

2.1.4.1 Cultivar Sagit

Es una leguminosa de hábito de vida anual, con buena producción forrajera en invierno y primavera, entre los meses de junio a diciembre, en siembras de cobertura y convencionales. Se siembra de marzo a mayo en función de la disponibilidad hídrica, el inoculante usado es específico, y no se recomienda siembra en suelos en los que se haya sembrado recientemente trébol blanco. No se adapta a suelos ácidos con pH menor a 5 y suelos con en los que el drenaje es un problema. Se recomienda una densidad de siembra 7 kg/ha a 11 kg/ha cuando se utiliza siembra de precisión y de 11 kg/ha a 15 kg/ha en cobertura (INIA, s.f.).

Una cualidad a destacar de este cultivar es que la fijación de nitrógeno es buena. En sus inicios, la selección fue, para ser usado en mejoramientos en el basalto, pero dada sus características, se pueden usar en puentes verdes o sistemas intensivos (INIA, s.f.).

El *Trifolium vesiculosum* Glencoe EC1 es conocido por Sagit ya que es el nombre comercial asociado del mismo. Proviene de una selección del INIA Tacuarembó en basalto por resistencia a virus, producción de semillas y forrajes, adaptación a campo natural para siembra en cobertura y resiembra natural (INIA, s.f.)

En pastoreo, se recomienda un pastoreo rotativo desde los 30 cm hasta algo más que 5 cm, si se realiza un pastoreo intenso, se comprometerá el rebrote. Se puede diferir o generar reservas dado que la producción primaveral es alta. Desde el punto de vista legal, es un cultivar protegido y los licenciarios son Fertiprado y Fadisol (INIA, s.f.)

En cobertura, se obtuvo luego de varios años de ensayos, entre 4 a 8 toneladas de MS/ha. El destino puede ser para pastoreo o reservas. Se recomienda un pastoreo poco intenso y frecuente, más que nada a fin del ciclo para que haya buena resiembra. La digestibilidad del forraje es más de 75 %, la proteína cruda supera el 20 % y posee bajo potencial de meteorismo (INIA, s.f.).

En el segundo año, si previamente sembró en un mejoramiento, produce considerable cantidad de forraje obteniendo buenas ganancias en invierno y primavera en sistemas criadores. A su vez es una buena alternativa para cobertura invernal ya que produce forraje en buena cantidad, aporta nitrógeno y tiene una baja relación carbono/nitrógeno lo que facilita la instalación del cultivo siguiente (INIA, s.f.)

El inoculante específico es *Rhizobium loguminosarum* bv *trifolii*. El atraso en la fecha de siembra implica problemas en la implantación debido a temperaturas bajas y baja producción de forraje en el otoño e invierno, por lo que se recomienda siembras tempranas de marzo y abril. La semilla se recomienda que esté escarificada debido a que hay un alto porcentaje de semillas duras (INIA, s.f.)

Cuadro No. 5. Producción del cultivar Glencoe EC 1 Sagit de *Trifolium vesiculosum* en el año 2012 en La Estanzuela.

Especie	Cultivar	kg MS/ha
<i>Trifolium vesiculosum</i>	GEC 1	2513

Fuente: Castro et al. (2013).

2.1.4.2 Cultivar Fertiseta

Trifolium vesiculosum cv. fertiseta es de origen portugués perteneciente a la empresa Fertiprado Sementes e Nutrientes Ltda. Es de tipo público y el solicitante en Uruguay es Fertiprado Uruguay SRL. Este cultivar no pertenece a un evento OGM (INASE, 2017b).

Se puede encontrar en mezclas de Fertiprado SRL como Bioverde nitro 2017 o Bioverde pro 2017 (INASE, 2017c).

2.2 VERDEOS DE INVIERNO

2.2.1 Aspectos generales de los verdeos de invierno

La mayor utilidad de los verdeos de invierno es afrontar la problemática invernal tanto en precio como el clima (Díaz Rossello y Cibils, citados por Carámbula, 2007). Mas, citado por Carámbula (2007) al incluir en el sistema de producción el verdeo, más allá del plano biológico, se debe tener muy en cuenta el plano económico, ya que hay un estrecho vínculo entre estos dos aspectos al

incluir esta tecnología en el sistema de producción. Los verdeos aportan pasturas en un momento de un marcado déficit, más allá de su elevado costo, pero también afronta de muy buena manera la competencia con los concentrados; por otro lado se pueden sustituir heno o ensilajes con los verdeos teniendo en cuenta que el factor calidad toma vital importancia (Gayo, citado por Carámbula, 2007).

Los verdeos invernales producen un volumen alto con buena calidad de forraje, con lo que se cubriría el déficit ocasionado por un lento crecimiento en el periodo otoñal y las bajas temperaturas del invierno. Se deben manejar muy ajustadamente debido a que el costo es elevado provocado por el corto periodo de utilización (Zanoniani y Noëll, 1997).

Debido a la cantidad y la calidad del forraje entregado por el verdeo, los hace sumamente útiles no solo para mitigar el impacto del invierno si no para apoyar a praderas recién sembradas (Zanoniani et al., 2000b).

El crecimiento de un verdeo supera el doble o triple a la velocidad de una pradera permanente, y la calidad del forraje aportado es acorde para la terminación de los animales, pudiéndose lograr ganancias de 700 gramos por día y con periodos de utilización de 150 a 180 días (Villalba y Hegglin, 2008).

Carámbula et al., citados por Carámbula (2007) obtuvieron producciones promedio en torno a los 3000 kilos en verdeos puros y 7500 kilos en verdeos asociados. García y Peralta, citados por Carámbula (2007) bajo pastoreo obtuvieron producciones 4,19 toneladas para raigrás y 4,26 toneladas para avena.

García, citado por Leborgne (2008) obtuvo resultados de 4,5 toneladas por hectárea para la avena pura, 7 toneladas por hectárea para el raigrás puro y asociado con avena, pero cuando esa mezcla se planta sobre sorgo el rendimiento baja a 4,8 toneladas por hectárea.

Chiara, citado por Carámbula (2007) evaluó una mezcla de avena y raigrás con densidades de siembra de 50 kilos para la avena y 15 kilos para el raigrás con rendimientos de 1748 kg de materia seca por hectárea para la avena pura y para el raigrás puro de 4141 kg por hectárea; la mezcla rindió 5138 kilos por hectárea de materia seca.

2.2.2 Estacionalidad de los verdeos de invierno

Tomasso, citado por Carámbula (2007) obtuvo que la avena produce el 40 % de su producción total en el primer pastoreo en otoño debido a la

precocidad y en el tercer pastoreo entrega un 37 % de su producción. El raigrás, no tienen tanta precocidad como la avena pero en el total de materia seca producida por año es superior (Gardner et al., Chiara y Ayala, citados por Carámbula, 2007). Chiara, citado por Carámbula (2007) encontró que el raigrás y la cebadilla tiene más alta producción que la avena a fines de invierno y al comenzar la primavera.

La avena negra y la cebada son cultivos precoces, mientras que el raigrás presenta mayor producción en invierno y primavera, así que si quiere producir de forma temprana en el otoño se debe apuntar a la avena y si se quiere en el invierno al raigrás. El trigo que es para grano y pastoreo tiene comportamiento intermedio entre avena y raigrás (Zanoniani y Noëll, 1997).

El rápido crecimiento inicial de la avena marcado como aspecto positivo, se ve condicionado por la baja capacidad de rebrote lo cual hace descender la producción posterior al primer pastoreo, más aún si la intensidad del mismo fue alta o en etapas avanzadas del ciclo. El crecimiento del raigrás es más lento al principio del ciclo, en comparación con los cereales, pero aporta mayor forraje más adelante que los mismos cereales, aumentando el periodo de utilización del mismo hasta la primavera (Amigone y Kloster, 1997).

Debido a que los verdeos puros tienen ciclos cortos, por lo que, para obtener más altos rendimientos y poder ser amortizados, se realizan alargando el periodo de entrega de forraje desde el otoño hasta la primavera, y se aplica mezclando raigrás con un cereal. La mezcla se realiza de esta forma debido a la precocidad del cereal, más la alta entrega en invierno y primavera del raigrás (Carámbula, 2007). Carriquiry et al., citados por Carámbula (2007) sostuvieron que para aprovechar la condición de la precocidad de la avena y realizar un buen pastoreo, estos deben ser en el momento justo ya que retrasarlos tendría efectos no deseados, como por ejemplo encañado y rebrote lento.

La mezcla avena-raigrás permite un aporte en otoño, invierno y primavera, pero muestra buena respuesta complementar con trébol rojo y achicoria permitiendo producir y diluir el costo en dos años utilización (Zanoniani y Noëll, 1997).

2.2.3 Siembra e implantación

Se debe elegir un potrero con una fertilidad entre media y alta. Según estudios, potreros que superan las 30 hectáreas, se torna dificultoso el manejo del pastoreo ya que este mismo no era uniforme, complicándose más aún en años con exceso de lluvia por falta de piso (Carámbula, 2007).

El cultivo antecesor al verdeo condiciona el método de siembra. Cuando el cultivo anterior libera la chacra temprano como la moha, maíz, sorgo e inclusive cultivos de invierno, se puede aplicar una siembra directa o la convencional, de lo contrario, si se libera de forma tardía como por ejemplo cuando hay soja, se verá obligado a sembrar por aire (Villalba y Hegglin, 2008).

La siembra directa tiene buena utilidad para la siembra del verdeo, en donde, con ese método, el cultivo puede tener buen piso para la entrada de los animales, permitiendo adelantar la siembra en caso de que el cultivo predecesor sea un cultivo de verano como maíz, sorgo o girasol. Cuando se utiliza la siembra directa, se debe aplicar un control de malezas con herbicidas y fertilización con nitrógeno. Cuando hay un cultivo de soja o girasol en estado de madurez avanzado, la siembra aérea es una buena opción (Amigone y Kloster, 1997).

Según García Préchac, citado por Carámbula (2007) en épocas lluviosas, el verdeo ofrece buen piso entonces aumenta el aprovechamiento con siembra directa, repercutiendo en la performance animal, dada una mejor utilización. Ferreira et al., Terra y García, citados por Carámbula (2007) sostienen que es viable económicamente y productivamente la siembra directa, integrándose con alternativas forrajeras distintas presentes en el sistema, manteniendo igualdad en rendimiento y respuesta al nitrógeno tanto en siembra con laboreo como en siembra directa.

En la siembra en hileras se deja un entrefila de 18 cm a 22 cm utilizando sembradora de grano fino, en la siembra con fertilizadoras centrífugas del raigrás al voleo se debe agregar más semilla, más precisamente un 15 % (Villalba y Hegglin, 2008).

Pérez Gomar y García, citados por Carámbula (2007) sostuvieron que hay que cuidar la vegetación que hay cuando se quiere realizar siembra directa, para controlar la competencia ya que entre otras cosas, no habrá mineralización del nitrógeno producto del laboreo.

2.2.4 Requerimientos climáticos y edáficos

La avena no se adapta bien a suelos arenosos o pobres, necesitando una relativa fertilidad en los suelos y con una acidez entre 5 y 5,2. Por otro lado, el raigrás muestra mayor productividad en suelos que van aumentando su fertilidad, aunque se adapta a varios tipos de suelos, con distintas texturas como arcillosos o arenosos, adecuándose en suelos donde otras especies no prosperarán (Carámbula, 2007).

La humedad y la temperatura es la principal limitante de este tipo de pasturas. La avena no acepta un marcado exceso de humedad, mientras que dependiendo del cultivar va a tolerar distintas temperaturas. Por otro lado el raigrás se adapta mejor a los suelos húmedos y soporta temperaturas más altas, que por ejemplo, un cereal (Carámbula, 2007). Entre mayo y setiembre las heladas y el frío determinan poca cantidad de forraje para los establecimientos, con 15 °C hay un aumento progresivo en la producción de forraje, mientras que con 4,5 °C la producción es muy baja; esta escasez influye en categorías con altos requerimientos nutricionales en el periodo invernal o en los novillos que se van a comercializar en dicho periodo (Holt, citado por Carámbula, 2007).

En general las especies que componen los verdeos son gramíneas anuales de ciclo productivo invernal, aunque se pueden comportar como bianuales dependiendo de los requerimientos de frío. Los óptimos de temperatura para las especies se encuentran entre los 15 °C y 20 °C. En el verano las semillas se mantienen para germinar en otoño cuando las condiciones sean favorables (Zanoniani y Ducamp, 2000a).

La siembra de la o las especies elegidas, se debe realizar entre fines de verano y principios de otoño para evitar una caída en la producción de forraje que se da por el atraso en la fecha de siembra, debido al progresivo descenso de la temperatura (Holt, citado por Carámbula, 2007).

Los raigrases de tipo multiflorum tienen requerimientos de frío para que puedan florecer, a diferencia de los de tipo westerwoldicum que no requieren vernalización. Los tipo multiflorum sembrados en el invierno tarde no florecerán ese año (Carámbula, 2003b).

La humedad en exceso o en deficiencia que se puede dar en invierno, aunque no es lo más común, puede interferir en la producción normal de los verdeos, pero en general la humedad es suficiente para la producción normal de dichas pasturas (Carámbula, 2007).

2.2.5 Fecha de siembra

La fecha de siembra se debe ajustar debido al clima, un atraso incurriría en crecimientos menores por las temperaturas que disminuyen progresivamente en el correr del año, retrasando el ingreso de los animales a pastorear, lo cual se daría entrado el invierno donde los problemas de piso se suman al pisoteo. Otro inconveniente es que disminuye la producción de materia seca, y esta se entregaría en la primavera en donde hay condiciones favorables para la utilización pasturas (Zanoniani y Noëll, 1997).

La siembra se debe realizar temprano para obtener mayor aprovechamiento de la pastura y, a excepción del raigrás, un pastoreo más temprano. Esto se da porque las plantas crecen en un buen ambiente antes de que lleguen las heladas y sus etapas críticas. Las avenas sembradas en enero-febrero emergen de forma desperejada debido a la baja humedad de la época (Carámbula, 2007). Según Sevilla et al., citados por Carámbula (2007) una buena fecha de siembra para pastoreo es febrero y marzo, mientras que en abril se recomienda cuando el fin es realizar heno.

El atraso en la fecha de siembra del raigrás disminuye las tasas de crecimiento al primer pastoreo y además atrasa la entrada de los animales. La entrada se debe dar a los 60 a 70 días desde que el cultivo emerge (Costa et al., 2004).

En la siembra tarde, se limita el uso de la avena por lo que el trigo sería una buena opción. El raigrás presenta mayor respuesta que la avena, más aún cuando la siembra es temprana. En la encañazón se producen respuestas más altas que en estado vegetativo (Zanoniani y Noëll, 1997).

Algunas especies de avena, toleran fechas de siembra tardía (Carámbula, 2007), sin embargo, según Rebuffo, citado por Carámbula (2007) la avena se siembra temprano para cubrir déficit forrajeros de otoño e invierno, pero para grano se aconseja junio-julio. Para obtener pastoreos de raigrás en otoño, se debe comenzar la siembra en marzo, pudiéndose retrasar cuando interesan pastoreos invierno-primaverales. Una siembra temprana permite alta tasa de macollaje, aunque debido a la baja humedad y alta temperatura del verano, sembrar con mucha antelación provocará plantas finas y débiles dado por la baja cantidad de reservas en la semilla en un periodo problemático (Carámbula, 2007).

2.2.6 Densidad de siembra

Manejar la población adecuada implica llegar a un IAF óptimo rápidamente, evitando retrasar el ingreso de animales y que se provoque desperdicio de radiación solar (Carámbula, 2007). Se cumplen las metas planteadas en los verdeos, con altas densidades de siembra y reduciendo la distancia entre hileras (Holt, Bisnhoi y Huges, citados por Carámbula, 2007). Por otro lado no debe sobrepasarse esa elevada densidad de siembra ya que si no, las plantas generadas van a ser débiles, compitiendo entre ellas y no pudiendo afrontar ambientes negativos para su crecimiento. Se recomienda la siembra con 100-120 kilos de avena por hectárea y 20-30 kilos de raigrás por hectárea (Carámbula, 2007).

Tomando en cuenta el material genético del raigrás y el nivel de ploidía, se sugiere una siembra de 20 kg/ha de raigrás diploide y 30 kg/ha de material tetraploide (Costa et al., 2004).

Estudios realizados en Córdoba, Argentina, revelaron que utilizando un ambiente húmedo se logra la mayor productividad, con 250 plantas por metro cuadrado y en ambientes áridos con 180 plantas por metro cuadrado. Si el suelo se encuentra en condiciones favorables o se utilizan cultivares con baja tasa de macollaje se podrá aumentar la densidad. Por otro lado, en potreros con déficit hídrico o suelos pobres, se debe disminuir la densidad de siembra con el fin de obtener mayor productividad (Amigone y Kloster, 1997).

2.2.7 Fertilización

La fertilización se realiza para reducir el costo, incrementar la eficiencia en el uso del agua y aumentar la producción de pasto. Cuando se da mayor respuesta a la fertilización nitrogenada es cuando hay bajos niveles en el suelo de dicho nutriente. Trabajos realizados en La Pampa, República Argentina, encontraron buena respuesta a la fertilización en centeno con niveles menores a 18 kg por hectárea en el nitrógeno (Krüger et al., 2014)

En cultivos puros, para lograr aumentos considerables de materia seca, con aplicación de nitrógeno, no se puede utilizar una dosis fija, sino que se tiene que evaluar el suelo, la especie/cultivar entre otros factores (Carámbula, 2007). Según Bordoli, citado por Carámbula (2007), por debajo de 18 ppm de nitratos, la respuesta a la fertilización nitrogenada va a ser alta. Por otro lado, debido a que se obtuvo valores de fósforo bajos en la región, se recomienda una fertilización inicial con este nutriente aunque se debe tener en cuenta lo que el suelo posea (Carámbula, 2007).

Aplicaciones de nitrógeno y fósforo muestran mayores respuestas que fertilizaciones con uno de los dos nutrientes. Para agregar solo nitrógeno debe haber niveles aceptables de fósforo, entre 10-15 ppm (Krüger et al., 2014).

Dentro de los cereales, la avena necesita menos nitrógeno que el trigo y la cebada, pero más cantidad de fósforo, aunque estos dos nutrientes deben estar balanceados a fin de evitar el vuelco. En el caso del raigrás tiene muy buena respuesta al nitrógeno, con alta eficiencia en el uso del mismo, repercutiendo en la respuesta en kilos de materia seca, principalmente en la primavera (Carámbula, 2007).

Para la producción de raigrás, el nitrógeno es la mayor limitante en cuanto a nutrientes. Se recomienda aplicar al macollaje 150 kg por hectárea de urea y 80-100 kilos de superfosfato o fosfato diamónico a la siembra (Costa et al., 2004).

Morón, citado por Carámbula (2007) encontró una interacción entre fósforo y nitrógeno, ya que cuando se trabajó con dosis altas de nitrógeno (alrededor de los 160 kg/ha) y bajas de fósforo (40 kg P_2O_5 /ha) aumentó la producción de materia seca por hectárea.

2.2.8 Momentos de fertilización

2.2.8.1 Siembra y macollaje

Debido al parecido que tiene esta etapa con los cultivos como trigo y cebada, la fertilización sería similar a estos. Esto es debido a que no pueden desarrollar todo su potencial ya que no pueden absorber mucho nitrógeno y todavía no cubrieron el suelo. La recomendación es realizar un análisis químico del suelo a 20 cm, tomando como crítico 18 ppm de nitratos. Si no se hace análisis, la recomendación es entre 65-85 kg de urea por hectárea, y por otro lado el crítico de fósforo es 10 ppm Bray 1 (Zanoniani et al., 2000b).

Se considera de mucha importancia la fertilización a la siembra tomando como base un análisis de suelo, el tipo de suelo en cuestión y la historia del mismo. Se aplica nitrógeno y fósforo en suelos pobres, con dosis similares a los mismos cultivos cerealeros pero para grano o semilla. También pos siembra se puede aplicar nitrógeno. El fraccionamiento del nitrógeno se realiza para aumentar la eficiencia del mismo y se recomienda cuando las dosis son mayores a 40 kg/ha y cuando la siembra se realiza temprano (Carámbula, 2007). Según García Lamothe y Martino, Casanova, citados por Carámbula (2007) entre siembra y macollaje pueden haber muchas pérdidas de nitrógeno.

En el macollaje es cuando hay mayor respuesta, debido a que se encuentra en un incremento de gran magnitud de los macollos. La dosis va a ir incrementando conforme aumentan la distancia entre pastoreos. El clima y sus variables son los que más inciden en la respuesta a la fertilización, aunque el raigrás y mezclas que lo contienen son los de mayor respuesta. La recomendación es aplicar cerca de 65 kg/ha de urea con una respuesta entre 10 kg a 30 kg de materia seca por kilo de nitrógeno añadido (Zanoniani et al., 2000b).

El fraccionamiento del nitrógeno se hace dividiendo en cantidades similares entre siembra y macollaje (Carámbula, 2007). Pérez Sanabria, citado

por Carámbula (2007), concluyó con trabajos en trigo que el fraccionamiento conviene realizarlo en años en que hay grandes cantidades de lluvias en torno a la siembra. Por otro lado, García Lamothe, citado por Carámbula (2007), concluyó que no hay diferencia al aplicar en macollaje en ausencia de excesos o déficit hídricos, aunque un pequeño déficit en macollaje haría descender la respuesta al nitrógeno.

Debido a que se registraron lluvias que aportan agua al suelo en otoño, la mayor respuesta se da a la siembra, posteriormente dicha respuesta descenderá porque se reduce la probabilidad de lluvias (Krüger et al., 2014).

Pastorini et al., citados por Carámbula (2007) no recomiendan que se aplique, junto a la semilla, en el mismo surco, la urea, especialmente si existe un riesgo de desecamiento en el corto plazo. Perdomo y Barbazán, citados por Carámbula (2007) sostienen que cuando se coloca próximo, en el surco, la planta queda en un medio con alta concentración de nitritos y amoníaco, provocando un aumento en el pH del suelo. Pastorini y Pérez, citados por Carámbula (2007) afirman que con dicho efecto se puede producir una reducción en la población y necrosis en las plantas. Por otro lado Pastorini et al., citados por Carámbula (2007) sostienen que los efectos del pH son más desfavorables, aún con poca humedad, como por ejemplo, cuando se siembra en veranos secos y de forma temprana.

2.2.8.2 Luego de cada pastoreo

La finalidad de estas fertilizaciones, es promover el rebrote luego de una defoliación. Se realiza con nitrógeno en cobertura, con suelo húmedo y, condiciones favorables, evitando aplicaciones en suelos con alta temperatura, en la época temprana del otoño, porque de lo contrario se incursionará en pérdidas de volatilización por rocío y soles de alta intensidad (Carámbula, 2007). Masoller et al., citados por Carámbula (2007) recomiendan dosis de urea entre 50-100 kilos por hectárea, a los efectos de aportar al suelo entre 20-40 kg de nitrógeno por hectárea. Carámbula, citado por Carámbula (2007) encontró respuestas de 15-20 kg MS/ha en raigrás y 20-30 kg MS/ha en avena para el invierno; esa misma respuesta en la primavera sería de 20-30 kg MS/ha y 35-45 kg MS/ha respectivamente, siempre en estado vegetativo. Según Chiara, citado por Carámbula (2007) la respuesta va en función de las especies, en donde la avena es menos eficiente que el raigrás.

Vernengo et al., citados por García et al. (2002) afirmaron que en ensayos en la Cuenca de Abasto sur de Buenos Aires, se detectó mayor eficiencia de uso del nitrógeno y mayor producción de materia seca cuando se fertilizó al final del invierno, momento que coincidía con el segundo corte.

Dividir las dosis, en la avena, entre los cortes, arrojan mejores resultados que sólo a la siembra, debido a que hay mayor disponibilidad de nitrógeno en el suelo para efectuar el rebrote (Fontanetto et al., 2008).

Ensayos en avena arrojaron que hay una diferencia significativa entre no fertilizar, y fertilizar con 25 kilos de nitrógeno aplicado la mitad a la siembra y la otra mitad luego del primer pastoreo (Bianchini, s.f.).

Para permitir el uso más eficiente del nutriente, se recomienda aplicar en macollaje, o sea a unos 30 a 45 días de sembrado, 50 kilos de urea por hectárea y después del primer pastoreo con otros 50 kilos de urea (Borrajó, 2011a).

2.2.8.3 Cuando se retiran los animales para producir grano o reservas

Se realiza para devolver el nutriente extraído por el pastoreo, nitrógeno más precisamente, con el fin de aportar para el desarrollo reproductivo de la planta (Carámbula, 2007). Gardner y Wiggans, García Lamonthé y Martino, citados por Carámbula (2007) afirman que hay más eficiencia en la fertilización en chacras viejas que en nuevas, y hay menor eficiencia con mucho nitrógeno orgánico y en año seco, con alto contenido de materia orgánica.

En la producción primaveral se tiene la más alta respuesta vegetal, fertilizado con aproximadamente 108 kg de urea por hectárea y obteniendo respuestas en torno a los 50 kg de materia seca por kilo de nitrógeno aplicado, sumando forraje y grano (Zanoniani et al., 2000b).

2.2.9 Características químicas de los verdeos de invierno

Los verdeos en Uruguay presentan alto contenido de agua, un porcentaje alto de proteína rápidamente degradable en el rumen y un contenido de fibra relativamente bajo. En relación al contenido de agua, el consumo disminuye al ser elevado, y al tener mayor pasaje al intestino, disminuye la digestibilidad. El bajo contenido de fibra trae consigo problemas fisiológicos en el rumen, debido a que se necesita la fibra para masticación y rumia, que derivan en producción de saliva necesaria para el correcto funcionamiento del rumen, sumado a una mayor velocidad de consumo. La mayoría de la proteína de los verdeos es rápidamente degradable en el rumen, y se necesita energía para procesar dicha proteína. En otoño-invierno esta energía es baja por lo tanto la pastura está desbalanceada (Zanoniani et al., 2000b).

Los verdeos pueden producir alimentos muy ricos en nutrientes en la primera etapa, como por ejemplo el raigrás con un contenido 24 % a 27 % de proteína dentro de la materia seca, y con una humedad alrededor del 82 % (Carámbula, 2007). Según Gómez y Gardner, citados por Carámbula (2007) la pastura está desbalanceada provocando diarrea y afectando el peso del animal.

Se deben hacer pastoreos combinándolos con forrajes toscos ya que los verdeos tienen alta digestibilidad y como ya se mencionó, alta cantidad de proteína. La avena puede conllevar a que los animales tengan el comúnmente llamado “mal de los avenales” como hipocalcemia o hipomagnesemia, dado por bajo contenido de calcio y fósforo respectivamente (Carámbula, 2007).

Los verdeos de invierno muestran buena digestibilidad, siendo la avena la de mayor valor, por encima del 70 %. Dicha cualidad hace que los verdeos sean acordes para recría y producción de leche (Mayo y Tranier, 2014).

Se debe tener en cuenta también, que cuando se incorpora una leguminosa a las gramíneas anuales, balancea la pastura, mejora la calidad, aporta nitrógeno al sistema, y por otro lado evita afecciones nutricionales. La inclusión de *Trifolium alexandrinum*, *Trifolium pratense* y *Trifolium vesiculosum* podrían resultar de importancia. Las densidades de las gramíneas, en este tipo de mezclas, se alteran, sembrando la tercera parte de las gramíneas sugeridas y manteniendo las leguminosas (Carámbula, 2007).

2.3 PASTOREO ANIMAL

2.3.1 Aspectos generales

Los animales en pastoreo son animales herbívoros que utilizan como alimento el forraje, en su totalidad o mayor proporción, sin incluir otros animales que en algún grado utilizan como alimento a la vegetación (Allen et al., 2011).

Una característica importante del ambiente de pastoreo es la heterogeneidad tanto en espacio como en tiempo en la distribución del forraje, inclusive en pasturas cultivadas y monoespecíficas. Las unidades vegetativas, como se denominan, se encuentran en diferentes estados morfogénicos alterando la oferta de hojas en el espacio o la concentración de nutrientes que luego el animal va a ingerir. La calidad varía en los estratos siendo menor hacia el estrato inferior y en el volumen presente. Si el animal cosecha en la parte superior, va a obtener mayor calidad pero menor biomasa y viceversa. Luego del pastoreo el animal modifica la competencia entre las especies y los tejidos remanentes. El pastoreo está dado por la búsqueda de forraje (proceso cognitivo) y la manipulación del mismo que es la captura del forraje por el

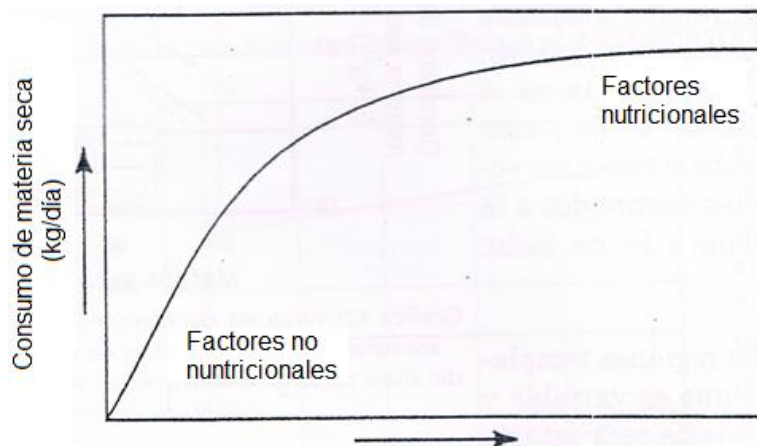
animal. La importancia se da porque el animal tiene que satisfacer ciertos requerimientos (demanda de los nutrientes) en un determinado tiempo.²

Al darse cambios en la estructura de la pastura, el animal debe cambiar su conducta de consumo para satisfacer el nivel del mismo, que necesita. El consumo se define como el resultado de la multiplicación del tiempo de pastoreo, la tasa de bocados y el peso del bocado. El peso se calcula como la densidad del bocado en g.cm^{-1} por el volumen que este ocupa. Por otro lado, hay una compensación: cuando disminuye el peso, compensa aumentando la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo, siempre y cuando esa caída sea moderada, hasta un determinado nivel crítico en donde, por debajo, el mecanismo de compensación no es eficiente. El peso del bocado tiene la mayor incidencia en el consumo (Cangiano, 1997).

Poppi et al., citados por Montossi et al. (1996) señalan que el consumo por parte de los animales cuando se encuentran en pastoreo, está condicionado por factores no nutricionales y nutricionales. Estos factores, si se los grafica, construirían una curva (factores no nutricionales) y posterior recta asintótica (factores nutricionales). Entre los factores no nutricionales se encuentran: la capacidad del animal de cosechar el forraje, la estructura de la planta, la selección y la conducta del animal consumiendo; los factores nutricionales involucrados serían: concentración de nutrientes, tiempo en el rumen y digestibilidad (Montossi et al., 1996).

² de Faccio Carvalho, P. C.; Prache, S.; Damasceno, J. C. s.f. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro (sin publicar).

Figura No. 2. Consumo de forraje en función de las características del forraje.



Fuente: Poppi et al., citados por Cangiano (1997).

En la zona no nutricional, entre los factores que influyen, están incluidos: el tiempo del animal pastoreando, la tasa de bocados y el peso del mismo. La dieta que se selecciona y la estructura vertical de la pastura tienen notoria incidencia, siendo el consumo muy sensible a las variaciones de biomasa y oferta forrajera. En la zona nutricional, la disponibilidad no es una limitante del sistema para los animales. Las leguminosas tienen una influencia directa ya que por un lado los animales alcanzan mayores ganancias que con gramíneas porque el consumo se ve afectado debido a factores nutricionales y, por otro lado, a menor oferta de forraje que con gramíneas, llegan a su máximo consumo por factores no nutricionales (Cangiano, 1997).

2.3.2 Métodos de pastoreo

2.3.2.1 Pastoreo continuo

Se trabaja con una carga animal constante por unidad de superficie, con ocupación continua de la superficie. No quiere decir que en los diferentes potreros haya igual cantidad de carga. Altas cargas pueden implicar un sobrepastoreo y en consecuencia se pueden perder especies de valor forrajero, bajar la producción de forraje y lento rebrote; a bajas cargas puede perder calidad la pastura y disminuye la utilización de la misma. Es el sistema que predomina en el Uruguay (SUL, 2011).

El fundamento básico del pastoreo continuo, es que lo que produce por día la pastura debe ser consumido y que lo que excede debe ser acumulado en

pie. Las macollas son pastoreadas con distinta intensidad, alternadas y con los estados de desarrollo distinto (Muslera y Ratera, citados por Carámbula, 2010).

El mayor inconveniente del pastoreo continuo es el ajuste de la carga a lo que produce ese potrero o campo, en determinadas épocas del año. Si la carga no varía en el año hay momentos que se producen balances positivos y negativos de acuerdo a las especies presentes. Si las especies presentes tienen distinto valor nutritivo, las de mayor valor van a ser consumidas preferentemente, produciendo un deterioro en la calidad de la pastura, en su conjunto llevando a una variación a largo plazo de la composición botánica de la misma y un aumento de las malezas (Carámbula, 2010).

2.3.2.2 Pastoreo controlado

El pastoreo controlado es sinónimo de pastoreo rotativo. Entre otros aspectos, implica pastoreo y descanso (crecimiento aéreo y radicular, acumulación de reservas) por períodos utilizándose altas cargas instantáneas en determinados potreros y otros sin carga. Las altas cargas impiden la selectividad (SUL, 2011).

El objetivo del pastoreo controlado es cosechar el forraje cuando se combina valor nutritivo y rendimiento, en valores altos de los mismos, en donde se decide pastorear de acuerdo a como se encuentran los potreros. Allan, citado por Carámbula (2010) encontró que al acumular el forraje antes del pastoreo, las ganancias en kilos aumentaban un 26 %, así mismo aumentar el fraccionamiento no aumentaba la ganancia. Es un método más intensivo en el cual la carga que se maneja es alta, dando un pastoreo más parejo y va a dar un aumento en el valor nutricional de la pastura para el próximo pastoreo, ya que queda menos forraje, de calidad inferior. En conclusión, este método de pastoreo controla calidad y utilización. Por otro lado la exigencia que tiene este tipo de pastoreo, es que haya efectivamente una cantidad alta de animales para ingresar, ya que con baja carga los resultados no son los mismos (Carámbula, 2010).

En Estados Unidos, se estudió el pastoreo rotativo desde el punto de vista conservacionista, dándole menor importancia a la nutrición de los animales, por lo que no se vio grandes cambios en términos de ganancia, pero si se vio que el descanso es favorable para la pastura (Birchman y Hogdson, citados por Cangiano, 1997). En pasturas con buena adaptación al pastoreo, como por ejemplo el raigrás perenne, no hay diferencias con el descanso, pero si las hay en pasturas menos adaptadas como cebadilla, alfalfa o trébol rojo (Cosgrove, citado por Escuder, 1997).

2.3.3 Factores que influyen en el pastoreo

2.3.3.1 Frecuencia de pastoreo

La frecuencia es el número de pastoreos, en donde al aumentarla disminuye el período y disminuye el crecimiento entre dos pastoreos sucesivos. La frecuencia es dependiente de cada una de las especies, solas o en conjunto, y de la estación, afectado por el IAF óptimo en donde a menor IAF óptimo, se pueden hacer pastoreos más frecuentes (Carámbula, 2010).

En los verdeos se debe evitar que se acumule, en altas cantidades, el forraje, con el fin de evitar pérdida por senescencia y disminuir la probabilidad de que se presente alguna enfermedad en la pastura. Se recomienda, para un verdeo tradicional, alrededor de 50 días para obtener buena producción y utilización (Zanoniani y Noëll, 1997).

Una planta, tiene una frecuencia de defoliación, que no tiene por qué coincidir con la de la pradera, por lo tanto cuando se denomina en general, frecuencia de defoliación, se está hablando de la pradera en su conjunto. Cada planta es defoliada de manera diferencial en función de la carga, presión de pastoreo, entre otras (Mares Martins, 1983).

El tiempo de descanso entre pastoreos varía con la estación, en primavera el rebrote de la pastura se realiza en menor cantidad de tiempo que por ejemplo, en invierno en donde los tiempos de descanso son mayores (Carámbula, 2010).

2.3.3.2 Intensidad de pastoreo

La intensidad de pastoreo es la cantidad de pasto que consume el ganado, de lo producido en el año, también denominado utilización, como medida porcentual. Una utilización correcta sería entre un 50 % a 60 % (Huss, 1993).

Está dada por el remanente que queda al retirar el pastoreo, afectando el rendimiento de la pastura y su posterior rebrote. Ese remanente debe ser eficiente para el rebrote. Las especies postradas aceptan pastoreo más intenso que las erectas. Manejos intensos pueden afectar vigor de plantas, sistema radicular, y provocar bajos remanentes (Carámbula, 2010).

En cultivos de invierno puros, se debe iniciar el primer pastoreo con 15 cm, cuando resisten al arranque, aunque un pastoreo anterior con ovinos, denominado despunte podría realizarse debido a que el lanar corta el forraje,

provocando un aumento en el macollaje y posterior densidad. A mayor intensidad, debe disminuir la frecuencia, permitiendo la recuperación de la pastura ya que el área remanente es menor, viéndose afectada la capacidad fotosintética (Carámbula, 2007).

El mejor momento de pastoreo en un verdeo, es cuando la pastura alcanzó los 15-20 cm de altura y la luz comienza a limitar en el estrato inferior de la macolla; en siembras de marzo y abril sería a los 80 días para raigrás y en caso de avena entre 40 y 50 días. La intensidad de pastoreo que se recomienda es hasta los 5 cm. Con dichas alturas de entrada y salida, más franjas de 5 a 7 días, se pueden obtener entre tres y cuatro pastoreos en avena de ciclo largo. Un adecuado manejo de otoño-invierno permitirá la producción de reservas forrajeras y granos en primavera (Zanoniani et al., 2000b).

Las especies que componen los verdeos, al ser cespitosas y contener baja cantidad de reservas en la parte inferior de hojas y macollas, no deben ser pastoreadas a alta intensidad. La recomendación es un pastoreo rotativo, con alta carga, entrar a pastorear con 20 cm y salir con 5 cm (Zanoniani y Noëll, 1997).

Debido a que las plantas, tienen respuesta distinta a una determinada intensidad de corte, hay que ajustar la intensidad a las características de cada especie componente de la mezcla. La defoliación varía en su intensidad, debido a la selectividad de ciertos órganos de la planta como por cortes a diferentes alturas (Mares Martins, 1983).

2.3.4 Efectos y consecuencias del pastoreo

2.3.4.1 Efectos y consecuencias sobre la pastura

El pisoteo puede tener notoria influencia negativa en el primer año, tanto en praderas como en verdeos, si hay alta humedad. La defoliación, con pastoreo rotativo, provoca alta intensidad debido a altas cargas pero con bastante tiempo de recuperación. También afecta la composición botánica, en praderas, una alta intensidad provoca predominio de los tréboles sobre las gramíneas. La pastura sufre un proceso de anualización y hay un incremento de la gramilla (SUL, 2011).

Es de suma importancia lograr un valor alto de utilización, así que aumentando la carga, se logra mayor porcentaje de la utilización debido a que los animales disminuyen la selectividad dentro de la pastura ingiriendo fracciones de menor valor nutritivo. En pastoreo continuo con el paso del tiempo, hay sectores que no son cosechados por lo que hace disminuir la

producción, debido a la presencia de hojas envejecidas, y dando como resultado menor producción animal (Escuder, 1997).

Las consecuencias del pisoteo se ven cuando se satura la tolerancia de las plantas a la defoliación, el efecto más notable se ve en bebederos o caminos de animales. Los efectos directos que conlleva, son la destrucción de los distintos órganos vegetales, afectando el rebrote posterior. A largo plazo se puede ver comprometida la composición botánica. En las áreas donde se concentra orina, aumenta la producción de forraje; con las heces, el aumento de forraje es a largo plazo ya que los nutrientes son de lenta liberación. En lugares de concentración de heces el ganado no pastorea, entonces se generan áreas de sub y sobrepastoreo. El pastoreo selectivo afecta la pastura, el animal selecciona aquellos órganos de mayor valor nutritivo. A igual palatabilidad, el animal se inclina por el forraje más accesible. Los pastos de porte más erecto son elegidos antes que los rastreros (Frame, 1982).

2.3.4.2 Efectos y consecuencias sobre el suelo

La compactación es mayor en suelos arcillosos a altas cargas dada la interacción de pisoteo y lluvias. Con altas cargas las deyecciones se distribuyen mejor en el potrero (SUL, 2011).

Efectos indirectos del pisoteo pueden actuar sobre el suelo, originando compactación, y napas que pueden dar escurrimiento, esto por la alteración física del suelo en densidad aparente, porosidad, agregación, entre otros. Los suelos de mala estructura, limosos y arcillosos, son los más susceptibles, así como en los que su contenido de materia orgánica es elevado (Frame, 1982).

2.4 DINÁMICA DE LA INTERCEPCIÓN DE LUZ

2.4.1 Aspectos generales

La radiación luminosa se encuentra entre los 400-700 nm dentro del espectro, en el rango de radiación ultravioleta e infrarroja, y esa radiación es conocida como la PAR (radiación fotosintéticamente activa). Durante la fotosíntesis, se utiliza esa radiación luminosa, independientemente que sea natural o artificial (De Las Rivas, 2008).

Los pigmentos que se encuentran en la planta, son principalmente clorofila, y los accesorios pueden ser xantofila, carotenoide amarillo y b-caroteno. Los rangos más eficaces (con alta absorción por la clorofila) para la fotosíntesis son de 400-500 nm y de 600-700 nm. La radiación incidente multiplicada por la eficiencia, da como resultado la radiación interceptada, la

eficiencia alcanza el valor de 1 cuando toda la radiación es interceptada y no llega nada al suelo; por otro lado, cuando no hay material vegetal para interceptar radiación toma el valor de 0. La eficiencia aumenta conforme aumenta el IAF, hasta un valor determinado característico de cada especie o cultivo, y ambiente (UPM. ETSI, s.f.).

El carbono que fijan las plantas en determinado tiempo depende de la PAR absorbida por la planta, dado por la radiación fotosintética incidente y la eficiencia con la que la planta capta esa radiación. Eficiencia de absorción depende de los parámetros como: índice de área foliar, ángulo en el que se inserta la lámina y la capacidad que tiene la planta de transmitir la luz. A su vez también inciden otras características de la radiación que desprende el sol tales como: ángulo en el que incide la radiación, y la relación entre la luz difusa y la directa (Daregibus, 2007).

La EUR es el carbono fijado por unidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada, permitiendo comparar la eficiencia fotosintética de los distintos canopeos, como por ejemplo diferencias entre C3 y C4 (Rodríguez, 2006).

La eficiencia en el uso de la luz varía con el estado fenológico de la pastura, en estado vegetativo la pastura es más eficiente que cuando se encuentra en estado reproductivo, debido a que las hojas de más avanzada edad tienen menos eficiencia que los tejidos jóvenes. Por otro lado se destaca que las plantas crecidas bajo sombra, son menos eficientes que las crecidas en un ambiente con mayor luminosidad, principalmente en gramíneas (Carámbula, 2010).

2.4.2 Coeficiente de extinción de la luz (k)

Coeficiente de extinción de la luz (k), se basa en la estructura de la canopia, para festuca el valor toma cerca de 0,55 (Belanger et al., citados por Daregibus, 2007) y para trébol blanco 0,8 a 0,9 (Brougham, citado por Daregibus, 2007). En mezclas de leguminosas y gramíneas como raigrás perenne y trébol blanco, toma valores intermedios como 0,66 (Brougham, citado por Daregibus, 2007).

Monsi y Saeki, citados por Rodríguez (2006) hallaron que, valores de k de 0,2 a 0,5 se daban en cultivos de hojas angostas y más alto, de 0,6 a 0,8 en cultivos de hoja ancha pero, la mayor influencia estaba dada por la inserción de la lámina, que por el ancho. Los cultivares que se siembran a densidades más altas poseen k más bajo y viceversa.

Los canopeos erectófilos se los puede definir como aquellos en que las hojas están insertas a más de 60° en relación a la horizontal y las de tipo planófilo a menos de 35°, tomando como referencia la horizontal. En la teoría, un canopeo planófilo tendría más eficiencia fotosintética si la luz estuviera bien distribuida, las hojas de este tipo de canopeo están saturadas en la parte superior y sombreada en el estrato inferior por lo que la fotosíntesis estaría restringida (Gardner et al., 1985).

En las plantas de la familia de las gramíneas, que poseen un hábito de crecimiento erecto, por consecuencia del entramado de las láminas y vainas con distinto ángulo de inserción, hay mayor transmisión de luz desde los estratos superiores hacia los inferiores, siendo más difusa en dirección descendente; a diferencia de las leguminosas y gramíneas de hábito postrado, en donde las hojas forman un entramado continuo (Carámbula, 2010).

A las plantas erectófilas se les denomina de sol obligadas, como el caso del maíz, por otro lado las planófilas se adaptan mejor a ambientes con sombra. La planta erectófila es menos competitiva que la planófila por la luz (Rodríguez, 2006).

2.4.3 Índice de área foliar

2.4.3.1 Aspectos generales

El IAF es una medida sin unidades, que relaciona el área de las hojas con el área del terreno. Las distintas densidades de siembra van a hacer variar el IAF en una determinada situación, la mayor producción se da cuando el IAF intercepta el 95 % de la radiación incidente (Watson, citado por Rodríguez, 2006).

Un aumento en el IAF, implica que algunas hojas queden bajo sombra debido a la acción de otras hojas, y no cubrirán los requerimientos para la respiración por lo que se deben usar asimilados de otras hojas, disminuyendo el crecimiento del cultivo (Gardner et al., 1985).

Brougham, citado por Carámbula (2010) estudió la variación del IAF a lo largo del año y determinó que para latitud sur de 38°, el IAF que se necesita para interceptar el 95 % de la luz incidente toma los siguientes valores: 4,5 a 5,5 en verano y 3 en invierno, por lo tanto había que ajustar la intensidad de pastoreo en cada estación. En la época invernal con una mayor frecuencia, se puede llegar al IAF necesario para interceptar el 95 % de la radiación, reducir competencia por luz y disminuir la pérdida de tejido foliar. En el período estival es cuando cobra mayor importancia el área foliar remanente, debido a la alta

temperatura y a la humedad que actúa como factor limitante. Una alta temperatura puede provocar alta tasa de respiración, proceso que en el verano tiene alta incidencia, produciendo gasto de reservas por parte de la planta, por lo que el IAF remanente necesario es mayor, para lograr mayor acumulación de reservas debido a que hay más área que va a realizar fotosíntesis. En verano, la frecuencia de defoliación debe ser menor que en invierno para obtener dicho IAF (Carámbula, 2010).

2.4.3.2 Índice de área foliar crítico

Brougham, citado por Gardner et al. (1985) definió al IAF crítico cuando se intercepta el 95 % de la radiación incidente y se llega a la máxima tasa de crecimiento del cultivo. Esto se tomó por los fisiólogos debido a que se acerca al 100 % de la radiación interceptada y que se llega en la parte inferior del canopeo al punto de compensación de la luz, por lo tanto si se pasa del 95 % de radiación interceptada no tendría alto impacto en el crecimiento (Gardner et al., 1985).

El control de la pastura se realiza mediante el IAF (Hogdson, citado por Daregibus, 2007.), el cual al pasar el tiempo va aumentando y por lo tanto aumenta el área fotosintética (Daregibus, 2007), el óptimo se establece cuando se intercepta el 95 % de la radiación incidente, superado ese crítico, la fotosíntesis neta se mantiene o hasta puede llegar a disminuir debido a la respiración que aumenta (Gardner et al., citados por Daregibus, 2007). El IAF óptimo no es constante, si no que fluctúa en el año alcanzando sus máximos valores en primavera-verano, coincidente con la mayor cantidad de radiación incidente, también en canopeos mas erectos es más alto. Cabe destacar que en plantas planófilas, a bajo IAF se intercepta más luz que en las erectófilas (Daregibus, 2007).

El IAF crítico varía en función de la especie, encontrándose valores de 7,5 en raigrás y de 3,5 en trébol blanco (Sierra Posada, 2005).

2.4.3.3 Índice de área foliar óptimo

Kasanaga y Monsi, citados por Gardner et al. (1985) denominaron al IAF óptimo cuando se obtiene la máxima tasa de crecimiento, en donde un aumento del IAF, por encima de ese valor iba repercutir negativamente en el crecimiento.

Jacques, citado por Carámbula (2010) definió al IAF óptimo como aquel que tiene rendimientos altos y bien distribuidos a lo largo de un año y no maximiza la producción en un momento dado. El IAF óptimo se define como

variable y no estático, esto es debido a la variación en la intercepción de luz, como la intensidad de la misma. Independientemente de la sugerencia de siempre trabajar a IAF óptimo, hay incompatibilidad entre el mismo y la producción animal, en donde muchas veces los tipos de defoliaciones se contradicen con el concepto del IAF óptimo, teniendo en cuenta que las características de calidad de la pastura, están relacionadas de forma negativa con el crecimiento de la misma. Al trabajar con IAF óptimo, hay un impacto negativo con el macollaje y posterior aparición de material senescente el cual no es aprovechado por los animales repercutiendo en la producción del sistema.

En el IAF óptimo, se maximiza el crecimiento de forraje verde y la fotosíntesis, ya que las hojas producidas evitan pérdidas de energía, aunque las hojas del estrato inferior se vuelvan dependientes de los asimilados de las superiores, denominándose parásitas. El óptimo es menor en leguminosas que en gramíneas. El máximo IAF que se alcanza tiene un vínculo muy estrecho con el ambiente (Carámbula, 2010).

2.4.3.4 Índice de área foliar remanente

IAF remanente se utiliza para planificar el manejo de la pastura, si la pastura posterior a la defoliación queda en el punto de compensación, esta va a rebrotar sin necesidad de utilizar las reservas de la planta, en el caso de que no quede en dicho punto, teniendo en cuenta el estado de la pastura, se utilizará reservas (Jacques, citado por Carámbula, 2010). El IAF remanente tiene estrecho vínculo tanto con la familia de la planta en estudio, como el hábito de crecimiento de la misma. Según Bommer, citado por Carámbula (2010) no solo importa el área remanente si no la calidad del mismo, por lo tanto si el remanente no tiene buena calidad disminuirá la eficiencia, problema que tienen los pastoreos poco intensos, dejando remanente de baja calidad.

Con el mismo remanente, las plantas que son de la familia de las leguminosas, por su posicionamiento de las hojas, interceptan más luz que las gramíneas, provocando más rápida recuperación posterior de la pastura, y dentro de las gramíneas, también se da la mayor intercepción de luz y recuperación en las postradas que en las erectas, aunque por otro lado, tienen menor rendimiento en materia seca ya que llegan antes al óptimo (Carámbula, 2010).

En experimentos realizados con raigrás, se encontró que con remanentes de 2,5-7,5 cm, se necesitaban 24 y 16 días respectivamente para llegar al IAF crítico, y cuando se dejaban 12,5 cm, el 100 % de la luz incidente era interceptada (Sierra Posada, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se desarrolló en el departamento de Paysandú, Uruguay, Ruta 3, kilómetro 363 en UdelaR. Facultad de Agronomía. Estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) en el potrero 35. El experimento fue llevado a cabo en el potrero número 35 (latitud 32° 22' 25.38" S y longitud 58° 03' 46.50" O), durante el período comprendido entre el 21 de julio y 13 de agosto en la evaluación de invierno, y desde el 6 de octubre al 7 de noviembre en la evaluación de primavera, en el año 2016.

3.1.2 Información meteorológica

Uruguay se encuentra en una región geográfica que presenta un clima subtropical húmedo, donde las precipitaciones tienen distribución isohigro con variabilidad interanual y estacional. El promedio anual registrado para todo el territorio es de 1200 mm los cuales se distribuyen en promedio 30 % verano, 28 % otoño, 18 % en invierno y 24 % en primavera (Durán, 1991).

En cuanto a la temperatura, los meses de enero y febrero son los que presentan temperaturas más altas, mientras que junio y julio las más bajas. Igualmente los cambios de temperaturas son frecuentes y pronunciados en cualquier época del año. La media anual es de 17,5 °C, variando de 20 °C en la zona noreste, hasta 16 °C en la costa atlántica.

3.1.3 Descripción del sitio experimental

El sitio según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000) se encuentra ubicado sobre la Unidad San Manuel, el cual se ubica sobre la formación geológica Fray Bentos (Bossi y Navarro, 1991).

Los suelos dominantes que presenta ésta unidad de suelos son Brunosoles Éutricos típicos (Háplicos), de superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Asociados a estos suelos, también se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca (Altamirano et al., 1976).

3.1.4 Antecedentes del área experimental

Anteriormente en el área experimental, había una pradera mezcla de 5to año compuesta por festuca, trébol blanco y lotus. Veinte días previo a la siembra de la pastura se aplicaron 5 litros/ha de glifosato. La fecha de siembra de la pastura en estudio se realizó el 20 de mayo de 2016.

El experimento consistió en la evaluación de cuatro alternativas forrajeras, cada una con dos repeticiones (bloques). La primera fue de *Avena byzantina* pura cv. 1095; la segunda consistió en una mezcla compuesta por *Avena byzantina* cv. 1095 70 %, *Trifolium resupinatum* cv. Maral 7 %, *Trifolium vesiculosum* cv. Fertiseta 5 %, *Lolium multiflorum* cv. Bragelim 12 %, y *Lolium multiflorum* cv. Sabroso 6 %; la tercera correspondió a raigrás puro, compuesto por los cultivares: *Lolium multiflorum* cv. E284 28 %, *Lolium multiflorum* cv. Bragelim 9 %, *Lolium multiflorum* cv. Sabroso 38%, y por *Lolium multiflorum* cv. Moro 25 %; y una última mezcla de raigrás compuesta por *Lolium multiflorum* cv. Bragelim 6 %, *Lolium multiflorum* cv. Sabroso 27 %, y por *Lolium multiflorum* cv. Moro 17,5 %, más *Trifolium resupinatum* cv. Maral 23,5 %, *Trifolium vesiculosum* cv. Sagit 6 %, *Lolium multiflorum* cv. E284 20 %, y

Las pasturas se sembraron en la línea (todas las especies en la misma línea) con sembradora a chorrillo comprendiendo un área total de 2,8 ha. El total del área de raigrás puro fue de 0,66 ha, sembrado a una densidad de siembra de 18,18 kg/ha, con un peso de mil semillas de aproximadamente 2,69 gramos y un porcentaje de germinación de 90,83 %. El área total de raigrás mezcla fue de 0,69 ha, sembrado a una densidad de siembra de 21,74 kg/ha, con un peso de mil semillas de aproximadamente 2,69 gramos para raigrás y para los tréboles de 1,37 gramos, y un porcentaje de germinación de 90,83 % para raigrás y 95,42 % para los tréboles. El área total de avena pura fue de 0,72 ha, sembrada a una densidad de siembra de 62,5 kg/ha, con un peso de mil semillas de aproximadamente 30,4 gramos y un porcentaje de germinación de 92,5 %. El área total de avena mezcla fue de 0,73 ha, sembrado a una densidad de siembra de 68,49 kg/ha, con un peso de mil semillas de aproximadamente 36,79 gramos para la avena, 2,69 gramos para el raigrás y 1,37 gramos para los tréboles, con un porcentaje de germinación de 98,34 % para la avena, 90,83 % para raigrás y 95,42 % para los tréboles. El área total de cada tratamiento se trata de sumar el área de la repetición correspondiente al bloque uno a la del bloque dos, aproximadamente el área de las repeticiones de cada tratamiento fueron iguales.

3.2 TRATAMIENTOS

3.2.1 Descripción

El experimento se trata de cuatro tratamientos con dos repeticiones cada uno. El total de ocho repeticiones, se dividen en dos bloques iguales (I y II), cada uno con cuatro repeticiones, una de cada tratamiento. Los tratamientos poseen como objetivo evaluar mezclas de pasturas anuales invernales. A todos los tratamientos se le aplicaron 100 kg de 7-40/40-0 (NPK) a la siembra y 70 kg de urea después del primer pastoreo.

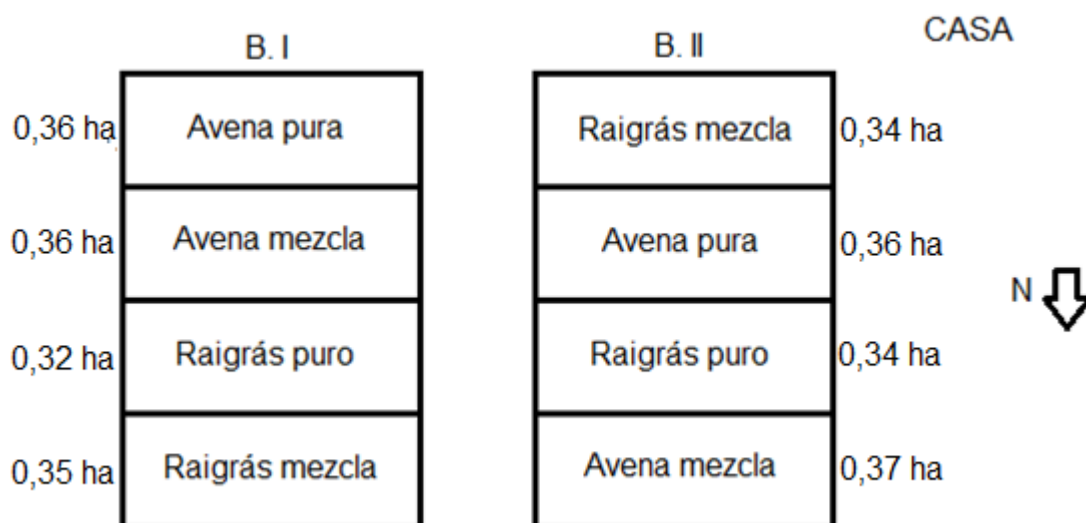
El tipo de pastoreo fue rotativo, y los animales fueron novillos de raza Holando. El primer pastoreo fue en el bloque II desde el 30 de agosto al 27 de setiembre, el segundo fue en el bloque I, del 27 de setiembre al 20 de octubre, el tercer pastoreo fue en el bloque II, desde el 20 de octubre al 7 de noviembre, y el último pastoreo fue en el bloque I, desde el 7 de noviembre hasta el 13 noviembre.

3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, con dos repeticiones. Un área total de 2,8 ha, divididas en 1,39 ha el bloque I y 1,41 ha el bloque II, que se dividieron en cuatro parcelas cada uno.

3.2.2.1 Mapa del diseño experimental

Figura No. 3. Mapa del diseño experimental.



3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.3.1 Variables de crecimiento

Las variables de crecimiento son las que cuantifican la producción de biomasa de la pastura para un período determinado de tiempo.

Para la evaluación de las diferentes variables de crecimiento, se realizaron mediciones en todas las parcelas, tomando seis muestras de cada parcela en invierno, y tres muestras de cada parcela en primavera.

3.3.1.1 Altura del disponible

La altura del forraje fue medida con regla milimetrada, desde el suelo hasta la hoja verde más alta que tiene contacto con la regla. Esta variable se correlaciona directamente con el disponible presente en dicho momento.

Para determinar la altura de la parcela en cada fecha, se realizaron seis mediciones por parcela en invierno, y tres en primavera. Para cada medición fueron tomadas tres mediciones al azar dentro del rectángulo de 20 por 50 cm que delimita cada muestra, y luego estos tres valores se promediaron, para obtener un valor de altura promedio para cada medición. Por último se identificó cada valor al número de muestra al cual corresponde.

3.3.1.2 Biomasa disponible

Esta variable representa la estimación de los kg de materia seca por hectárea disponibles al momento del muestreo.

La medición consistió en extraer de cada parcela seis muestras en invierno, y tres muestras en primavera. Cada muestra consistió en la cosecha de toda la materia seca presente, malezas y restos secos dentro de los límites del rectángulo, cortando al ras del suelo con trincheta o tijera.

Los rectángulos se colocaron al azar en diferentes puntos del área de la parcela. Cada muestra cosechada fue colocada individualmente dentro de una bolsa, y etiquetada con el número de bloque, parcela, y número de muestra a la cual corresponde.

Posteriormente en el laboratorio se dividió cada muestra en sus fracciones. Las fracciones de gramíneas, a las cuales se les separaron las vainas de las láminas por especie, y se colocó cada fracción de éstas en bandejas o bolsas separadas, identificando siempre cada bandeja o bolsa con el número de parcela y muestra correspondiente, y señalando de qué especie se trata. Para la fracción de tréboles, se separaron los pecíolos de los folíolos y se colocaron en bandejas separadas, identificando el número de parcela y de muestra. La fracción de malezas se colocó en otra bandeja con su identificación de parcela y muestra correspondiente. Se introdujeron todas las fracciones en la estufa a 60 °C durante 48 horas a fin de volverla a pesar cuando su peso fuera constante.

En primavera el procedimiento de muestreo fue similar, pero solamente se colectaron tres muestras por parcela, y de a un bloque por vez. Se realizaron tres evaluaciones en el bloque II y una evaluación en el bloque I. El trabajo de laboratorio fue diferente, primero se pesó cada muestra en base fresca, luego se separó la muestra en cuatro submuestras iguales, dos submuestras se unieron y se pesaron juntas en fresco, luego se secaron, estimando el valor de peso seco de la mitad de la muestra. A las otras dos submuestras se las unió y luego se la dividió en fracciones, una fracción de gramíneas, otra de leguminosas y la restante de malezas y restos secos, cada una con su identificación correspondiente, y colocándolas posteriormente en la estufa, con el fin de medir el contenido de materia seca de cada componente.

Para invierno luego de pesada cada muestra en seco, el valor resultante en gramos, se dividió entre 1000, para llevarlo a kilogramos. Esos kilogramos representan la materia seca de un área de 0,1 m² (0,5 m x 0,2 m),

por último con el valor de peso de la muestra, contenida en 0,1 m² son estimados los kg MS/ha. Luego con los valores obtenidos de las muestras de cada parcela, se obtuvo el promedio de kg MS/ha estimado de cada parcela.

Para primavera con el peso fresco y seco de la mitad de la muestra se obtuvo el valor en porcentaje de materia seca, luego con ese porcentaje al aplicarlo al peso fresco total se estimó el peso seco del total de la muestra. Con ese valor de peso se estimaron los kg MS/ha. Luego con los valores obtenidos de las muestras, se realizó un promedio, para obtener el valor del disponible de materia seca presente en cada parcela.

3.3.1.3 Composición botánica

La composición botánica de la pastura fue evaluada a través del método gravimétrico, mediante el cual luego de separar las diferentes fracciones, se puede estimar cuánto aporta de materia seca cada una.

El análisis gravimétrico, es un método de análisis cuantitativo que se basa en medir la masa de una fracción, la cual ha sido separada del resto de los componentes de la muestra (Zumbado Fernández, 2004).

En las mediciones de invierno, de cada muestra, se realizó el análisis de composición botánica. En primer lugar antes de cosechar la muestra se contabilizó el número de plantas de cada especie de gramíneas, y el número de leguminosas en conjunto, es decir a éstas no se las contabilizó por separado a cada especie. A las gramíneas se les contó el número de macollos y de láminas de cada planta, a las leguminosas, se les contabilizó el número de plantas, el número de folíolos y el número de pecíolos. Por último en laboratorio, se clasificaron sobre una bandeja, cuatro fracciones: gramíneas (avena y raigrás por separado), leguminosas y malezas en conjunto con restos secos. De la fracción gramíneas, se colocó en bandejas por separado las láminas de las vainas, también de cada especie, y de las leguminosas los pecíolos de los folíolos.

En primavera no se contabilizó el número de plantas de cada especie, ni el número de macollos, tampoco el de láminas ni folíolos. No se dividieron en bandejas los pecíolos y folíolos, así como tampoco las láminas de las vainas. Lo que se hizo fue separar la muestra en cuatro submuestras iguales y a dos de las submuestras se las dividió, en una fracción de gramíneas, otra de leguminosas y la restante de malezas y restos secos. Por último para estimar el porcentaje que correspondía a cada fracción de la muestra se sumaron las tres fracciones y se halló que peso relativo tenía cada fracción sobre el total de la muestra.

3.3.2 Variables de desarrollo

Las variables de desarrollo representan las variaciones morfológicas que ocurren en la planta durante el ciclo de vida de éstas.

3.3.2.1 Número de plantas en invierno

Para cada muestra se contabilizó el número de plantas presentes de cada especie de gramíneas mientras que las leguminosas se contaron todas juntas. Esta variable fue medida para analizar la dinámica poblacional, es decir, la variación de número de plantas a través del tiempo. Dicho conteo se realizó a campo, previo a la extracción y embolsado de la muestra.

3.3.2.2 Número de láminas y número de folíolos en invierno

De cada planta de las gramíneas presentes en cada muestra, se contaron el número de hojas, luego se promediaron los valores y se obtuvo un valor promedio de número de hojas por muestra.

El mismo procedimiento se hizo con las plantas de tréboles, solo que en vez de láminas en estos se trata de folíolos.

Estas variables también fueron medidas para analizar la dinámica poblacional, es decir, la variación del número de láminas y folíolos a través del tiempo. Dicho conteo se realizó a campo, previo a la extracción y embolsado de la muestra. Estas mediciones únicamente fueron realizadas en las evaluaciones de invierno.

3.3.2.3 Número de macollos por planta en invierno

La medición del número de macollos por planta en cada medición es una variable que expresa la evolución del proceso de macollaje a través del tiempo, proceso de mucha importancia para la producción de forraje en las gramíneas.

El procedimiento consistió en contabilizar el número de macollos de cada planta de la muestra, luego se calculó el promedio el cual arrojó el número de macollos promedio por planta. Dicho conteo se realizó a campo, previo a la extracción y embolsado de la muestra.

3.3.2.4 Peso de vainas y peso de láminas en invierno

Ambas variables fueron medidas para evaluar la evolución de cada una a través del tiempo, ya que ambas son componentes del rendimiento de la pastura.

El procedimiento consistió en la separación manual en el laboratorio de las vainas y láminas de las diferentes especies, colocando cada uno de estos componentes de cada muestra en una bandeja por separado, con sus etiquetas correspondientes, luego fueron colocados en estufa para posteriormente pesarlos para obtener el valor de peso seco.

3.3.2.5 Peso de pecíolos y peso de folíolos en invierno

Lo mismo que se mencionó anteriormente para las especies de gramíneas se hizo para leguminosas, con el fin de evaluar la evolución de cada una de estas variables (peso pecíolo y peso folíolo) a través del tiempo, ya que ambas son componentes del rendimiento de la pastura.

El procedimiento consistió en la separación manual en el laboratorio de los pecíolos y los folíolos, colocando cada uno de estos componentes de cada muestra en una bandeja por separado, con sus etiquetas correspondientes, luego fueron secados en estufa para posteriormente pesarlos para obtener el valor de peso seco.

3.3.2.6 Peso de malezas y restos secos

En el invierno se separaron las malezas, colocándolas en una bandeja aparte y pesadas en seco con el fin de evaluar como interceden y compiten con la pastura sembrada, en cada tratamiento.

En primavera de cada muestra también fueron separados los restos secos y las malezas, colocándolos en una bandeja, y pesados en seco, con el fin de evaluar cómo evolucionan los diferentes tratamientos a través del tiempo, y que competencia ejercen las malezas frente a las especies sembradas en cada uno de éstos.

3.3.2.7 IAF

Para estimar el IAF de la pastura por algoritmos, se utilizó el ceptómetro de barra marca Decagon y modelo AccuPAR LP-80, un instrumento que mide la radiación PAR incidente, colocándolo por encima de la pastura, y luego al colocarlo por debajo de la pastura, mide la radiación que llega al suelo (no interceptada), arrojando un valor de IAF para cada muestra. La evaluación de esta variable fue realizada únicamente en primavera. De los datos obtenidos por el ceptómetro aparte del IAF se obtuvo el tau que corresponde al porcentaje de la radiación que se mide en la parte superior del canopeo que se encuentra por debajo del mismo, o con otras palabras, el porcentaje que incide pero no interceptan las hojas. Se realizó la operación 1-tau para obtener el porcentaje que absorbió la pastura debido a que se desprecia la radiación que es reflejada por esta.

3.4 HIPÓTESIS

3.4.1 Hipótesis biológica

Los tratamientos mezcla producen más materia seca que los tratamientos puros.

Según la gramínea en la mezcla, la producción será distinta.

Según la mezcla existe diferencias en la dinámica de interceptar la luz e IAF óptimo.

3.4.2 Hipótesis estadística

Primera hipótesis

$H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = 0$

H_a : existe algún tratamiento distinto de 0.

Segunda hipótesis

$H_0: T_2 = T_4 = 0$

H_a : existe algún tratamiento distinto de 0.

Tercera hipótesis

$H_0: b_1=0$

$H_a: b_1 \neq 0$

Referencia: T1= avena pura, T2= avena + raigrás + leguminosas, T3= raigrás puro, T4= raigrás + leguminosas

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1 Modelo estadístico

Modelo estadístico para DBCA.

$$Y = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde

Y_{ij} : variable aleatoria que se observa.

μ : media general.

τ_i : efecto relativo del i-ésimo tratamiento.

β_j : efecto relativo del j-ésimo bloque.

ε_{ij} : error experimental.

i: 1; 2.... 4 tratamientos

j: 1; 2 bloque

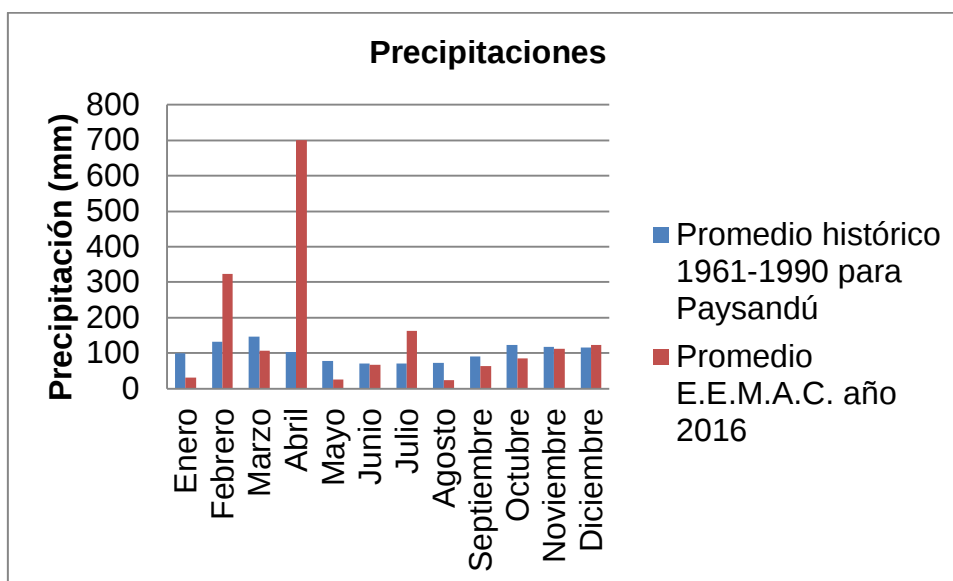
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

4.1.1 Precipitaciones

Se presentan los datos meteorológicos obtenidos del año de realización del experimento (2016) y de la serie histórica obtenida entre los años 1960 y 1990.

Figura No. 4. Precipitaciones mensuales acumuladas promedio para Paysandú serie histórica 1961-1990 y en la EEMAC año 2016.

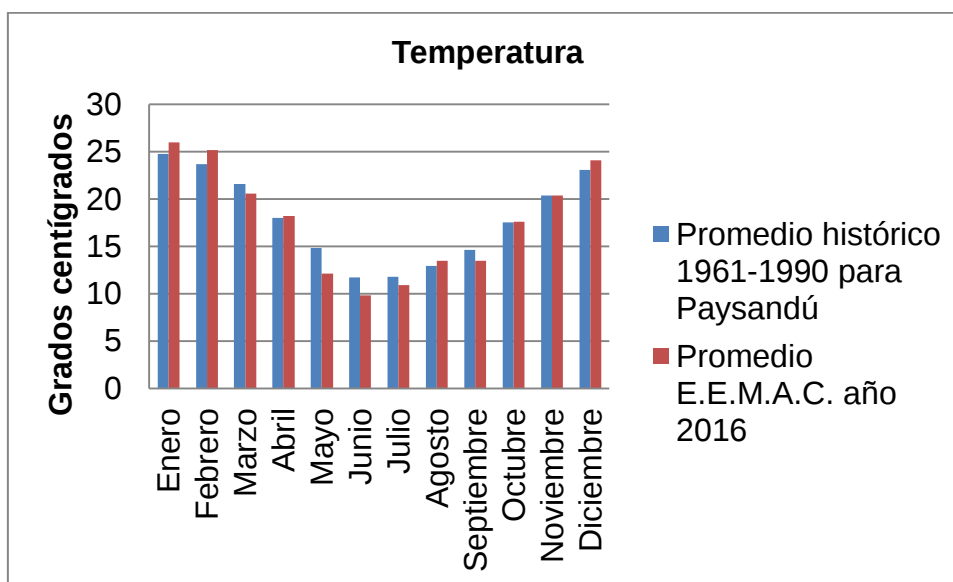


Se observa claramente una diferencia marcada entre la serie histórica y el año 2016, en el primer semestre y el mes de julio. Se identifican precipitaciones por debajo de la media en enero y mayo, pero lo que más llama la atención son los datos de febrero y abril. En febrero del 2016 prácticamente se triplicó la precipitación mensual acumulada y en abril las precipitaciones llegaron a ser siete veces mayores que las del promedio. Perrachón (2009b) a modo de resumen, señala que la fecha de siembra ideal para el raigrás tipo 284 sería entre fines de marzo y el mes de abril, mientras que para *Avena byzantina*, el mes ideal para su siembra sería febrero. La siembra se atrasó, realizándose el 20 de mayo del 2016 debido a volúmenes de precipitaciones previas, las cuales impidieron realizar la siembra en fecha deseada, con las implicancias del atraso en la fecha de siembra sobre la productividad. Cabe

aclarar que dos meses posteriores a la siembra, las precipitaciones también estuvieron por encima del promedio, en el mes de julio.

4.1.2 Temperatura

Figura No. 5. Temperatura mensual promedio en Paysandú serie histórica 1961-1990 y en la EEMAC año 2016.



Como se observa en la figura No. 5, la curva de la temperatura del año 2016, acompaña la curva de la temperatura de la serie histórica. Las temperaturas más bajas promedio se observaron en junio, en torno a los 10 °C. En el otoño las temperaturas promedio del 2016 fueron siempre inferiores a las de la serie histórica, salvo abril que el promedio del 2016 fue solo 0,2 °C superior.

Holt, citado por Carámbula (2007) señala que con 4,5 °C el crecimiento es bajo, mientras que empieza a incrementar la producción de materia seca a partir de los 15 °C. Zanoniani y Noëll (1997) indicaron que un atraso en la fecha de siembra, repercutiría en el crecimiento dadas las temperaturas invernales y a su vez la primera entrada de los animales se haría en invierno, teniendo problemas provocados por el pisoteo y falta de piso. Las temperaturas se mantuvieron estables en comparación al promedio, pero el atraso en la fecha de siembra provocó que esas temperaturas bajas coincidieran con etapas más tempranas del cultivo, afectando su producción.

4.2 INVIERNO

4.2.1 Variables de crecimiento

4.2.1.1 Acumulación de materia seca

En el cuadro No. 6 se presenta la acumulación en kg MS/ha según la alternativa forrajera evaluada.

Cuadro No. 6. Acumulación de materia seca, en los tres muestreos de invierno.

Tratamiento	21-jul.	28-jul.	5-ago.
Avena pura	606 A	825 A	1266 A
Raigrás puro	243 B	404 B	764 B
Rg.+leg.	327 B	677 A	1038 A
Av.+rg.+leg.	324 B	743 A	1088 A

Datos con letra distinta difieren estadísticamente ($p>0,10$), datos sin letra dentro de la misma fecha no presentan diferencias significativas.

Es preciso aclarar que para las evaluaciones de invierno, la acumulación de materia seca y el disponible coinciden, debido a que no hubo pastoreos entre siembra y dichas fechas de evaluación.

En la primera fecha, a poco más de 60 días de la siembra, se observa una superioridad en la biomasa acumulada de la avena frente al raigrás puro, y a las mezclas tanto de raigrás con leguminosas como de avena, raigrás y leguminosas. Carámbula (2007) destaca el buen nivel de vigor inicial de la avena y una gran capacidad de macollaje de esta especie. Esto puede estar explicado por la precocidad de la avena, debido a su mayor tamaño de semilla frente al raigrás.

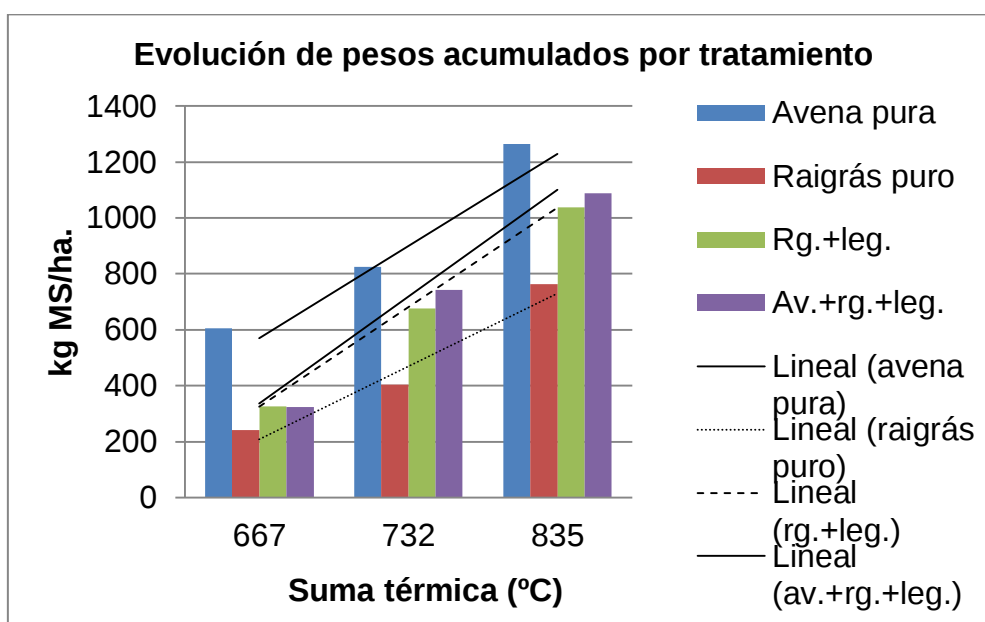
En las siguientes fechas, tanto una como dos semanas después del primer muestreo no se encontraron diferencias significativas entre avena pura, raigrás con leguminosas y avena con raigrás y leguminosas. El 21 de julio, la precocidad de la avena, jugó un papel fundamental en la superioridad de dicha alternativa forrajera evaluada, en cambio en las fechas del 28 de julio y 5 de agosto, el raigrás siguió con bajo crecimiento, Carámbula et al. (1996) expresan que raigrás tiene un ciclo más tardío y el crecimiento inicial lento provoca una menor precocidad que la avena.

Las mezclas, en las fechas de 28/7 y 5/8, se vieron beneficiadas por el crecimiento de las leguminosas para obtener pesos sin diferencias estadísticas

con la avena pura. En cambio, Rhode, citado por Carámbula (2002) sostiene que no hay evidencias que la inclusión de una leguminosa para formar una mezcla, aumente la producción frente al cultivo puro.

En la figura No. 6, se presenta la evolución de las medias de los diferentes tratamientos en función de la suma térmica en grados centígrados.

Figura No. 6. Evolución de la acumulación de materia seca en tres muestreos de invierno.



Como claramente se expresa en la figura anterior, a medida que la suma térmica se incrementa, las medias del forraje acumulado se elevan pero en distintas proporciones, debido a la composición botánica de los distintos tratamientos, ya sean puros o en mezclas y las especies que los componen.

Cuadro No. 7. Tendencia de la acumulación de materia seca.

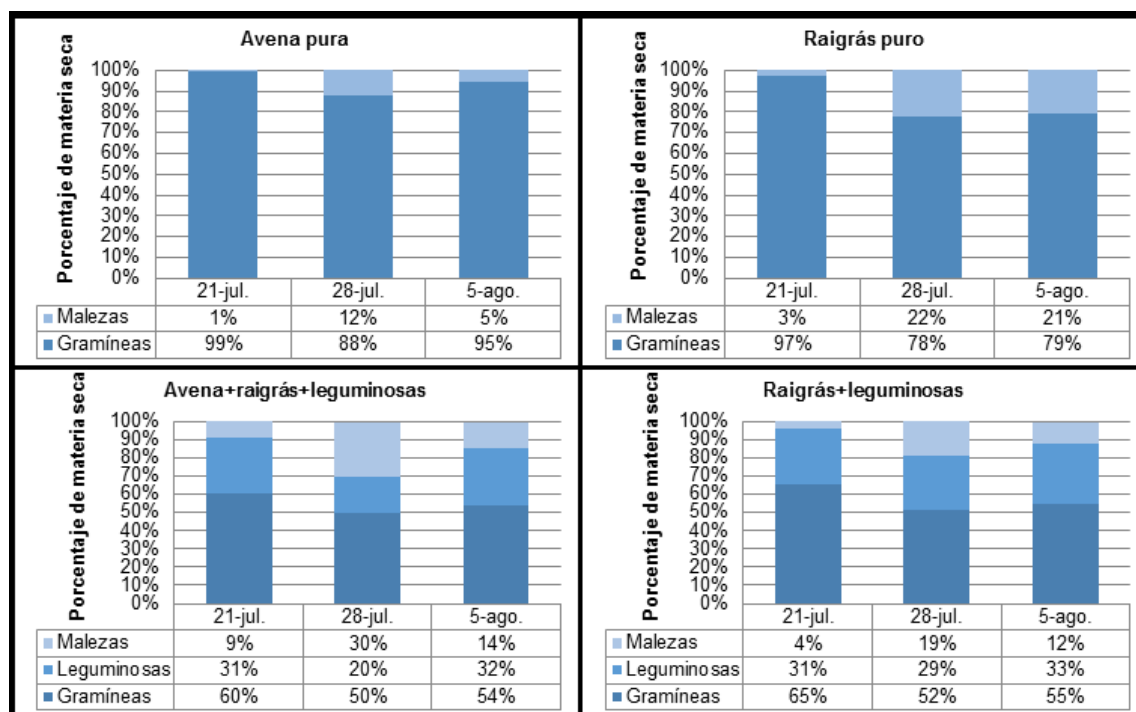
Tratamiento	R ²	Ecuación
Avena pura	0,9637	y=329,79x+239,28
Raigrás puro	0,9537	y=260,63x-51,11
Rg.+leg.	0,9999	y=355,59x-30,807
Av.+rg.+leg.	0,9969	y=382,13x-46,057

Como se observa en el cuadro, las tendencias de acumulación de materia seca son de tipo lineal y positiva, con altos coeficientes de determinación observando un incremento en la acumulación de materia seca conforme se incrementa la suma térmica para el período estudiado comprendido entre los días 21 de julio y 5 de agosto.

4.2.1.2 Composición gravimétrica de la pastura

En la siguiente figura se grafica el promedio de la composición gravimétrica de los tratamientos puros y mezclas.

Figura No. 7. Composición gravimétrica de los tratamientos puros y mezclas en tres fechas de invierno.



En los cultivos puros, la presencia de gramíneas es la clave para el incremento en producción, la presencia de malezas indicará un decremento en la producción dependiendo del nivel de presión de las mismas. Frene (s.f.) indicó en sus trabajos que la presencia de malezas, en torno al 5 % a 35 % pueden equivaler a un 70 % de pérdidas. Formoso (2007) indica que los verdeos de invierno, comparativamente con las praderas de larga duración, tienen menores porcentajes de enmalezamiento debido a la mayor competencia que ejercen, por al rápido crecimiento inicial. En referencia a la avena pura, se

observó un enmalezamiento superior al 10 % el 28 de julio, siendo inferior a dicho valor en los muestreos restantes. Por el contrario, el raigrás puro muestra un enmalezamiento por debajo del nivel máximo de tolerancia el 21 de julio pero posteriormente un incremento notorio en enmalezamiento duplicando al nivel máximo de tolerancia. Carámbula (2010) indica como límite de enmalezamiento el 10 %. Por lo tanto, los valores registrados de malezas pueden provocar pérdidas, en desmedro de la producción. En comparación la avena presentó menores valores de enmalezamiento que el raigrás, lo cual puede ser explicado por la mayor precocidad de la avena, logrando un rápido crecimiento inicial y así, compitiendo mejor con las malezas. Cibils y García (2017) señalan que el período crítico de interferencia, en el cual se debe evitar la presencia de malezas para no tener disminuciones de rendimiento, es de 100 días posteriores a la emergencia para cultivos tardíos, y 40 para los tempranos, por otro lado en caso de tener que realizar un tratamiento, es más fácil el control en gramíneas puras que en mezclas.

Para el tratamiento raigrás y leguminosas, se ve una proporción en torno al 30 % de tréboles, con alguna diferencia superior e inferior principalmente el 28 de julio, por lo que dicho porcentaje de leguminosas sería el adecuado para un buen balance de especies. Para el tratamiento de avena, raigrás y leguminosas, se mantiene la proporción de leguminosas del tratamiento citado anteriormente, salvo en el muestreo del 28 de julio que los valores fueron levemente inferiores. Austenson et al., citados por Carámbula (2010) indicaron que la proporción de leguminosas en la pastura debe estar en torno al 30 % o un tercio del peso en materia seca total. Un bajo contenido de leguminosas hace que no se puedan aprovechar las características químicas de las mismas, como señala Trujillo y Uriarte (2011) las leguminosas tienen mayor tasa de degradación y pasaje explicando por qué esta familia, tiene mayor tasa de consumo en animales y a su vez mayor consumo voluntario, también tienen superioridad frente a las gramíneas en la composición química, con mayores valores de proteína cruda, y menor valor de pared celular (en base seca). Por otro lado, un elevado contenido de leguminosas, puede inducir problemas de meteorismo, en este caso provocado por el *Trifolium resupinatum*. *Trifolium resupinatum* puede causar meteorismo por un elevado consumo ya que su palatabilidad es elevada (INIA, 2012), Carámbula (2002) señala que un desbalance a favor de las leguminosas, lleva a que haya mayor riesgo de meteorismo.

Con respecto a las malezas en las mezclas, en el tratamiento de raigrás y leguminosas, se observó un 19 % de peso de malezas sobre el peso total, el 28 de julio y el 5 de agosto de 12 %, para el primer muestreo se encontró cerca de un 4 % del peso total. En el tratamiento avena, raigrás y leguminosas, el 21 de julio se encontró 9 % de malezas, para el segundo muestreo se encontró

cerca de un 30 % de malezas en ambos bloques y en el último muestreo se encontró 14 % de malezas. Excepto los resultados que arrojaron valores menores al 10 %, hay coincidencia con la bibliografía, que indica que trabajando en pasturas de primer año, Moliterno, citado por de Souza y Presno (2013) encontraron valores de 18 % a 64 % de malezas y, Franco y Álvarez, citados por de Souza y Presno (2013) obtuvieron en sus estudios los valores de enmalezamiento de 20 % a 30 %. Cabe destacar que para todos los tratamientos, la maleza con mayor frecuencia fue *Medicago lupulina*.

4.2.1.3 Evolución de peso de lámina, vaina, folíolo y pecíolo

En las siguientes figuras se expresan las relaciones de la suma térmica con la acumulación en kg de materia seca por hectárea de láminas y vainas de gramíneas para los diferentes tratamientos.

Figura No. 8. Evolución del peso de lámina en función de la suma térmica.

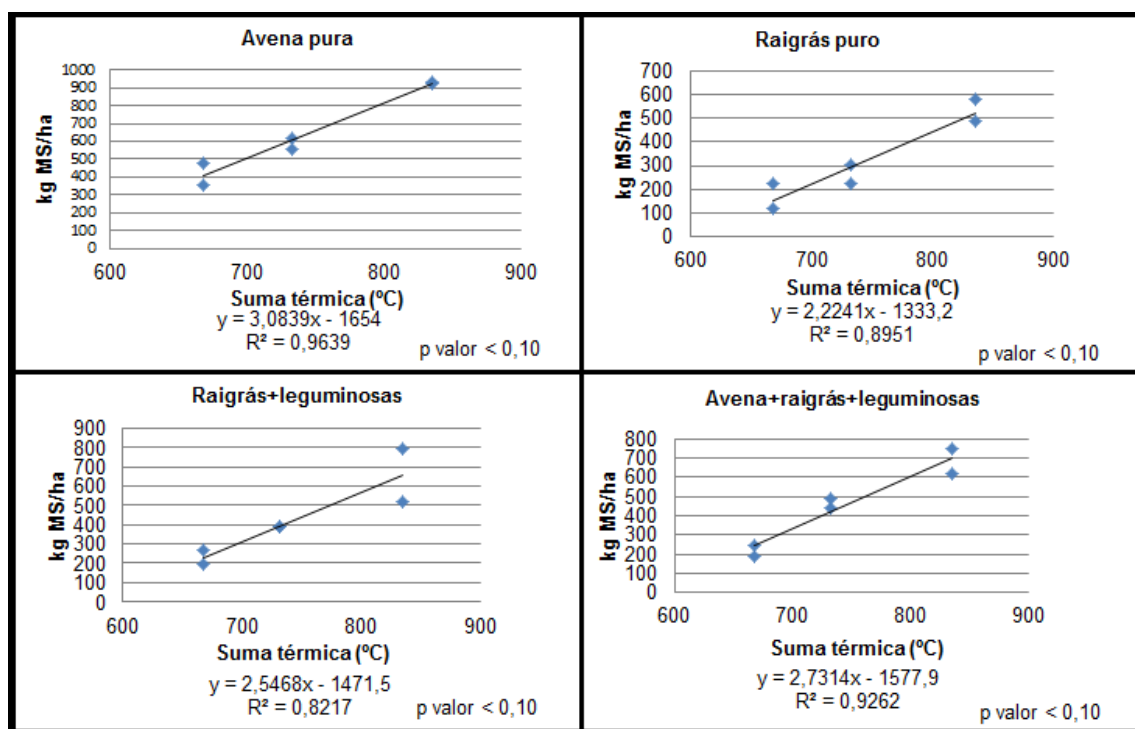
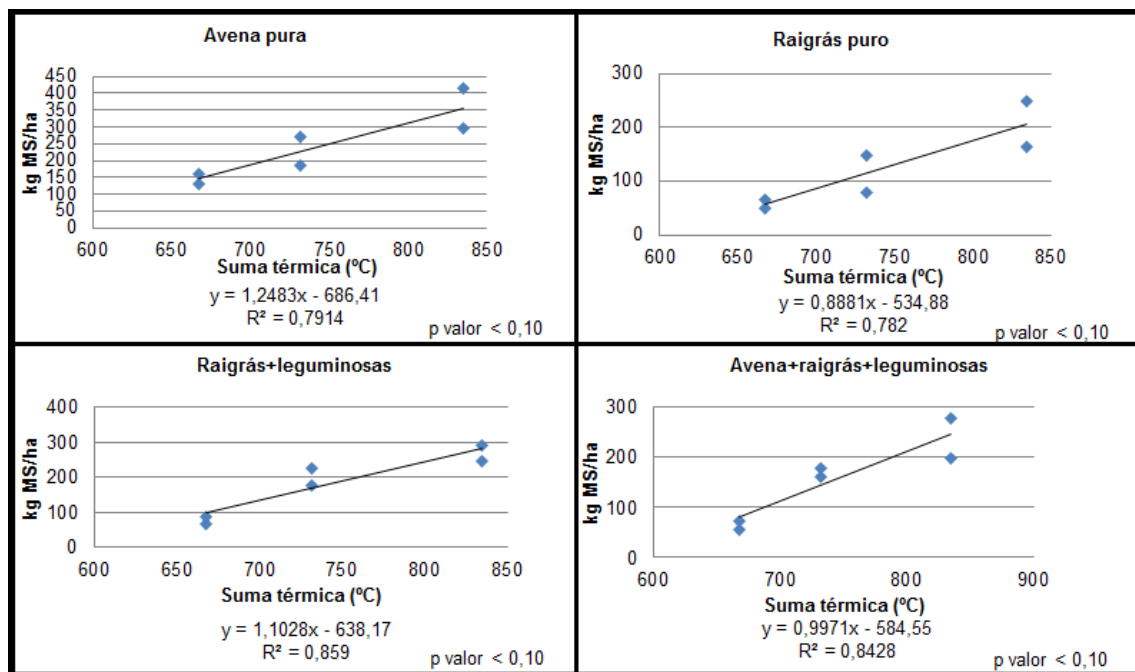


Figura No. 9. Evolución del peso de vaina en función de la suma térmica.



Al analizar la producción en kg MS/ha de las láminas y vainas de gramíneas en función de la suma térmica, para todos los tratamientos, existe un elevado coeficiente de determinación lo que indica que la variación en acumulación de materia seca esta explicado en gran parte por la variación en la acumulación de temperatura por las plantas.

La temperatura ejerce una acción positiva sobre el crecimiento y desarrollo vegetal que se expresa de distintas formas, como sumatoria de unidades térmicas o grados día (Velázquez et al., 2015).

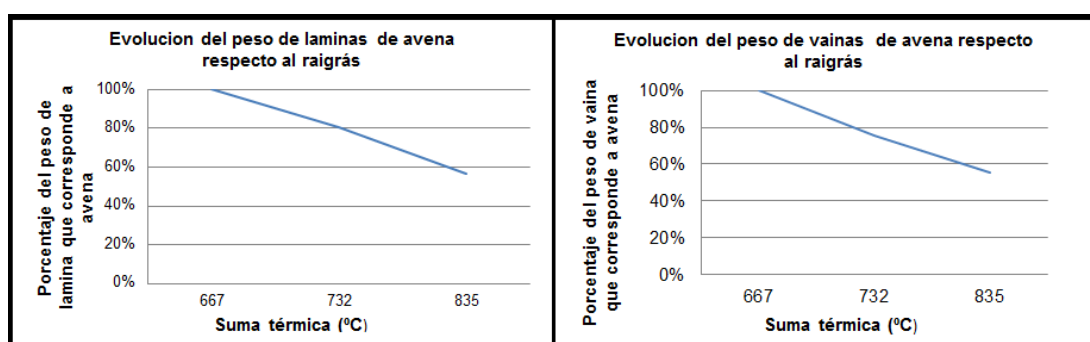
La velocidad de un proceso morfogénético es proporcional al aumento de la temperatura. Por encima de un umbral, la planta responde desarrollándose y/o creciendo. Cuánto más dependa un fenómeno de la temperatura, las predicciones de su evolución en función de esta variable serán más precisas. Tal es el caso de la variable tasa de aparición de hojas para las gramíneas (Colabelli et al., 1998).

Tanto para las láminas como para las vainas, el tipo de crecimiento es lineal y positivo conforme aumenta la suma térmica, lo que podría estar explicado por el crecimiento de ambas fracciones hasta que cesa la expansión de la hoja cuando la lígula se hace visible por lo que quedaría expuesta a la

luz. Carámbula (2002) indicó que la hoja deja de crecer al quedar la lígula visible, ya que es altamente probable que llegue un tipo de radiación distinta a la zona intercalar.

En la siguiente figura se expresa la evolución del promedio del peso relativo de láminas y vainas de raigrás frente a las de avena para el tratamiento avena, raigrás y leguminosas.

Figura No. 10. Evolución de la relación de la fracciones avena y raigrás en el tratamiento mezcla de avena, raigrás y leguminosas.



Para los tratamientos avena, raigrás y leguminosas, el raigrás en los primeros muestreos era muy poco significativo en comparación con la avena, por tener mayor precocidad, pero en el segundo y tercer muestreo, el raigrás aumentó su producción, disminuyendo la relación de peso de láminas y vainas de avena respecto al raigrás. Carámbula (1993) señala que hay una eficaz precocidad de la avena, y elevada producción del raigrás durante invierno y primavera.

En las siguientes figuras se expresa la relación de la suma térmica con la producción en kg de materia seca por hectárea de folíolos y pecíolos de leguminosas para los tratamientos que las contienen.

Figura No. 11. Evolución del peso de folíolo en función de la suma térmica.

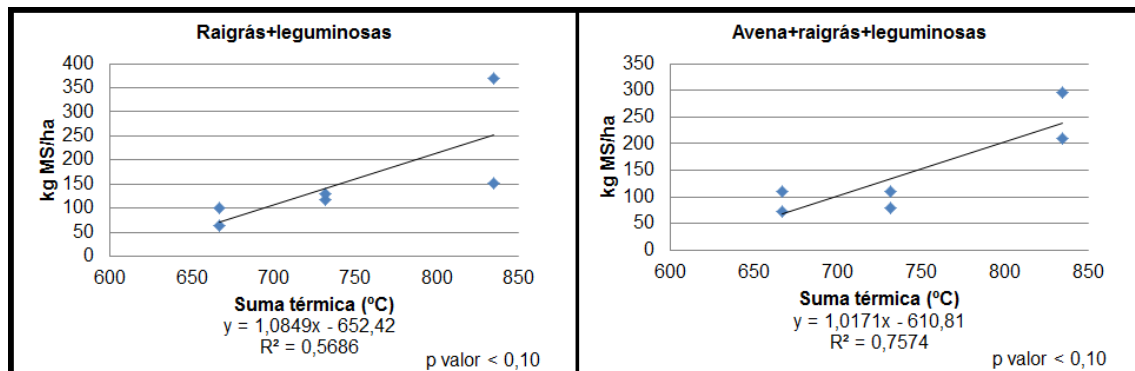
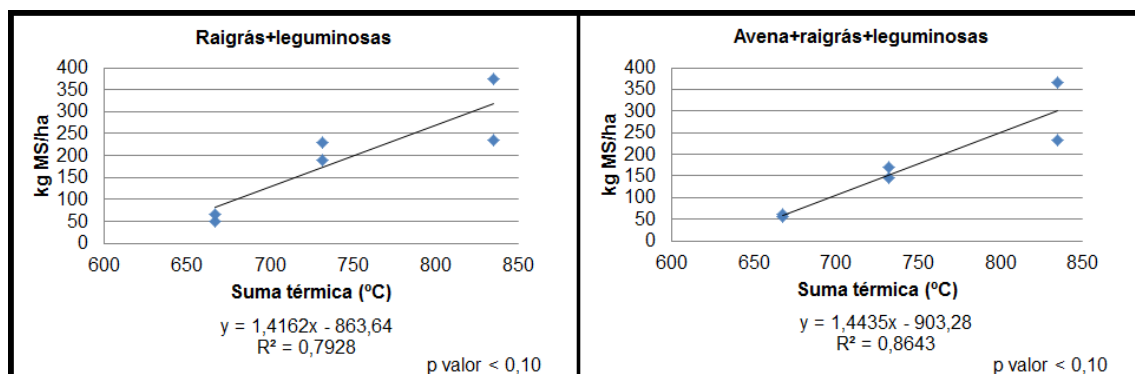


Figura No. 12. Evolución del peso de pecíolo en función de la suma térmica.



Al analizar la producción en kg MS/ha de los folíolos y pecíolos, en función de la suma térmica, para todos los tratamientos, existe un elevado coeficiente de determinación lo que explica una relación lineal y positiva entre suma térmica y acumulación de biomasa aérea en cada fracción, de manera que a mayor suma térmica, mayor acumulación de materia seca. Para el caso del tratamiento de raigrás y leguminosas el coeficiente de determinación fue menor debido a la variabilidad interbloque hallada en las evaluaciones.

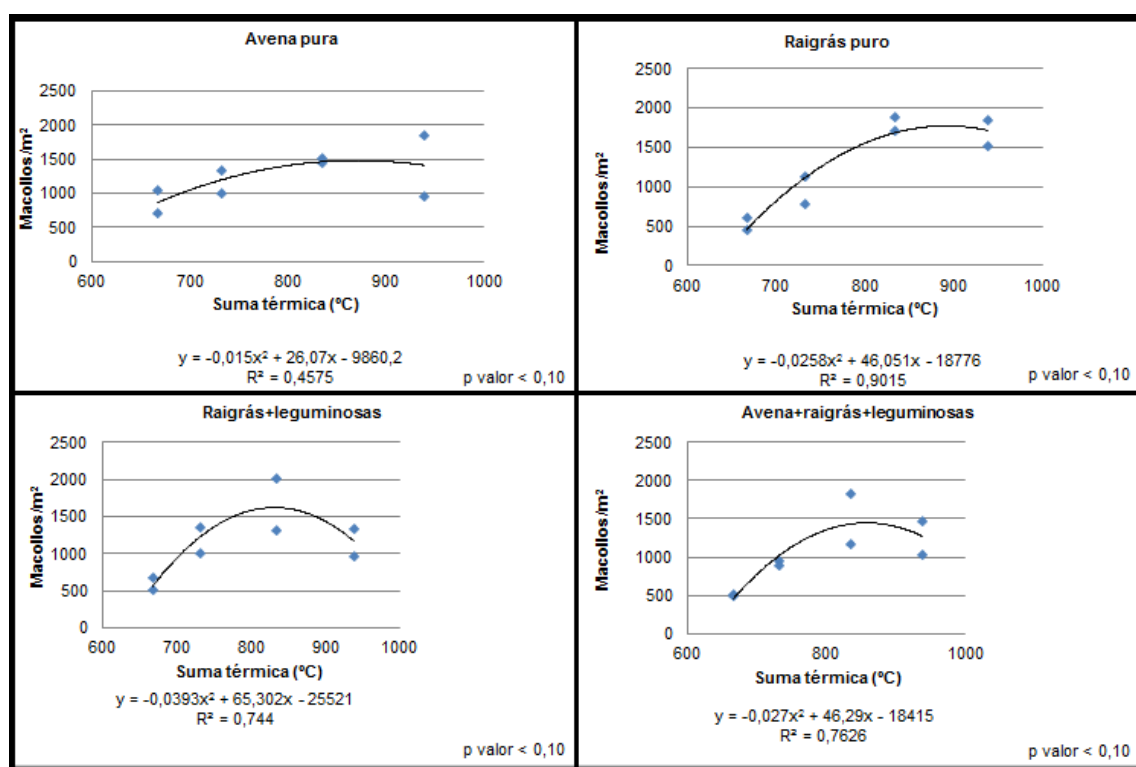
La temperatura incrementa la actividad metabólica y aumenta la tasa de crecimiento (Trujillo y Uriarte, 2011). Los factores ambientales que estimulan el crecimiento llevan a que se estimule el desarrollo de la parte aérea vegetativa (Trujillo y Uriarte, 2011).

4.2.2 Variables de desarrollo

4.2.2.1 Evolución del macollaje

En la figura No. 13, se expresa la densidad de macollos por metro cuadrado en función de la suma térmica. Carámbula (2002) señala que la formación de macollos, se ve favorecida por temperaturas adecuadas, buen nivel de agua y nutrientes, dependiendo de la especie.

Figura No. 13. Macollos por m² en función de la suma térmica.



Como se expresa en la figura No. 13, en todos los tratamientos hay una relación cuadrática entre el macollaje y la suma térmica, cayendo por encima de los 800 °C. El coeficiente de determinación, encima del 0,7, demuestra que más del 70 % de la variación en el macollaje está explicado por la suma térmica, a excepción de la avena pura que tuvo un coeficiente de determinación más bajo, debido a que en ambos bloques se encontró una variabilidad mayor disminuyendo así dicho coeficiente. En trabajos realizados por Ahunchaín et al. (1997), se señala que en torno a los 60 días de siembra, disminuye la cantidad de tallos por unidad de superficie, actuando entre otros factores la competencia

por el recurso luz y la dominancia apical, en donde la avena tendió a disminuir la cantidad de tallos mientras que la cebada a estabilizar dicho valor.

El retraso en la fecha de siembra, que fue el 20 de mayo (finalizando el otoño), no concuerda con la fecha recomendada para la siembra, que es a principios de otoño. Borrajo (2011a) indicó que la fecha de siembra óptima para la avena es marzo, y para el raigrás anual es abril. Formoso (2010) señala que con datos aportados de productores CREA, la mayoría de la avena se siembra desde el primero al 15 de marzo, mientras que el raigrás se siembra con más frecuencia en marzo, más precisamente en la segunda quincena de dicho mes. El atraso en la fecha de siembra, pudo haber provocado una disminución en la implantación y en el crecimiento inicial, por lo que se llegó más tarde a una cantidad de biomasa capaz de incidir en la dinámica de macollos, provocando un retraso en la competencia por luz, por lo que la caída en la cantidad de macollos se dio más tarde que lo normal. Las siembras de mayo, debido a las bajas temperaturas que se pueden dar en este mes, pueden provocar menor crecimiento en las plantas y disminuir la cantidad de plantas establecidas (Carámbula, 2003a).

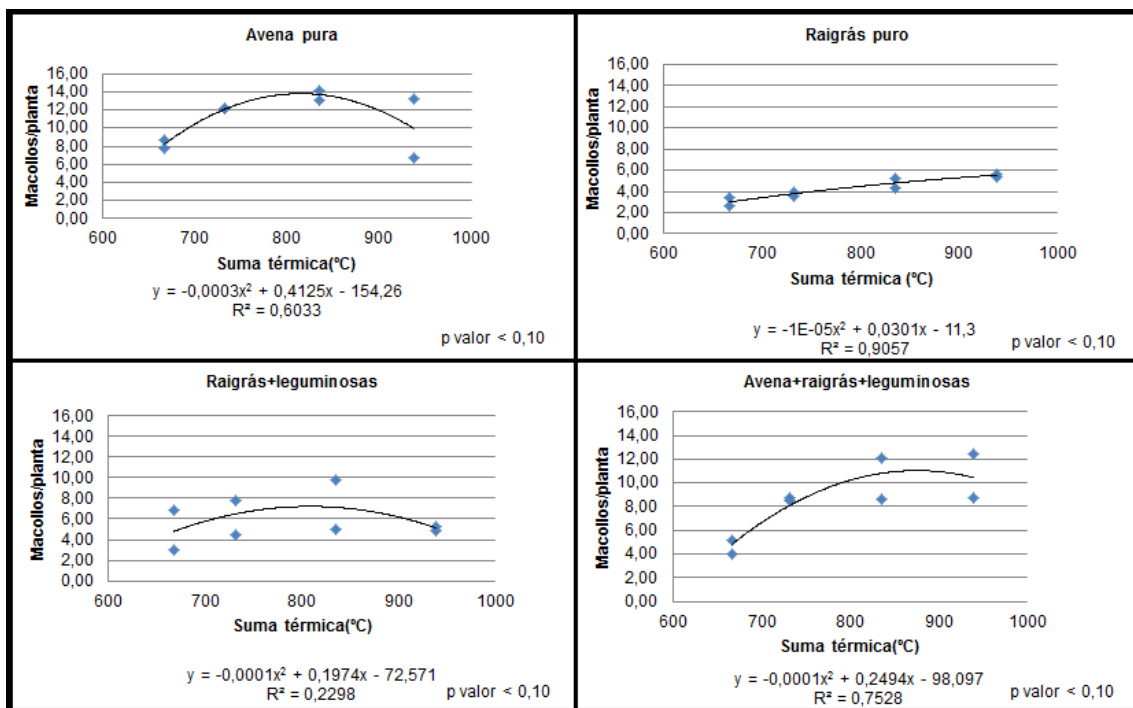
Es importante señalar que para todos los tratamientos, la máxima densidad de macollos estuvo en torno a los 1500 macollos por metro cuadrado a diferencia del raigrás puro que fue 1800 por metro cuadrado. Como se señaló anteriormente, el raigrás es una especie con elevada capacidad de macollaje lo que podría estar explicando dicha superioridad. En el raigrás la caída esta principalmente explicada por la competencia por luz, mientras que en la avena, dicha caída se explica por la competencia por luz y la dominancia apical. Luego de llegar al máximo de macollos por metro cuadrado, se solapa la aparición y muerte de macollos.

Cabe destacar que en el tratamiento de la mezcla entre avena, raigrás y leguminosas el macollaje se toma como la suma de macollos de raigrás y avena, por lo que el macollaje diferencial de las dos especies influyen en el macollaje total.

4.2.2.2 Evolución de macollos por planta

En la siguiente figura se expresa la relación entre el número de macollos por planta y la suma térmica.

Figura No. 14. Macollos por planta en función de la suma térmica correspondiente a las fechas de muestreo.

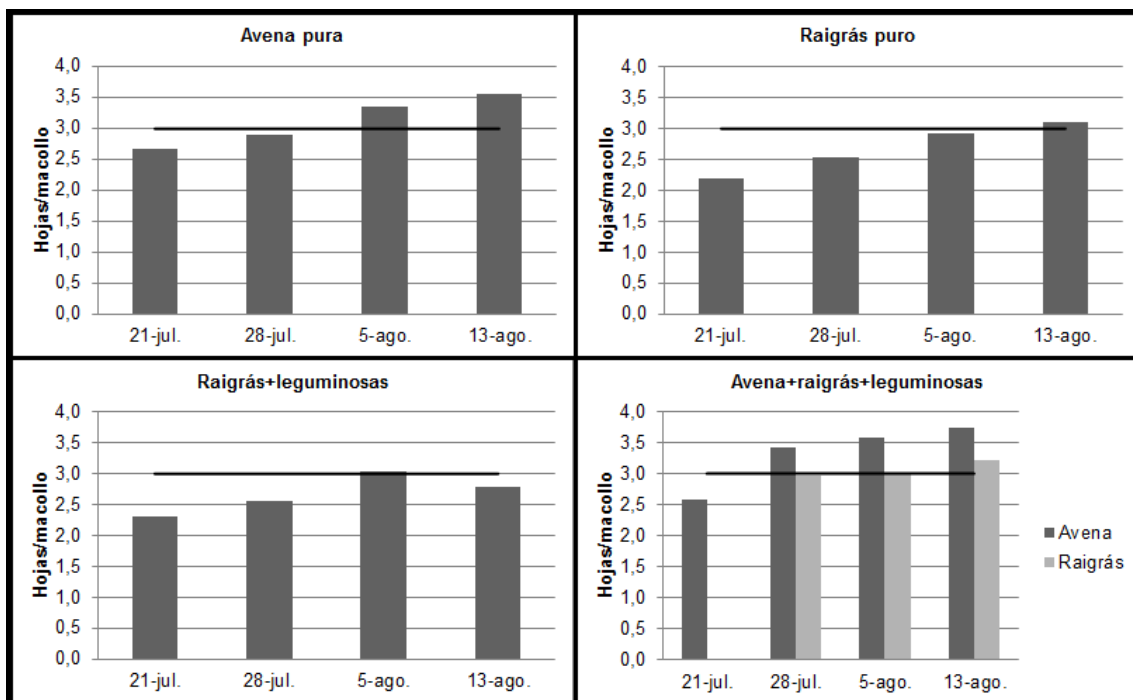


Se ve en todos los tratamientos una relación cuadrática entre los macollos por planta y la suma térmica. Luego de los 800 °C acumulados, se ve una caída en los macollos por planta por lo que se puede inferir que hubo un cambio en el ápice y competencia por luz. Al cambiar al estado reproductivo, merma la eficiencia fotosintética de las estructuras vegetativas provocando una baja o finalización del macollaje (Pagliaricci y Saroff, 2008). Las plantas evidencian una caída en los macollos por unidad de superficie dado por una baja en la generación de macollos y una mortandad de los mismos. Según Carámbula (2002), el período de pasaje de estado vegetativo a reproductivo en las especies invernales, se llama transición, dura entre tres y seis semanas, iniciando un proceso de dominancia apical y produciendo un efecto depresivo sobre macollas nuevas. Este nuevo estado del proceso de desarrollo es imperceptible a la vista ya que los cambios son internos. Estos cambios ocurren tiempo antes de que aparezca la inflorescencia, generalmente a fines de invierno (Colabelli et al., 1998). El aumento de temperatura promedio de fines de julio, principios de agosto, puede haber determinado el aumento en la velocidad de desarrollo para iniciar la inducción floral.

4.2.2.3 Hojas por macollos

En la figura No. 15, se muestra el promedio de hojas totales por macollos para los cuatro tratamientos en los dos bloques.

Figura No. 15. Evolución de hojas por macollo.



En la figura No. 15, se muestran los cuatro tratamientos y se comparan los dos bloques para cada fecha. En el tratamiento que contiene avena, raigrás y leguminosas se separa el macollaje de la avena y del raigrás.

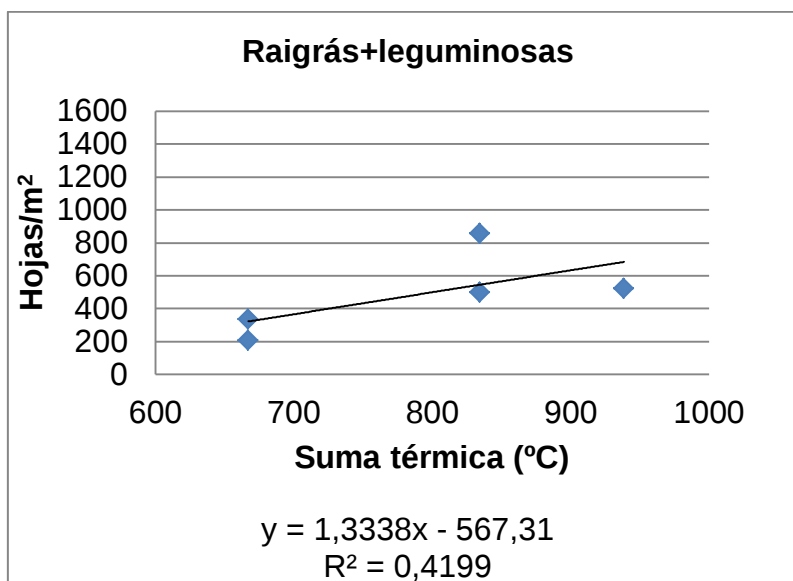
Como se observó, la cantidad de hojas por macollo siempre se encuentra en torno a tres. La cantidad de hojas que viven por macollo depende de que macollo sea, el primero son 3, y en el segundo 2,5 (Colabelli et al., 1998). Debido a que las plantas seguramente, ya tenían más de un macollo, la tendencia es que sea cercana a tres pero con valores levemente inferiores. En los tratamientos con raigrás, principalmente en las dos primeras fechas (21/7 y 28/7), más allá de que están en torno a tres, hay valores que se encuentran por debajo en mayor magnitud que los tratamientos que son o tienen entre sus componentes avena. Estudios realizados por Ahunchaín et al. (1997) destacan un intenso macollaje entre los 40 y 60 días posteriores a la siembra, principalmente en algunos cultivos como la avena.

En todos los tratamientos, principalmente en los que tenían avena, luego del 5 de agosto el número de hojas por macollo superaban las tres. Para la avena pura, el 28 de julio se hallaron valores muy cercanos a tres hojas por planta, lo que indicaría que la avena ya estaría pronta para pastorear, de lo contrario se incurriría en una pérdida de producción ya que empezaría un proceso de muerte y crecimiento de hojas, que sería desfavorable para una óptima utilización de la pastura. En cambio, los tratamientos de raigrás puro y raigrás con leguminosas llegaron a esas tres hojas entre el 5 y el 13 de agosto lo que indicaría que se podrían entrar a pastorear en fechas posteriores a la avena pura, concordando con la menor precocidad de dicha especie. Para el caso del tratamiento de avena, raigrás y leguminosas se llega con ambas especies a las tres hojas por planta el 28 de julio, el caso más llamativo es que el raigrás haya llegado a esa fecha con tres hojas, pero puede estar dado porque esas tres hojas sean pequeñas y no totalmente expandidas. Debido a que los pastoreos empezaron luego del 13 de agosto, se concluye que se retrasó la entrada de los animales y hubo una pérdida productiva de dicha pastura ya que todos los tratamientos habían llegado al momento óptimo de entrada previo a esa fecha.

4.2.2.4 Hojas de leguminosas por metro cuadrado

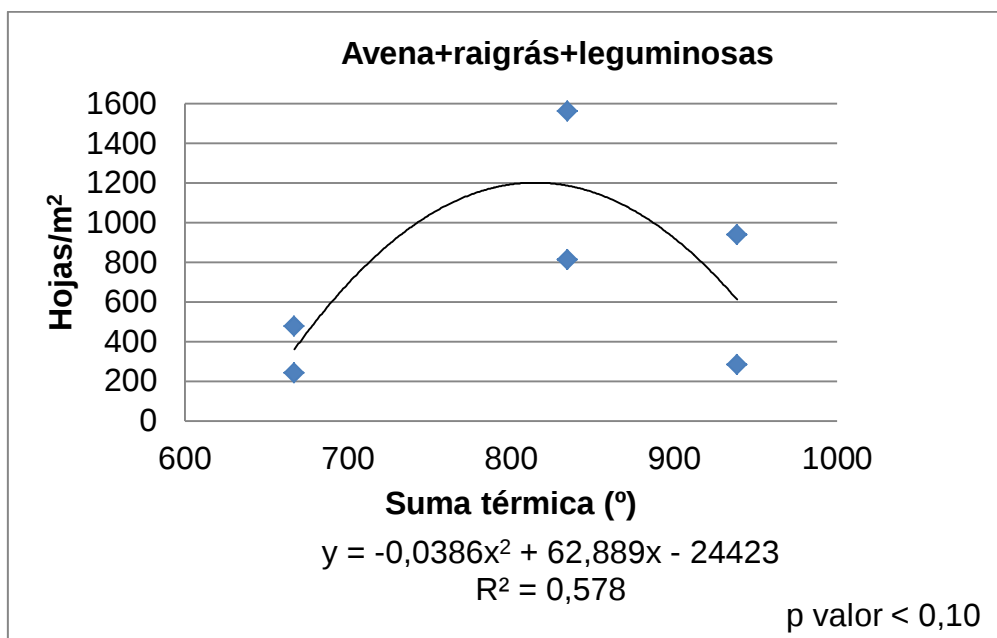
En la figura No. 16, se expresa la relación de la suma térmica con el número de hojas por metro cuadrado de leguminosas.

Figura No. 16. Hojas por metro cuadrado en función de la suma térmica, en los tratamientos de raigrás y leguminosas.



En la figura No. 16, se puede observar que el número de hojas por metro cuadrado de leguminosas, aumentó a mayor suma térmica, alcanzando los máximos en el eje de los 850 °C, igual que Borrajo y Alonso (2014), a valores mayores de 850 °C las hojas disminuyeron, mientras que sumas térmicas entre 650 °C y 700 °C evidenciaron valores bastantes menores a los máximos. El análisis estadístico arrojó un coeficiente de determinación en torno a 0,42, mostrando la existencia de una relación lineal y positiva entre número de hojas por metro cuadrado y suma térmica. La acumulación de grados día en el modelo que tiene una relación lineal explicó significativamente ($p \leq 0,0001$) las variaciones que se vieron en el TAF, desde 95 % a 99 % (Saldanha et al., 2013).

Figura No. 17. Hojas por metro cuadrado en función de la suma térmica en el tratamiento avena, raigrás y leguminosas.

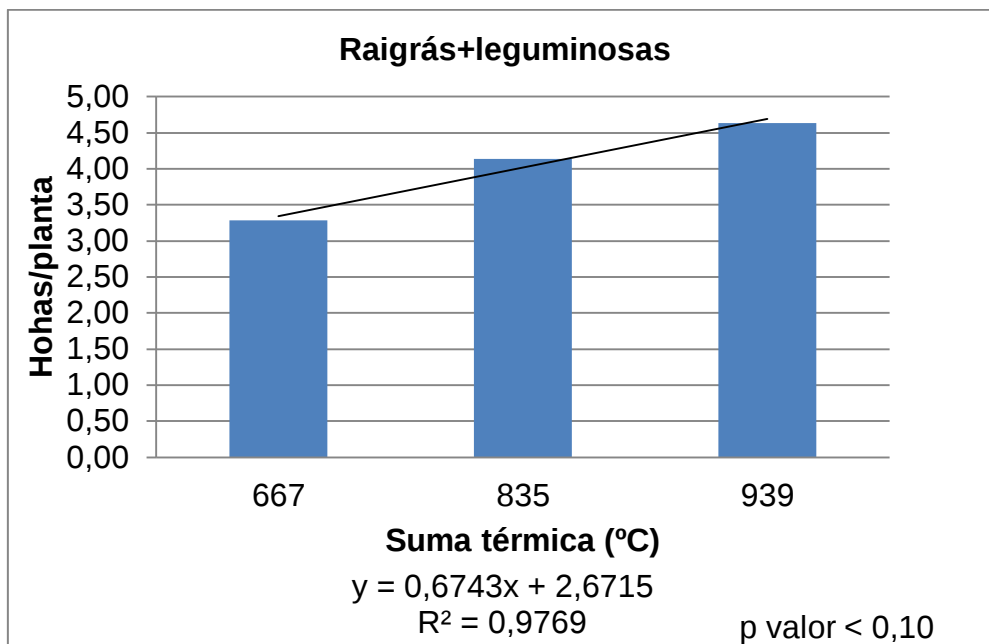


En la figura No. 17, se puede observar que el número de hojas por metro cuadrado tendió a aumentar a mayor suma térmica, alcanzando los máximos en el eje de los 850 °C, a valores mayores de este las hojas disminuyeron, mientras que sumas térmicas entre 650 y 700 °C evidenciaron valores bastantes menores a los máximos. El análisis estadístico arrojó un coeficiente de determinación de 0,58 aproximadamente, evidenciando la existencia de una regresión de tipo cuadrática entre hojas y suma térmica. Los modelos que implican la suma térmica (grados días), que igualan el tiempo en acumulación de temperatura, permiten calcular el número de hojas en función de ese tiempo, en donde dichos modelos explican la linealidad entre tasa de aparición de hojas y la temperatura (Benítez Palazzesi, 2012).

4.2.2.5 Evolución de hojas por planta de leguminosas

En las figura No. 18, se expresa la relación de hojas por planta de leguminosas en las diferentes fechas de muestreo.

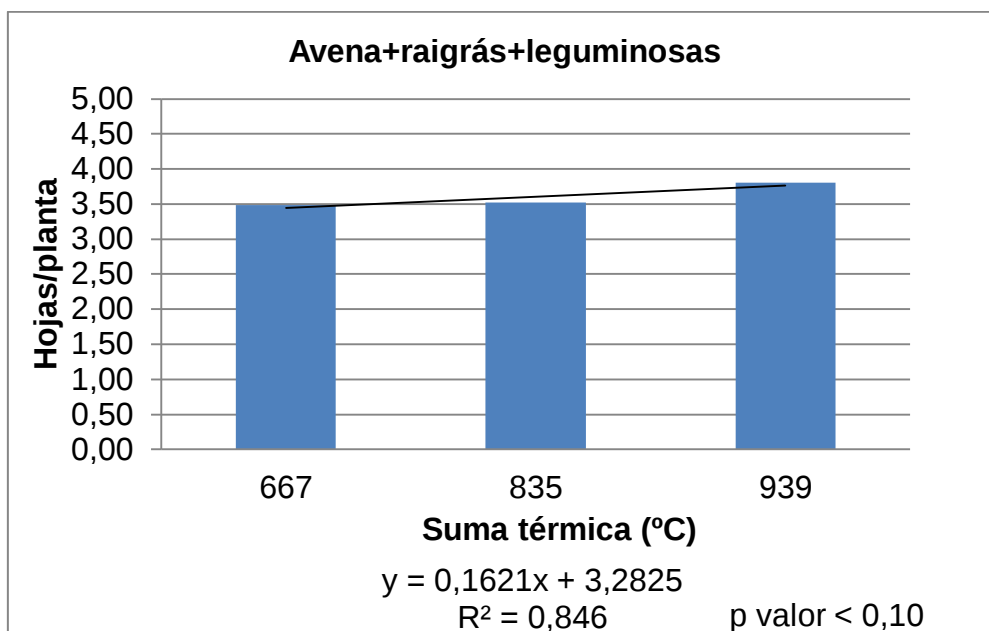
Figura No. 18. Evolución de hojas por planta de leguminosas en los tratamientos de raigrás y leguminosas.



En la figura No. 18, al analizar el número de hojas por planta de leguminosas, del tratamiento de raigrás y leguminosas, se evidencia un aumento desde el 21 de julio al 5 de agosto. Existe una relación de tipo lineal y positiva entre aparición de hojas y suma térmica.

La presencia de leguminosas, es la determinante principal del comportamiento de cualquier pastura, y por lo tanto la presencia y constancia de sus aportes son muy importantes (Carámbula, 2010).

Figura No. 19. Evolución de hojas por planta de leguminosas en los tratamientos de avena, raigrás y leguminosas.

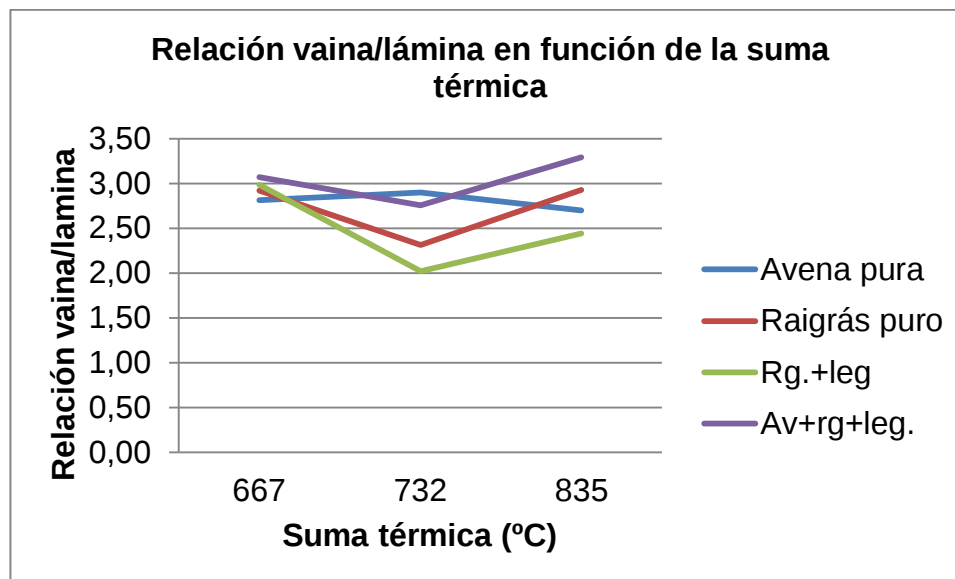


En el figura No. 19, al analizar el número de hojas por planta de leguminosas del tratamiento de avena, raigrás y leguminosas se evidenció un incremento en el número de hojas conforme aumentaba la suma térmica, con una relación lineal y positiva. Las leguminosas tienen importancia tanto en alimentación animal como en efecto sobre el suelo. Izaguirre y Beyhaut, citados por Carámbula (2010), afirman que las leguminosas son consideradas como fertilizadoras naturales por lo que es muy importante su presencia para el aporte de nitrógeno al suelo, haciendo más eficaz la implantación de la pastura y el manejo posterior.

4.2.2.6 Relación vaina/lámina

En la siguiente figura se presentan las relaciones de peso entre vaina y lámina.

Figura No. 20. Relación de peso de lámina y vaina para los distintos tratamientos.



En la figura se puede observar que la relación vaina/lámina no tiene patrón determinado del comportamiento en los tratamientos puros pero si en las mezclas.

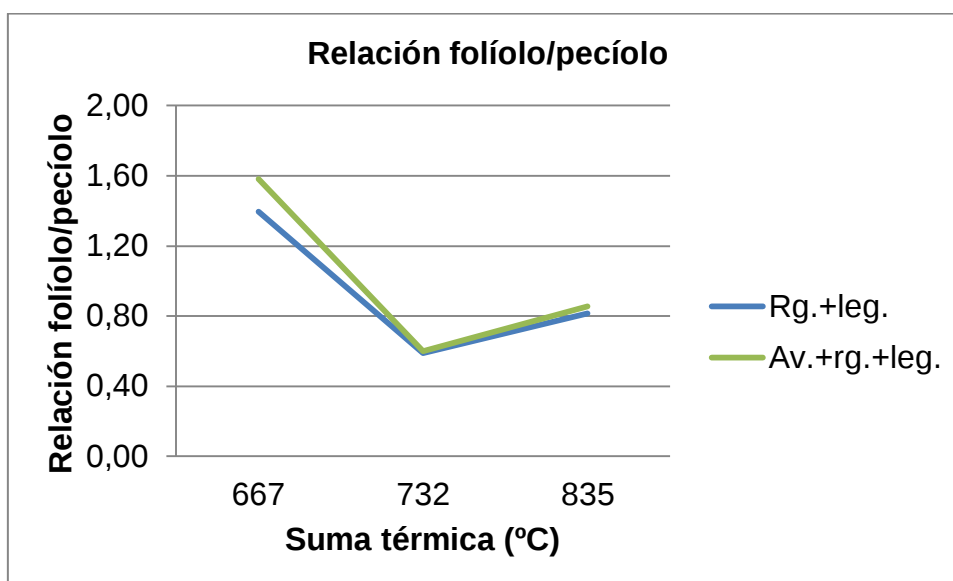
Para los tratamientos de mezcla y raigrás puro, la relación en las primeras dos fechas tendió a bajar, mientras que en la última, tuvo un incremento. Trujillo y Uriarte (2011) en trabajos con gramíneas templadas, indican que lámina y vaina aportan al total de la materia seca entre 58 % a 96 % y 5 % a 20 % del peso respectivamente.

En el caso de la avena pura, hubo un incremento entre la primera y segunda fecha, mientras que hacia el ultimo muestreo mostró un descenso. La importancia de la relación lámina/vaina radica en la composición química de las mismas y la influencia sobre la digestibilidad de las fracciones. Raymond (1967) en trabajos in vitro con raigrás, señaló que con la planta tierna, la digestibilidad de ambas fracciones (lámina y vaina) es similar, pero a medida que avanza el desarrollo de la planta, la digestibilidad va cayendo, con mayor magnitud en las vainas que en las láminas. En cuanto a la composición química, y el valor nutritivo, Demarquilly y Andrieu, citados por Trujillo y Uriarte (2011) trabajando con gramíneas templadas hallaron los valores de proteína cruda, obteniendo un resultado en porcentaje de base seca de 15 % a 25 % en láminas y 10 % a 15 % en tallos y vainas en plantas jóvenes, y de 7 % a 10 % en láminas y 3 % a 5 % en tallos y vainas de plantas maduras.

4.2.2.7 Relación folíolo/pecíolo

En la siguiente figura se presenta las relaciones folíolo/pecíolo en los tratamientos que contienen leguminosas para las diferentes fechas.

Figura No. 21. Relación de peso folíolo/pecíolo para las distintas alternativas forrajeras.



Como puede observarse, en todas las fechas, los tratamientos se fueron comportando de forma similar, con una relación en el rango de 1,4 a 1,8 en la primer fecha, para luego en la segunda, descender hasta encontrarse todos los tratamientos en el eje de una relación 0,6. Mientras que para la última fecha los valores fueron entre 0,6 y 1. Pudiendo concluir que en promedio, hubo una tendencia a una relación folíolo/pecíolo de 0,80, presentando en general similares valores cada componente en los muestreos de las diferentes fechas.

Hacker, citado por Trujillo y Uriarte (2011), la digestibilidad del folíolo de las leguminosas es de 55 % a 82 %, mientras que para los pecíolos, la digestibilidad es menor, incluso menor que la digestibilidad de las vainas de las gramíneas.

Los valores similares de ambos componentes pueden llevar a pensar que el resultado sea negativo, pero es importante tener en cuenta que, el folíolo presenta bajo valor de contenido de pared celular, mientras que el pecíolo

presenta un amplio rango de contenidos (Trujillo y Uriarte, 2011). Pudiendo ser estos componentes los responsables de los altos pesos de los pecíolos.

4.3 PRIMAVERA

4.3.1 Variables de crecimiento

4.3.1.1 Producción y proyección de materia seca

En el siguiente cuadro se expresa la disponibilidad de kg de MS/ha de los diferentes tratamientos en las diferentes fechas de muestreo en primavera.

Cuadro No. 8. Evolución de los promedios de disponibilidad de materia seca.

Tratamiento	6-oct.	14-oct.	20-oct.
Avena pura	8952	12326	14701
Raigrás puro	4483	7093	9444
Av.+rg.+leg.	6153	7552	14180
Rg.+leg.	7348	9551	8319

En el cuadro No. 9, se expresa la relación que hay entre el aumento de materia seca y la suma térmica.

Cuadro No. 9. Crecimiento de la pastura en función de la suma térmica.

Tratamiento	Ecuación	R ²
Avena pura	kg MS/ha = -30578,49 + 23,32(°C)	0,59
Rg. puro	kg MS/ha = -29506,73 + 19,99(°C)	0,78
Rg.+leg.	No hay regresión	
Av.+rg.+leg.	kg MS/ha = -47705,77 + 31,20(°C)	0,68

Se encontró una relación lineal entre el crecimiento y el paso de los días para ambas variables. El coeficiente de determinación varía desde 0,59 a 0,78, lo que explica que el cambio en la cantidad de materia seca presente, es explicado entre un 59 % y un 78 % por la acumulación de temperatura.

Como se puede ver en los anexos, para el tratamiento que no se encontró una relación lineal, que fue el raigrás con las leguminosas, el p valor dio bastante elevado, alrededor de 0,49, por lo que se puede suponer que puede haber algún error de muestreo como puede ser en una zona no representativa.

El tratamiento que muestra mayor crecimiento en función de la temperatura acumulada (para este período) es la mezcla de avena, raigrás y leguminosas. La avena tiene un comportamiento intermedio, y para el caso del raigrás puro, tiene el menor crecimiento en de la temperatura.

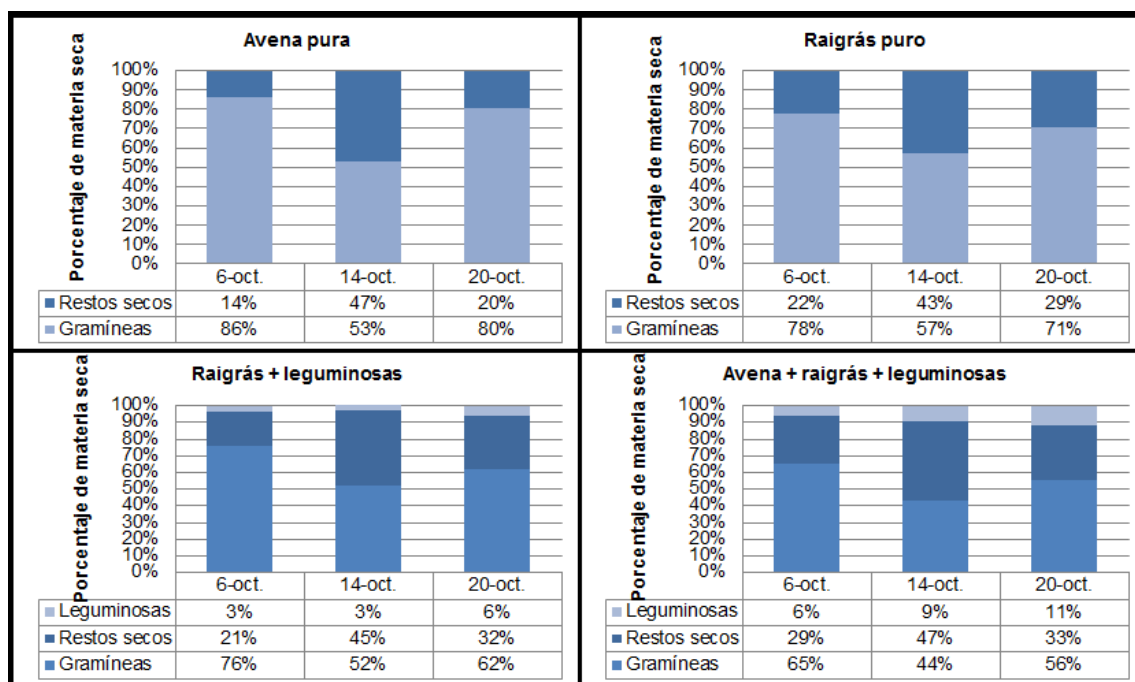
La cantidad de forraje a ese momento es alta. Dado el ciclo de las especies en estudio y la época del año en que se estudió, la calidad de la pastura es baja ya que hay presentes muchos tejidos maduros. Trujillo y Uriarte (2011) señalan que a medida que avanza el desarrollo de la planta y esta va madurando, disminuye el valor nutritivo al disminuir la digestibilidad por un aumento en la proporción de pared celular, evidenciándose tanto en leguminosas como en gramíneas un incremento relativo en la proporción de tallos. Dadas las características descritas, si fuese un predio comercial, con un tamaño de potrero considerable, convendría cerrarlo y posteriormente cosecharlo para formar heno. Fernández Mayer et al. (s.f.) expresan que para producir heno, se debe cortar el verdeo con una madurez avanzada, más precisamente cuando la presencia de grano hace aumentar la calidad del heno, que correspondería con la fase de grano lechoso a pastoso.

Los valores tanto de disponibilidad de materia seca como de crecimiento por cada grado centígrado son elevados. Como se aclaró, la pastura, principalmente las gramíneas se encontraban en estado reproductivo, y cuando se hacen los análisis estadísticos correspondientes, se parte de elevados valores de disponibilidad de materia seca iniciales, lo que podría explicar el elevado coeficiente regresor.

4.3.1.2 Composición gravimétrica de la pastura

En la figura No. 22, se expresa la composición gravimétrica de las pasturas en estudio.

Figura No. 22. Evolución de la composición gravimétrica de los distintos tratamientos para tres fechas en el bloque dos en la primavera.



Mantener la pastura con una buena cobertura de material verde, será beneficioso y se verá traducido en una mayor producción de carne, leche o lana, que si se mantuviera con alto porcentaje de restos secos. Carámbula (2010), en relación al material verde y restos secos, indica que la digestibilidad de estas fracciones varía, situándose en torno al 80 % la digestibilidad del material verde, contra 32 % del material seco.

En relación a los restos secos, en todos los tratamientos siempre es superior al 10 % del total de la muestra, alcanzando elevados valores de 47 % en la avena pura y 45 % en raigrás con leguminosas. Estudios realizados por Frene (s.f.) indicaron que se pueden producir pérdidas de hasta un 70 % con una presión de malezas entre 5 % y 35 %. Carámbula (2010) indica que hasta con un 10 % de malezas, no hay inconvenientes en la pastura.

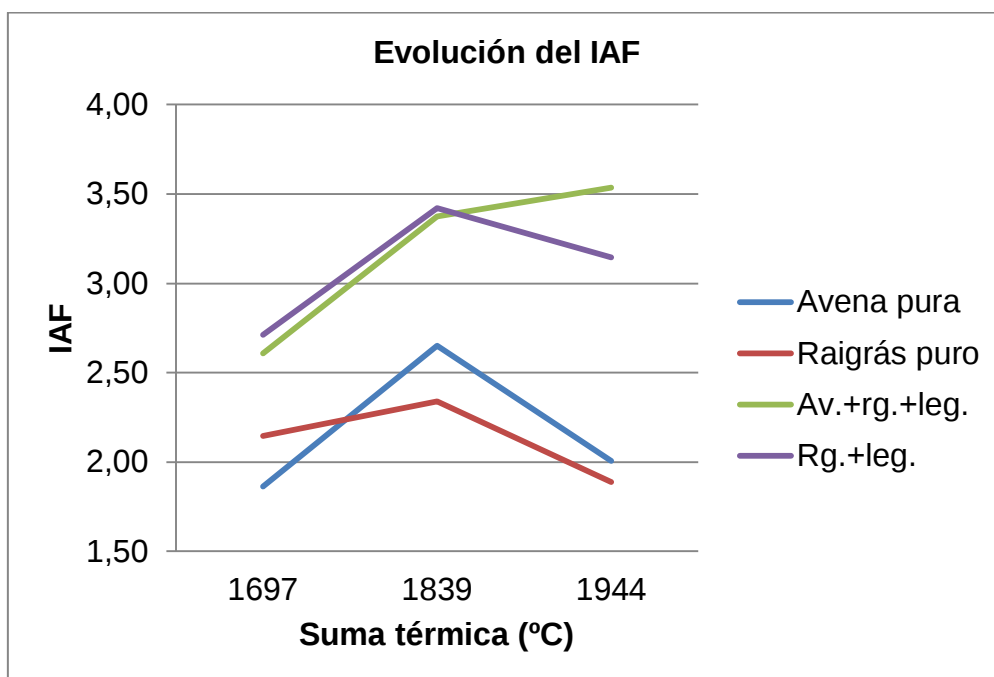
Para las leguminosas, en la mezcla con raigrás se obtiene valores entre 3 % y 6 %, y para la mezcla con avena y raigrás entre 6 % y 11 %, indicando valores bajos en dicha fracción, no pudiendo aprovechar las cualidades que tiene las leguminosas en la ingesta animal, no aprovechando el potencial de la mezcla. García y Millot, citados por Folgar Pérez y Vega Melgar (2013)

expresan que para que la pradera sea balanceada, la proporción del forraje debe ser 70 % gramíneas y 30 % leguminosas ya que, las gramíneas por la disposición de las hojas, fisiología y un elevado potencial de producción actúan como eje central de la pastura. En cuanto a las leguminosas, Trujillo y Uriarte (2011) señalan que las leguminosas tienen mayor tasa de degradación y pasaje explicando por qué esta familia tiene mayor tasa de consumo en animales y a su vez mayor consumo voluntario, también tiene superioridad frente a las gramíneas en la composición química con mayor valor de proteína cruda, y menor valor de pared celular (en base seca). Debido al bajo contenido de leguminosas de las mezclas, dichos tratamientos se comportaron prácticamente como pasturas puras, porque el aporte más significativo fue dado por las gramíneas.

4.3.1.3 Evolución del IAF

En la siguiente figura se presenta la evolución del IAF en la primavera.

Figura No. 23. Evolución del IAF.



Como puede observarse en el gráfico, para tres fechas de muestro (una semana de tiempo aproximadamente entre cada uno), el IAF en todos los muestreos fue mayor en los tratamientos mezcla que en los puros. Al comparar los mezcla entre sí, únicamente hay diferencia en la semana tres (20 oct.), y al

comparar los puros entre sí, el raigrás se mantuvo más estable, mientras que la avena fue inferior que éste en la primer semana (7 oct.), superior en la segunda (14 oct.), y en la última semana (20 oct.) presentaron un IAF muy similar.

Al referirnos a cómo evolucionó el IAF, este tendió a aumentar de la primera semana a la segunda para todos los tratamientos, mientras que de la segunda semana a la tercera (20 oct.) se mantuvo relativamente igual en los tratamientos mezcla, y disminuyó en los tratamientos puros.

En los tratamientos puros se evidenció un estado fenológico avanzado, en el que los procesos de encañado y senescencia ocasionaron una disminución en el IAF, por lo que el IAF observado se encuentra debajo del IAF crítico para las gramíneas. Por el contrario, en los tratamientos mezcla, las gramíneas se encontraron en estado reproductivo, mientras que en las leguminosas hubo un solapamiento de fases vegetativa y reproductiva, habiendo mayor proporción de hojas verdes, y se evidenció un IAF próximo al crítico para las leguminosas. El IAF crítico varía en función de la especie, encontrándose valores de 7,5 en raigrás y de 3,5 en trébol blanco (Sierra Posada, 2005).

El 7 de noviembre se midió el IAF, pero en el otro bloque (bloque 1).

Cuadro No. 10. IAF en el bloque 1 el 7 de noviembre.

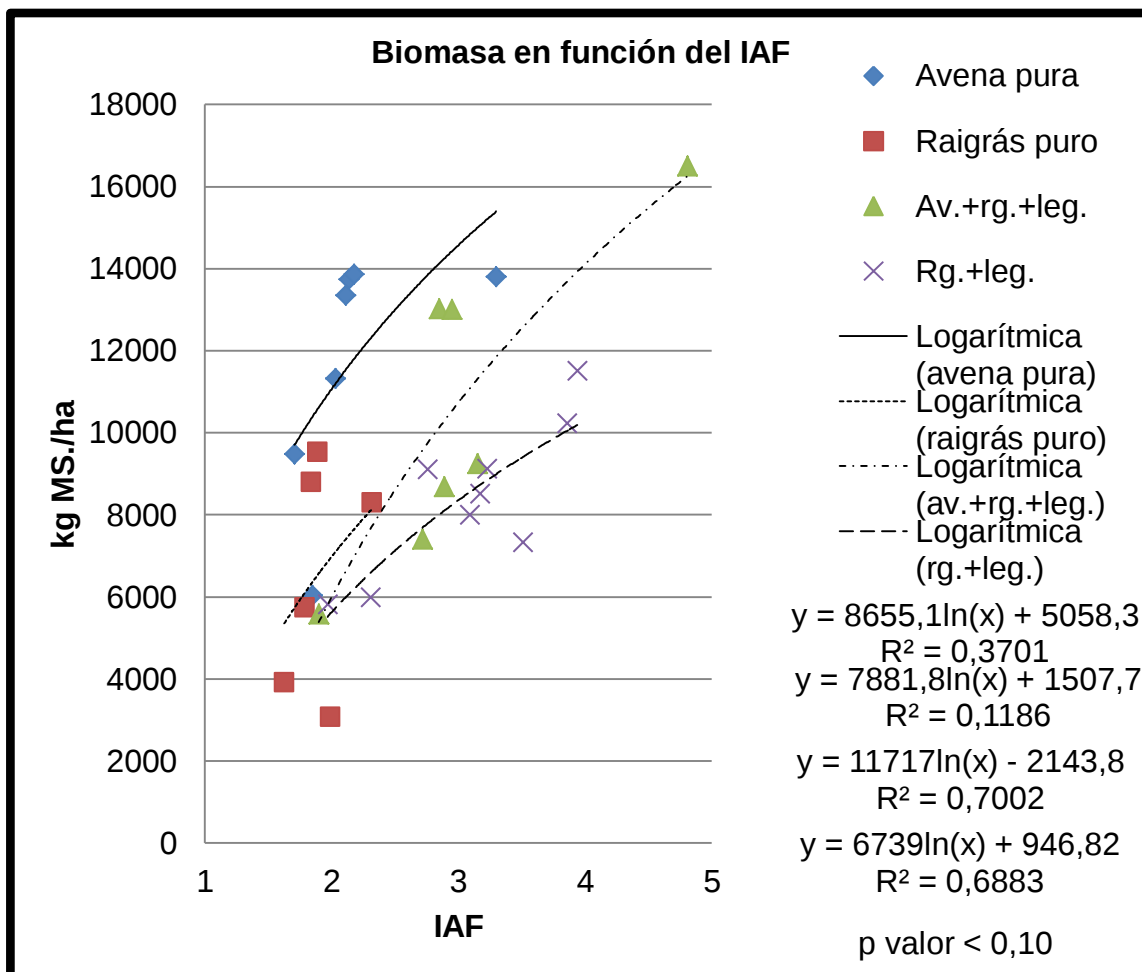
	Avena pura	Raigrás puro	Av.+rg.+leg.	Rg.+leg.
IAF	1,71	1,41	2,34	2,21

En el cuadro No. 10, se ve que la tendencia fue a disminuir el IAF ya que en todos los casos, hubo un IAF menor al de la fecha anterior, correspondiente al 20 de octubre. Pearson et al., citados por Perozo Bravo y Contreras Peña (2013) sugieren que en la floración finaliza el desarrollo de área foliar, y en senescencia disminuye la cantidad de materia seca producida. Esto puede llevar a explicar la reducción en el IAF hacia final de ciclo.

4.3.1.4 IAF y biomasa

En la figura No. 24, se muestra la relación entre IAF y biomasa aérea presente.

Figura No. 24. Biomasa aérea en función del IAF.



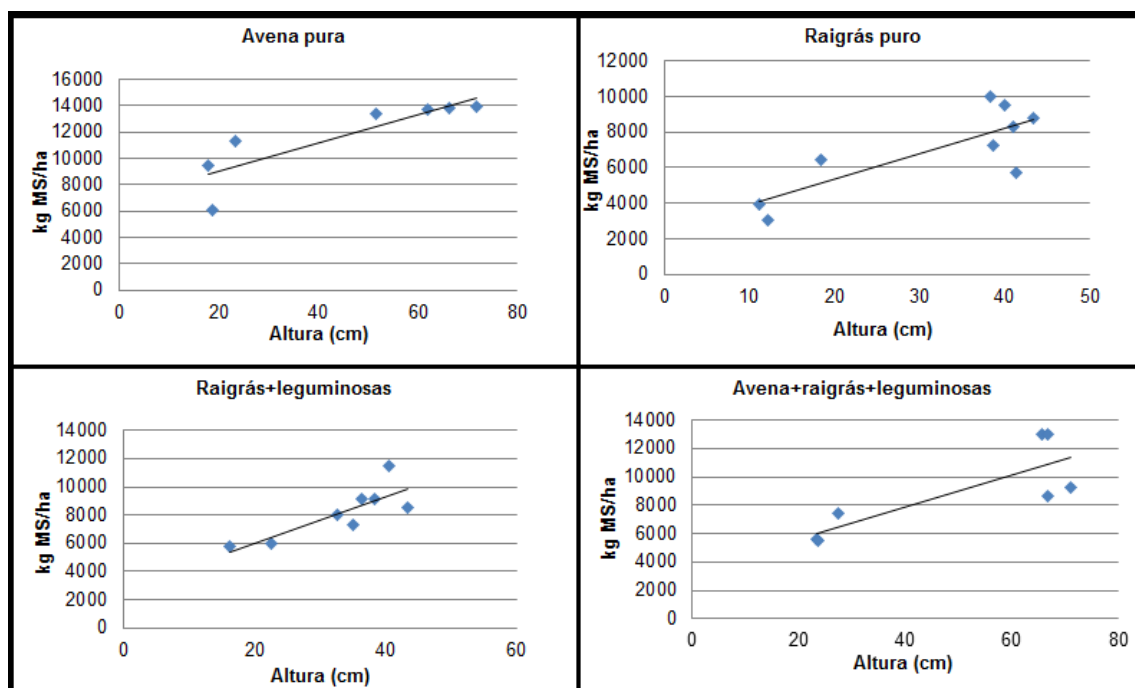
El incremento del IAF y la cobertura vegetal están asociadas como una función logarítmica, en donde a medida que se aumenta el IAF disminuye la eficiencia fotosintética (crecimiento decreciente); por otro lado, si se analiza entre gramíneas y leguminosas, dada las características del canopeo de las leguminosas, estas incrementan más rápidamente la intercepción de luz y por lo tanto la fotosíntesis (Sierra Posada, 2005). Para esta situación se ve claramente dos tipos de respuesta: en los cultivos puros no hay asociación de tipo logarítmica y entre la cobertura vegetal y el IAF dado su bajo coeficiente de determinación, mientras que efectivamente hay una relación lineal entre cobertura vegetal y el IAF en los tratamientos raigrás y leguminosas y, raigrás leguminosas y avena, con un coeficiente de determinación de a 0,70 y 0,68 respectivamente. Hogdson, citado por Daregibus (s.f.) sostiene que el IAF es una variable de considerable importancia en la producción de materia seca.

En relación a lo mencionado anteriormente, se asume que la presencia de leguminosas, es el factor determinante para que se cumpla la relación entre IAF y la biomasa aérea presente, ya que los tratamientos que tenían las gramíneas solas no lograron tener dicha relación. Da Silveira Duarte (2016) señala que el *Trifolium resupinatum* o trébol persa, posee un hábito de crecimiento indeterminado, por su parte Nori (2013) expresa que *Trifolium vesiculosum* o trébol flecha también es de hábito indeterminado, Carámbula (2002) indica que en gramíneas al darse la iniciación floral cesa la producción de hojas. Por lo tanto los tratamientos mezcla, con presencia de leguminosas pueden seguir produciendo hojas y mantienen un aparato foliar desarrollado, mientras que en las gramíneas, ya cesa hace tiempo la producción de hojas, la pastura maduró y hay senescencia por lo tanto la relación IAF y biomasa pudo verse alterada y, explicando porque se mantiene la relación entre IAF y biomasa en los tratamientos mezcla.

4.3.1.5 Altura y materia seca

En esta sección, luego de analizar la disponibilidad total de materia seca por hectárea, se hace el análisis vinculándolo con la altura dispible.

Figura No. 25. Kg MS/ha en función de la altura en cm.



Se observa relaciones lineales entre ambas variables con buenos valores de coeficiente de determinación las cuales se expresan en el cuadro No. 11.

Cuadro No. 11. Regresión para producción de materia seca en función de la altura.

Tratamiento	R ²	Ecuación
Avena pura	0,741	$y=107,93x+6852,1$
Raigrás puro	0,6463	$y=145,23x+2413,3$
Rg.+leg.	0,6655	$y=163,68x+2753,5$
Av.+rg.+leg.	0,6561	$y=110,98x+3457,3$

p valor <0,10

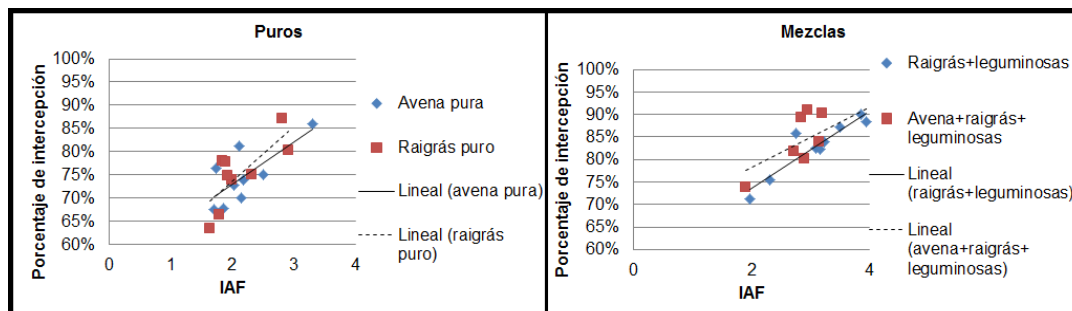
Se debe destacar que en esta etapa del experimento, ambos cultivos ya se encuentran en fase reproductiva avanzada, evidenciándose las cañas, granos y otros órganos reproductivos. Debido a lo expresado anteriormente, los valores de materia seca por hectárea son elevados, en comparación con lo que podría ser una pastura en estado vegetativo, ya que al pesar la materia seca, se incluyó todos los órganos presentes. Por otro lado los valores de altura también fueron elevados, ya que los muestreos fueron posteriores a la etapa de encañado, en donde hay un crecimiento de los entrenudos alcanzando mayor altura.

Se destaca claramente que los tratamientos que contienen avena, alcanzan alturas mayores (en torno a los 80 cm) y valores de materia seca también elevados. Carámbula (2007) señala que el raigrás entra en estado reproductivo más adelante que la avena, debido las características de la especie. Dado los valores obtenidos en los tratamientos de raigrás puro y con leguminosas, hace suponer que en el tratamiento que contiene avena, raigrás y leguminosas, la elevada altura y contenido de materia seca, se debe al aporte de la fracción avena.

4.3.1.6 IAF e intercepción de luz

Se analiza la relación existente entre el porcentaje de luz interceptado y el IAF.

Figura No. 26. Porcentaje de intercepción de luz en función del IAF.



En los cuatro tratamientos se observó una tendencia que al aumentar el IAF aumenta el porcentaje de intercepción de luz. Todas las observaciones se encuentran entre valores de IAF entre 1 y 4, y por otro lado, siempre son superiores al 60 % los valores de intercepción de luz.

Los tratamientos mezcla tienen una tendencia a tener un poco más de IAF que los puros, debido a que oscilan entre los valores de IAF de 2 a 4 aproximadamente, mientras que los puros entre 1,5 y un poco más de tres. A su vez la intercepción mínima de los tratamientos mezcla es en torno al 70 % y de las mezclas al 60 %. Por otro lado, en los tratamientos puros, algunas muestras estuvieron próximas al 95 % de intercepción de luz, estando próximo al IAF óptimo.

Cuadro No. 12. Regresión entre intercepción de luz e IAF.

Tratamiento	B ₀	B ₁	R ²	Ecuación
Avena pura	54,67	9,13	0,54	% de intercepción=54,67+9,13(IAF)
Raigrás puro	50,12	11,80	0,59	% de intercepción=50,12+11,8(IAF)
Rg.+leg.	56,44	8,59	0,85	% de intercepción=56,44+8,59(IAF)
Av.+rg.+leg.	64,93	6,69	0,62	% de intercepción=64,93+6,69(IAF)

Para los cuatro tratamientos, mediante análisis estadístico, se afirma que efectivamente hay una asociación lineal y positiva entre IAF e intercepción de luz. Gardner et al. (1985) señalan que a medida que avanza el desarrollo foliar, incrementa la intercepción de la luz por la planta. Por lo tanto un mayor crecimiento de la planta, traducido en un mayor crecimiento en hojas, que son los órganos que interceptan la mayor parte de la energía, influirá de manera positiva en la intercepción, siempre y cuando no se pase un cierto límite que corresponde al óptimo (95 %). Cuando se llega al óptimo, la relación entre fotosíntesis y respiración es máxima y la mayor parte de la luz incidente es interceptada y la tasa de crecimiento es máxima (Valderrama y Alfonso, 1993).

Cuanto mayor es la cobertura, la eficiencia de intercepción de la planta va a ser mayor, siempre y cuando no se pase ese límite del IAF crítico, provocando superposición y disminuyendo dicha eficiencia. El cultivo eficiente es el que cubre rápidamente el suelo aprovechando la radiación solar y que esta no la absorba el suelo (Pagliaricci y Saroff, 2008). Carnevalli y Barboza, citados por Perozo Bravo y Contreras Peña (2013) señalan que al superar el IAF crítico se incrementa el crecimiento de tallos y la senescencia foliar.

Mediante el análisis estadístico, obteniendo los coeficientes de regresión, se sostiene que numéricamente la mayor respuesta de intercepción de luz a la variación del IAF la tienen los tratamientos puros frente a las mezclas. Cuando se analiza detenidamente los datos aportados por el análisis estadístico, se concluye que la dinámica de intercepción de todos los tratamientos es igual debido a que dichos coeficientes de regresión se encuentran dentro de los límites superiores e inferiores para todos los tratamientos. Teniendo en cuenta la composición gravimétrica de la pastura, se observó que el aporte de leguminosas a las mezclas era muy bajo y prácticamente despreciable, por lo que las mezclas se comportaron como tratamientos puros, por lo tanto tiene explicación que la dinámica de intercepción de luz entre los tratamientos mezclas y los tratamientos puros sean estadísticamente iguales.

Como se observa en el cuadro anterior, el coeficiente de determinación varía entre los tratamientos, siendo mayor en las mezclas que en los puros por lo que se sostiene que la variación de intercepción esta explicada mayormente por la variación del IAF en las mezclas que en los puros.

5. CONCLUSIONES

En el experimento realizado en el invierno, comparando entre los cultivos puros de avena y raigrás se pudo observar siempre una superioridad en producción de materia seca para la avena frente al raigrás en todas las fechas en las cuales se tomaron las muestras, por lo que la gramínea sembrada tiene un efecto directo en la producción.

Al comparar los cultivos puros con las mezclas se obtuvo un resultado de superioridad en la avena pura frente a las dos mezclas (avena, raigrás, leguminosas y, raigrás y leguminosas) en el primer muestreo, y para los siguientes muestreos no se obtuvieron diferencias significativas. En el primer muestreo las mezclas y el raigrás puro no evidenciaron diferencias, pero en los siguientes muestreos las mezclas fueron superiores al cultivo puro de raigrás por lo que la gramínea acompañante solo influyó en la producción de materia seca en el primer muestreo.

Se evidenció, como era de esperar, una relación entre el incremento en la producción de materia seca con el incremento en la suma térmica.

En cuanto al IAF y a la dinámica de intercepción de luz por parte de la canopia, se encontraron relaciones entre ambas variables para todos los tratamientos estudiados. Dicha relación es lineal y positiva, con lo que se establecieron regresiones las cuales se pueden obtener valores de intercepción haciendo variar el IAF, mostrando el mayor coeficiente de determinación en el tratamiento de raigrás y leguminosas, aunque para los demás tratamientos dichos valores fueron aceptables. Independientemente que los coeficientes de regresión no fueron numéricamente iguales, todos se encuentran dentro de los límites superiores e inferiores, por lo tanto la dinámica de intercepción de luz entre los tratamientos puros y mezclas fueron iguales, debido al bajo aporte de las leguminosas.

6. RESUMEN

El experimento se realizó en el departamento de Paysandú, Uruguay, Ruta 3, kilómetro 363 en UdelaR. Facultad de Agronomía. Estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni (E.E.M.A.C.) en el potrero 35. El objetivo del experimento fue evaluar la producción de materia seca y comparar la dinámica de interceptar luz de cuatro alternativas forrajeras. Las especies utilizadas fueron las gramíneas *Lolium multiflorum* (raigrás) y *Avena byzantina* (avena amarilla), y las leguminosas *Trifolium resupinatum* (trébol persa) y *Trifolium vesiculosum* (trébol flecha). El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos cada uno. Los tratamientos fueron: avena pura; raigrás puro; raigrás y leguminosas; avena, raigrás y leguminosas. Se evaluó en la estación de invierno (fines de julio a principios de agosto) y primavera (octubre a noviembre), durante el año 2016. Los resultados obtenidos indicaron una superioridad en producción de materia seca de la avena frente al raigrás, y a su vez, no se encontraron diferencias significativas en dos de los tres muestreos entre avena pura y mezclas. En lo referido a la dinámica de interceptar luz se encontró una relación lineal y positiva entre IAF e interceptación de luz, y se observó que la dinámica de interceptación de luz al comparar los tratamientos evaluados, no arrojó diferencias.

Palabras clave: Verdeos; Mezclas; Producción de forraje; Interceptación de luz; IAF.

7. SUMMARY

The study was conducted in the department of Paysandú, Uruguay, Route 3, kilometer 363 in UdelaR. Agronomy faculty. Dr. Mario A. Cassinoni experimental station (E.E.M.A.C.) in paddock 35. The objective of the analysis was to evaluate the production of dry matter and compare the dynamics of intercepting light from four forage alternatives. The species used were the grasses *Lolium multiflorum* (ryegrass) and *Avena byzantina* (yellow oats), and the legumes *Trifolium resupinatum* (Persian clover) and *Trifolium vesiculosum* (arrow clover). The experimental design was completely randomized blocks with four treatments each. The treatments were: pure oats; pure ryegrass; ryegrass and legumes; oats, ryegrass and legumes. It was evaluated in the winter season (end of July to the beginning of August), during the year 2016. The results obtained indicated a superiority in dry matter production of oats compared to ryegrass, and in turn, there are no differences in results in the available samples between the mixture. Regarding the interception dynamics, a positive and positive relationship was found between LAI and light interception, and the light interception dynamics when comparing the evaluated treatments did not show differences.

Key words: Greens; Mixtures; Forage production; Light interception; LAI.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahunchaín, M.; Restaino, E.; Cibils, R.; Risso, D. F.; Zarza, A. 1997. Verdeos de invierno: variedades doble propósito. (en línea). In: Restaino, E.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 67-76 (Serie Técnica no. 15). Consultado 12 may. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219220807114211.pdf>
2. Alcântara, P. B.; Bufarah, G. 1978. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. (en línea). San Pablo, Brasil, Camara Brasileira do Livro. 120 p. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=mP0ZteqEdcEC&pg=PA26&lpg=PA26&dq=avena+byzantina+caracteristicas&source=bl&ots=yrrtrvLaVO&sig=mtAHTYNAFgoTNBpZGtl9MRRM9lg&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwig9tHOTYfXAhUBNZAKHRpjC0c4FBD0AQhMMAc#v=onepage&q=avena%20byzantina%20caracteristicas&f=false>
3. Allen, V. G.; Batello, C.; Berretta, E. J.; Hodgson, J.; Kothmann, M.; Xianglin, L.; McIvor, J.; Milne, J.; Morris, C.; Peeters, A.; Sanderson, M. 2011. Terminología internacional para tierras de pastoreo y animales en pastoreo. (en línea). Grass and Forage Science. 66(1): 2-28. Consultado 22 jul. 2018. Disponible en http://binarystore.wiley.com/store/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x/asset/supinfo/GFS_780_sm_AppendixS2.pdf?v=1&s=08f4e52e7f472de51e85b9345968bff60a350c52
4. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t. 1, 96 p.
5. Amigone, M.; Kloster, A. M. 1997. Verdeos de invierno. (en línea). In: Latimori, N. J.; Kloster, A. M. eds. Invernada bovina en zonas mixtas. Marcos Juárez, Argentina, INTA. pp. 37-56. Consultado 18 oct. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/26-verdeos_de_invierno.pdf
6. _____.; Tomaso, J. C. 2006. Principales características de especies y cultivares de verdeos de invernales. (en línea). Marcos Juárez,

Argentina, INTA. 11 p. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-caractersticas_de_especies_y_cultivares_de_verde.pdf

7. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajas catálogo de cultivares 2010. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 038). Consultado 25 oct. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>
8. Barrios, E.; Ayala, W.; Cardozo, G. 2012. Utilización de *Trifolium vesiculosum* Sagit (Glencoe EC1) en la recría de terneros. In: Jornada Anual Unidad Experimental Palo a Pique (2012, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 49-55 (Actividades de Difusión no. 695).
9. Benítez Palazzesi, C. 2012. Filocrono y tasa de aparición foliar de 7 malezas de ciclo otoño-invernal. (en línea). Ergomix. s.p. Consultado 1 jun. 2018. Disponible en <https://www.ergormix.com/agricultura/articulos/filocrono-tasa-aparicion-foliar-t29056.htm>
10. Bianchini, A. s.f. Nutrición en verdes y pasturas. (en línea). s.n.t. 3 p. Consultado 19 oct. 2017. Disponible en https://www.google.com.uy/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjHntSo9PzWAhWDI5AKHaq0AXUQFghVMAk&url=http%3A%2F%2Fwww.ipcva.com.ar%2Ffiles%2FNutrici%25F3n%2520de%2520verdeos%2520y%2520pasturas.doc&usq=AOvVaw3EeQs_mA9SZam0JtHGeo01
11. Bigliardi, M.; Castaño, J. 2012. El éxito comienza en la siembra. (en línea). Visión Rural. no. 90: 5-10. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-vr90-el_xito_comienza_con_la_siembra.pdf
12. Borrajo, C. I. 2011a. Avena y raigrás: preparación del suelo, fecha y densidad de siembra, fertilización. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 19 oct. 2017. Disponible en <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=15326>

13. _____.; Barbera, P.; Bendersky, D.; Pizzio, R.; Ramírez M.; Maidana, C.; Zapata, P.; Ramírez, R.; Fernández, J. R. 2011b. Siembra, implantación y producción de avena y raigrás anual. (en línea). In: Verdeos de invierno. Mercedes, Argentina, INTA. pp. 8-22 (Serie técnica no. 49, parte 1). Consultado 23 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_verdeos_serie_tcnica_n_49_parte_1.pdf
14. _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2011c. Manejo del pastoreo y producción de carne. (en línea). In: Verdeos de invierno. Mercedes, Argentina, INTA. pp. 24-32 (Serie técnica no. 49, parte 2). Consultado 23 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_verdeos_serie_tcnica_n_49_parte_2.pdf
15. _____.; Alonso, S. I. 2014. Vida foliar y número de hojas por macollo en materiales de agropiro: efecto de la fenología, temperatura y nitrógeno. (en línea). In: Congreso Argentino de Producción Animal (37º., 2014, Buenos Aires). Trabajos presentados. Revista Argentina de Producción Animal. 34(supl.1): 133. Consultado 17 may. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_vida_foliar_y_numero_de_hojas_por_macollo_en_ag.pdf
16. Bossi, J.; Navarro, R. 1991. Geología del Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. t. 2, 966 p.
17. Caballero, R.; López Goicochea, E. 2011. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los rendimientos, composición y valor nutritivo del ray-grass italiano (*Lolium multiflorum*, variedad westerwoldicum). (en línea). Pastos. 10(1): 114-124. Consultado 31 oct. 2017. Disponible en <http://polired.upm.es/index.php/pastos/article/viewFile/696/689>
18. Cangiano, C. A. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. A.; Escuder, C. J.; Galli, J. R.; Gómez, P. O.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 41-63.
19. Carámbula, M.; Millot, J. C.; García, J.; Artola, A. 1978. Variedades forrajeras recomendadas. (en línea). Miscelánea CIAAB. no. 18: 140-150. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en

<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4536/1/18-PASTURAS-IV.pdf>

20. _____. 1993. Cultivos forrajeros de alta eficiencia. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 21 p. (Boletín de Divulgación no. 38). Consultado 31 may. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807155307.pdf>
21. _____.; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Carriquiry, E. 1996. Verdeos de invierno asociados. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 19 p. (Boletín de Divulgación no. 58). Consultado 13 may. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807160214.pdf>
22. _____. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
23. _____. 2003a. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
24. _____. 2003b. ¿Qué tipo de raigrás utilizar? (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 105: 52-55. Consultado 19 oct. 2017. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R105/R105_52.pdf
25. _____. 2007. Verdeos de invierno. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 178 p.
26. _____. 2010. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
27. Castro, M.; Pereyra, S.; Vera, M.; Benedetto, L. 2011. Raigrás anual (*Lolium multiflorum*): cultivares evaluados en La Estanzuela, Uruguay, durante 2010. (en línea). In: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales, perennes, período 2010. La Estanzuela, Uruguay, INIA. pp. 18-21. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2010/PubForrajerasPeriodo2010.pdf

28. _____.; _____.; _____.; Cardozo, V. 2013. Leguminosas anuales: cultivares evaluados en La Estanzuela, Uruguay, durante 2012. (en línea). In: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales, perennes, período 2012. La Estanzuela, Uruguay, INIA. p.78. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4286/1/INIA-INASE-Forrajeras-2013.pdf>
29. _____.; _____.; _____.; _____. 2015. Raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam). (en línea). In: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales, perennes, período 2014. La Estanzuela, Uruguay, INIA. pp. 19-22. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2014/PubForrajerasPeriodo2014.pdf
30. _____.; _____.; _____.; _____. 2016. Cereales para producción de forraje: cultivares de avena (*Avena byzantina* L., *Avena sativa* L. y *Avena strigosa* Schreb.) y cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.). (en línea). In: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales, perennes, período 2016. La Estanzuela, Uruguay, INIA. pp. 12-15. Consultado 31 oct. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf
31. Cibils, X.; García, A. 2017. Protección de pasturas durante la implantación. (en línea). Revista INIA. no. 48: 17-21. Consultado 4 jun. 2018 Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6573/1/revista-INIA-48-marzo-2017.p.17-21-Cibils-et-al..pdf>
32. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Lebreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. (en línea). Balcarce, Argentina, Sitio Argentino de Producción Animal. 12 p. Consultado 12 may. 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/01-proceso_crecimiento.pdf

33. Costa, M.; De Battista, J. P.; Seró, C. 2004. Verdeos de invierno, raigrás anual. (en línea). Concepción del Uruguay, Argentina, INTA. 2 p. Consultado 18 oct. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/22-verdeos_invierno_raigrass_anual.pdf
34. Cragnaz, A. 1990. Anexo 2: cultivares y especies creados y difundidos por EEA Pergamino. (en línea). In: Puignau, J. P. ed. Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el cono Sur. Montevideo, Uruguay, IICA. PROCISUR. pp. 89-92 (Diálogo no. 27). Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=KxErqi-5c5kC&pg=PA91&lpg=PA91&dq=trebol+persa+inta&source=bl&ots=vfp7qIBDzr&sig=2MdoiL0BtkdUgol5aPtoooKkBDQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiOrKy3n4nXAhWGk5AKHUw6DGYQ6AEITzAK#v=onepage&q=trebol%20persa%20inta&f=false>
35. Cuitiño, M. J.; Vera, M.; Cardozo, V. 2015. Leguminosas anuales (*Trifolium alexandrinum* L., *Trifolium resupinatum* L. y *Trifolium vesiculosum* Savi). (en línea). In: Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras: anuales, bianuales, perennes, período 2014. La Estanzuela, Uruguay, INIA. pp. 87. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2014/PubForrajerasPeriodo2014.pdf
36. Daregibus, V. A. 2007. Bases para la utilización de ecosistemas pastoriles. (en línea). In: Pezzani, F.; Lezama, F. eds. Módulo de pasturas: selección de lecturas 2011. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 57-79.
37. Da Silveira Duarte, G. 2016. Produção de trevo persa em função de épocas de semeadura e da desfolha. (en línea). Tesis pos-graduación. Pelotas, Brasil. Universidade Federal de Pelotas. Facultad de Agronomía Eliseu Maciel. 62 p. Consultado 30 may. 2018. Disponible en http://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/prefix/3041/1/TESE_Gabriela%20Duarte.pdf
38. De las Rivas, J. 2008. Luz y aparato fotosintético. Luz y fotosíntesis. In: Azcón-Bieto, J.; Talón, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. 2ª. ed. Madrid, España, McGraw-Hill. pp. 165-189.

39. de Souza, P. A.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno - primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p. Consultado 5 jun. 2018. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2013/3825sou.pdf>

40. Di Nucci de Bedendo, E.; Formento, A. N.; Velázquez, J. C. 2016. Avena: producción de forraje y comportamiento a la roya de la hoja en el oeste de Entre Ríos. Año 2015. (en línea). INTA Paraná. Serie extensión no. 78: 43-49. Consultado 23 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_parana_serie_extension_78_di_nucci_43-49.pdf

41. Durán, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 398 p.

42. Escuder, C. J. 1997. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C. A.; Escuder, C. J.; Galli, J. R.; Gómez, P. O.; Rosso, O. eds. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 65-83.

43. Fernández Mayer, A.; Lagrange, S.; Bolleta, A.; Tulesi, M.; Larrea, D. s.f. Evaluación de los diferentes estados de madurez del cultivo de avena para la obtención de heno o silaje de planta entera e alta calidad. (en línea). Bordenave, Argentina. INTA. 5 p. Consultado 30 may. 2018. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-5_avena_para_obtencion_de_heno.pdf

44. Folgar Pérez, L. H.; Vega Melgar, G. 2013. Efecto de la dotación animal sobre la producción invierno-primaveral de una pastura de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* de tercer año. (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 118 p. Consultado 1 jun. 2018. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/iah/textostesis/2013/3865fol.pdf>

45. Fontanetto, H.; Keller, O.; García, F.; Ciampitti, I. 2008. Fertilización nitrogenada en avena. (en línea). Informaciones Agronómicas. no. 38: 25-26. Consultado 19 oct. 2017. Disponible en

[http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F5322BC9A2200D108525799500775AB1/\\$FILE/6.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/F5322BC9A2200D108525799500775AB1/$FILE/6.pdf)

46. Formoso, F. 2007. Manual para la siembra directa. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 148 p. (Serie Técnica no. 161). Consultado 4 jun. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429230309160559.pdf>
47. _____. 2010. Producción de forraje de calidad de verdeos de invierno y otras alternativas de producción otoño-invernales. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 124 p. (Serie Técnica no. 184). Consultado 12 may. 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429280111152635.pdf>
48. Forratec. s.f. Raigrás Moro. (en línea). s.l. s.p. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en <https://www.forratec.com.ar/producto.php?id=36>
49. Frame, J. 1982. Efectos de los animales sobre las pasturas: pisoteo. (en línea). In: Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas (1982, La Estanzuela, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, IICA. Cono Sur/BID. pp. 53-69 (Diálogo no. 5). Consultado 28 set. 2017. Disponible en https://books.google.com.uy/books?id=ckdub25sH9QC&pg=PA53&lpg=PA53&dq=pisoteo+pasturas&source=bl&ots=HwvrEZgK_5&sig=tiB3iWqMzcmwRZ1s0iJhl1DnBRY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwir1bPni8jWAhUGh5AKHdN6CcYQ6AEIstAJ#v=onepage&q=pisoteo%20pasturas&f=false
50. Frene, R. L. s.f. Pautas técnicas para control de malezas en implantación de pasturas consociadas. (en línea). s.n.t. 10 p. Consultado 1 jun. 2018. Disponible en http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/12/dow-agrosciences-pautas-tecnicas-para-control-de-malezas-en-implantacion-de-pasturas-consociadas_3.pdf
51. García, F.; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Davarede, I. 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana: una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos. (en línea). s.n.t. 61 p. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en https://docplayer.es/57107984-Fertilizacion-de-forrajes-en-la-region-pampeana.html#show_full_text

52. García, J.; Rebuffo, M.; Formoso, F. 1991. Las forrajeras de la Estanzuela. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 7-8. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2768/1/111219240807154155.pdf>
53. Gardner, F. P.; Brent Pearce, R.; Mitchel, R. L. 1985. Physiology of Crop Plants: carbon fixation by crop canopies. (en línea). Ames, Iowa State University. pp. 31-57. Consultado 13 oct. 2017. Disponible en <http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/ecofisiologia/FIJACIN DE CARBONO POR LOS CULTIVOS.pdf>
54. Huss, D. 1993. El proceso de desertificación en las tierras de pastoreo y su reversión. (en línea). Santiago de Chile, Chile, FAO. s.p. Consultado 26 set. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/X5320S/x5320s06.htm>
55. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2017a. Registro nacional de cultivares. (en línea). Barros Blancos. s.p. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en www.inase.uy/EvaluacionRegistro/RNC/RNC.xlsx
56. _____. 2017b. Registro nacional de cultivares y registro de propiedad de cultivares. (en línea). Barros Blancos. s.p. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en www.inase.uy/files/doc.ashx?id=CDFC8A7AC7540AD3
57. _____. 2017c. Registro nacional de mezclas forrajeras. (en línea). Barros Blancos. 8 p. Consultado 13 oct. 2017. Disponible en <http://www.inase.uy/EvaluacionRegistro/RNC/RegistroNacionalMezclasForrajeras.pdf>
58. INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, CL). s.f. Trébol flecha o trébol vesiculoso. (en línea). s.l. 8 p. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en <http://biblioteca.inia.cl/medios/GEAM/fichas/FLECHA.pdf>
59. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). s.f. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium vesiculosum* GEC 1. (en línea). Canelones. 14 p. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en

http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/vesiculosum.pdf

60. _____. s.f. Catálogo de cultivares INIA de especies forrajeras: *Trifolium vesiculosum* INIA Sagit. (en línea). s.l. s.p. Consultado 30 oct. 2017. Disponible en <http://pasturas.inia.org.uy/catalogo/index.php?id=101>

61. _____. 2012. Bases del llamado a interesados para la producción y comercialización de semilla del cultivar de *Trifolium resupinatum* LE 90-33. (en línea). s.l. 15 p. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/estaciones/las_brujas/actividades/documentos/resupinatum.pdf

62. Izaguirre, P. 1995. Especies indígenas y subespontáneas del género *Trifolium* L. (Leguminosae) en el Uruguay. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 22 p. (Serie Técnica no. 58). Consultado 26 oct. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630291007115515.pdf>

63. Krüger, H.; Zilio, J.; Frolla, F. 2014. Fertilización de verdeos de invierno. (en línea). In: Real Ortellado, M. ed. Verdeos de invierno. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 18-26. Consultado 17 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-verdeos_de_invierno_1.pdf

64. Leborgne, R. 2008. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros: producción de pasturas. 2ª. ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 54 p.

65. Lopes, V.; Reis, A.; Barata, A.; Nunes, E. 2009. Morphological characterization of portuguese italian Ryegrass landraces. (en línea). Journal of Central European Agriculture. 10 (1): 89-100. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en https://icea.agr.hr/articles/704_MORPHOLOGICAL_CHARACTERIZATION_OF_PORTUGUESE_ITALIAN_RYEGRASS_LANDRACE_S_en.pdf

66. Lus, J. 2010. Calidad y manejo de raigrás. (en línea). Producir XXI. 18 (224): 24:30. Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <http://www.produccion->

animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/73-manejo_raigras.pdf

67. Maighany, F.; Ghorbanli, M.; Khalghani, J.; Nakafpour, M. 2007. Allelopathic Potential of *Trifolium resupinatum* and *T. alexandrinum* on Seed Germination of Four Weed Species. (en línea). Pakistan Journal of Biological Sciences. 10 (7):1141-1143. Consultado 26 oct. 2017. Disponible en <http://www.scialert.net/qredirect.php?doi=pjbs.2007.1141.1143&linkid=pdf>

68. Mares Martins, V. M. 1983. Aspectos del manejo de praderas: componentes del manejo de pastos. (en línea). In: Novoa, A. R. ed. Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 33-54. Consultado 26 set. 2017. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=CuEOAQAAIAAJ&pg=PA38&lpg=PA38&dq=pastoreo+rotacional&source=bl&ots=y78afSMe3t&sig=o2tknIL-jhrwdTasloDU-0pIFY0&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwik0eym-cPWAhXHQiYKHQqPBdg4ChDoAQhVMAg#v=onepage&q=pastoreo%20rotacional&f=false>

69. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: descripción de las unidades de suelos. Montevideo, Uruguay. t. 3, 452 p.

70. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Anuario estadístico 2015. (en línea). Montevideo. 215 p. Consultado 20 set. 2017. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/DieaAnterior/Anuario2015/DIEA-Anuario2015-01web.pdf>

71. Mayo, A.; Tranier, E. 2014. Calidad nutricional de verdeos de invierno y silajes de planta entera. (en línea). In: Real Ortellado, M. ed. Verdeos de invierno. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 27-32. Consultado 17 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-verdeos_de_invierno_1.pdf

72. Méndez, D. ed. 2016a. Producción de invierno. (en línea). Avances en Raigrás. 7 (7): 23. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/avances_en_raigras_2016.pdf
73. _____. 2016b. Producción de otoño. (en línea). Avances en Raigrás. 7 (7): 22. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/avances_en_raigras_2016.pdf
74. _____. 2016c. Producción de primavera. (en línea). Avances en Raigrás. 7 (7): 24. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/avances_en_raigras_2016.pdf
75. _____. 2016d. Producción total. (en línea). Avances en Raigrás. 7 (7): 33. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/avances_en_raigras_2016.pdf
76. Montossi, F.; Risso, D. F.; Pigurina, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. (en línea). In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 93-106 (Serie Técnica no. 80). Consultado 5 set. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/111219240807135431.pdf>
77. Nori, H. A. 2013. The development and growth of annual clovers for use in dryland pasture. (en línea). Thesis PhD. Canterbury, New Zealand. Lincoln University. 271 p. Consultado 31 may. 2018. Disponible en https://researcharchive.lincoln.ac.nz/bitstream/handle/10182/5634/Nori_PhD.pdf?sequence=3
78. NSW Government. DPI (New South Wales Government. Department of Primary Industries, AU). s.f. Persian clover. (en línea). Orange. s.p. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en <http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/pastures-and-rangelands/species-varieties/pf/factsheets/persian-clover>
79. Olmos López, F. 1997. Efectos climáticos sobre la productividad de pasturas en la región noreste. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 22 p. (Boletín de Divulgación no. 64). Consultado 15 may. 2018. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2764/1/111219240807160512.pdf>

80. Ovalle, C.; del Pozo, A.; Fernández, F.; Chavarría, J.; Arredondo, S. 2010. Arrowleaf Clover (*Trifolium vesiculosum* Savi): a new species of anual legumes for high rainfall áreas of the Mediterranean climate zone of Chile. (en línea). Chilean Journal of Agricultural Research. 70 (1): 170-177. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392010000100018

81. Pagliaricci, H.; Saroff, C. 2008. Morfofisiología de plantas forrajeras. (en línea). Río Cuarto, Argentina, Universidad Nacional de Río Cuarto. 34 p. Consultado 26 may. 2018. Disponible en http://www.siat.unrc.edu.ar/siat2/historial/idAula5612234562/materiales//Apunte_de_Morfofisiologia.pdf

82. Panario, M. A.; Panario, M. E.; Barbera, P.; Benítez, J. 2014. Respuesta a la fertilización nitrogenada en raigrás anual Curuzú Cuatiá 2013. (en línea). INTA. Hoja informativa no. 67. 4 p. Consultado 31 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_respuesta_a_la_fertilizacin_nitrogenada_en_raigr.pdf

83. Perozo Bravo, A. D.; Contreras Peña, D. L. 2013. Empleo de la altura del pasto para determinar el ingreso y salida de animales en sistemas intensivos de pastoreo rotativo. (en línea). In: Perozo Bravo, A. D. ed. Manejo de pastos y forrajes tropicales. Maracaibo, Venezuela, Astro Data. pp. 43-50. Consultado 16 may. 2018. Disponible en https://books.google.com.uy/books?id=gCAGCgAAQBAJ&pg=PA44&lpg=PA44&dq=IAF+senescencia&source=bl&ots=rYsDB2kZNm&sig=EfTRRdHlgK-o8_twMZeqEn4lqjY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwXps-UqIvbAhXO0VMKHUuSDelQ6AEIRDAE#v=onepage&q=IAF%20senescencia&f=false

84. Perrachón, J. 2009a. Manejo del pasto. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 130: 42- 45. Consultado 31 oct. 2017. Disponible en https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R130/R130_42.pdf

85. _____. 2009b. Pensemos en verdeos de invierno. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 132: 42-46. Consultado 2 nov. 2017. Disponible en

https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R132/R132_42.pdf

86. Raymond, W. F. 1967. Aplicación de las técnicas de digestibilidad in vitro. (en línea). In: Simposio sobre el Empleo de Animales en las Investigaciones sobre Pasturas (1º., La Estanzuela, Colonia, UY). Memorias. Montevideo, Uruguay, IICA. pp. 1-29. Consultado 31 may. 2018. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=0pkgAQAAIAAJ&pg=PA19&lpg=PA19&dq=digestibilidad+vaina+y+lamina&source=bl&ots=yIXZWlxUuq&sig=MiVan88rOeXB8NPg5KgUifHBNBQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwinre2HoLDBAhUlfpAKHVEaDekQ6AEIPTAG#v=onepage&q=digestibilidad%20vaina%20y%20lamina&f=false>
87. Reid, R. L. 1990. The manual of australian agriculture. (en línea). Brisbane, Australia, The Australian Institute of Agricultural Science. 894 p. Consultado 25 oct. 2017. Consultado 30 may. 2018. Disponible en <https://books.google.com.uy/books?id=sgPLBAAQBAJ&pg=PA272&lpg=PA272&dq=trifolium+resupinatum+maral&source=bl&ots=Enzyk1VET&sig=l tCZTjXGnob5Bx11Pu4wSaS7yk&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjQhsKc9bbVAhXBWpAKHVpWcY4ChDoAQgtMAI#v=onepage&q=trifolium%20resupinatum%20maral&f=false>
88. Rodríguez, W. 2006. Interceptación de la luz y fotosíntesis del dosel. (en línea). In: Villalobos, E. ed. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. p. irr. Consultado 12 oct. 2017. Disponible en <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/InterceptacinLuzfotosntesisdosel.pdf>
89. Rosengurtt, B.; Arrillaga, B. R.; Sierra de Soriano, B. 1960. Caracteres vegetativos y forrajeros de 175 gramíneas del Uruguay. Revista de la Facultad de Agronomía. no. 47: 39-73.
90. _____. 1979. Tabla comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Uruguay, UdelaR. Dirección General de Extensión Universitaria. 83 p.
91. Saldanha, S.; Cechini, A.; Bentancur, O. 2013. Variables morfogenéticas y estructurales de cinco cultivares de Lolium sp. (en línea). Agrociencia (Uruguay): 17 (2): s.p. Consultado 17 may. 2018. Disponible en

http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482013000200012

92. Scheneiter, J. O. s.f. El raigrás anual en las regiones pampeana y sur de la mesopotamia. (en línea). s.l., INTA. 38 p. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-el_raigs_anual_en_las_regiones_pampeana_y_sur_de.pdf

93. Sierra Posada, J. O. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. (en línea). Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia. 246 p. Consultado 13 oct. 2017. Disponible en https://books.google.com.uy/books?id=rbezH_RPHVYC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=IAF+avena&source=bl&ots=8be9JoR_k&sig=AS8eDQC5kuZLesdJZtNOYyALUAI&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiWg5uptO7WAhUKHJAKHWG1D0gQ6AEIVTAJ#v=onepage&q=IAF%20avena&f=false

94. SUL (Secretariado Uruguayo de la Lana, UY). 2011. Manual práctico de producción ovina, Formas de pastoreo. Montevideo, Uruguay. 245 p.

95. Trujillo, A. I.; Uriarte, G. 2011. Valor nutritivo de las pasturas. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p. Consultado 30 may. 2018. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/ALIMENTOS%20RUMIANTES/Trujillo Uriarte.VALOR NUTRITIVO PASTURAS.pdf>

96. UNRC. FAV (Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria, AR). s.f. *Trifolium resupinatum*. (en línea). Río Cuarto, Argentina. s.p. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en http://www.siat.unrc.edu.ar/siat2/historial/idAula5612234562/materiales/Leguminosas_Anuales_Invierno.pdf

97. UPM. ETSI Montes, Forestal y del Medio Ambiente (Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal, y del Medio Natural, ES). s.f. Efecto de la radiación sobre las plantas. (en línea). Madrid, España. 2 p. Consultado 17 may. 2018. Disponible en <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-3/EFEECTO-DE-LA-RADIACION-SOBRE-LAS-PLANTAS.pdf>

98. Vadell, J.; Medrano, H. 1986. Influencia de la radiación y la temperatura sobre la producción de gramíneas pratenses. (en línea). Pastos. 16(1-2): 205-220. Consultado 15 may. 2018. Disponible en polired.upm.es/index.php/pastos/article/download/1153/1172
99. Valderrama, G.; Alfonso, L. 1993. Manejo y utilización sostenible de pasturas. (en línea). Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Producción Animal. 8 p. Consultado 16 may. 2018. Disponible en <http://bdigital.unal.edu.co/6491/9/70009782.1993.9.pdf>
100. Velázquez, J.; Rosales, A.; Rodríguez, H.; Salas, R. 2015. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la suma térmica. (en línea). Agronomía Costarricense. 39(2): 121-129. Consultado 31 may. 2018. Disponible en http://www.mag.go.cr/rev_agr/v39n02_121.pdf
101. Villalba, N.; Hegglin, J. P. 2008. Verdeos de invierno. Implantación. (en línea). INTA. Notiganadero. 1 (2): 1-3. Consultado 18 oct. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/43-verdeos.pdf
102. Zanoniani, R. A.; Noëll, S. 1997. Verdeos en invierno. (en línea). UEDY. Cartilla no. 2. s.p. Consultado 26 set. 2017. Disponible en <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart2/Cart2.htm>
103. _____.; Ducamp, F. 2000a. Consideraciones a tener en cuenta en la elección de verdeos de invierno. (en línea). Cangüé. no. 18: 22-26. Consultado 20 oct. 2017. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/Cangue_18/22-26.pdf
104. _____.; _____.; Bruni, M. A. 2000b. Utilización de verdeos de invierno en sistemas de producción animal. (en línea). s.l., Instituto del Plan Agropecuario. s.p. Consultado 6 nov. 2017. Disponible en <http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart17/Cart17.htm#3>
105. Zarucki, I. 2012. Evaluación de la producción de semillas de diferentes cultivares de *Lolium multiflorum* Lam. (en línea). Pasturas de

América.com. s.p. Consultado 25 oct. 2017. Disponible en <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/semillas-lolium-multiflorum-lam/>

106. Zumbado Fernández, H. 2004. Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos. (en línea). La Habana, Editorial Universitaria. 437 p. Consultado 19 jul. 2018. Disponible en <https://juliocruz82.files.wordpress.com/2011/08/analisis-quimico-de-los-alimentos-mc3a9todos-clc3a1sicos.pdf>

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Producción de materia seca

21 de julio

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C. V.
kg MS/ha 21/7	48	0,51	0,47	37,85

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	913877,08	4	228469,27	11,35	<0,0001
Bloque	3657,52	1	3657,52	0,18	0,672
Tratamiento	910219,56	3	303406,52	15,08	<0,0001
Error	865196,40	43	20120,85		
Total	17779073,48	47			

Test: Tukey Alfa=0,10 D. M. S.=136,79742					
Error: 20120,8464 g. l.:43					
Tratamiento	Medias	n	E. E.		
Avena pura	606,00	12	40,95	A	
Rg.+leg.	326,50	12	40,95		B
Av.+rg.+leg.	323,75	12	40,95		B
Raigrás puro	242,67	12	40,95		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,10)					

28 de julio

Variable	N	R ²	R ² Aj.	C. V.
kg MS/ha 28/7	48	0,52	0,48	24,53

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	1246518,25	4	311629,56	11,81	<0,0001
Bloque	46812,52	1	46812,52	1,77	0,1899
Tratamiento	1199705,73	3	3999901,91	15,16	<0,0001
Error	1134471,73	43	26383,06		
Total	2380989,98	47			

Test: Tukey Alfa=0,10 D. M. S.=156,64531					
Error: 26383,0635 g. l.:43					
Tratamiento	Medias	n	E. E.		
Avena pura	825,00	12	46,89	A	
Av.+rg.+leg.	742,83	12	46,89	A	
Rg.+leg.	676,92	12	46,89	A	
Raigrás puro	403,83	12	46,89		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,10)					

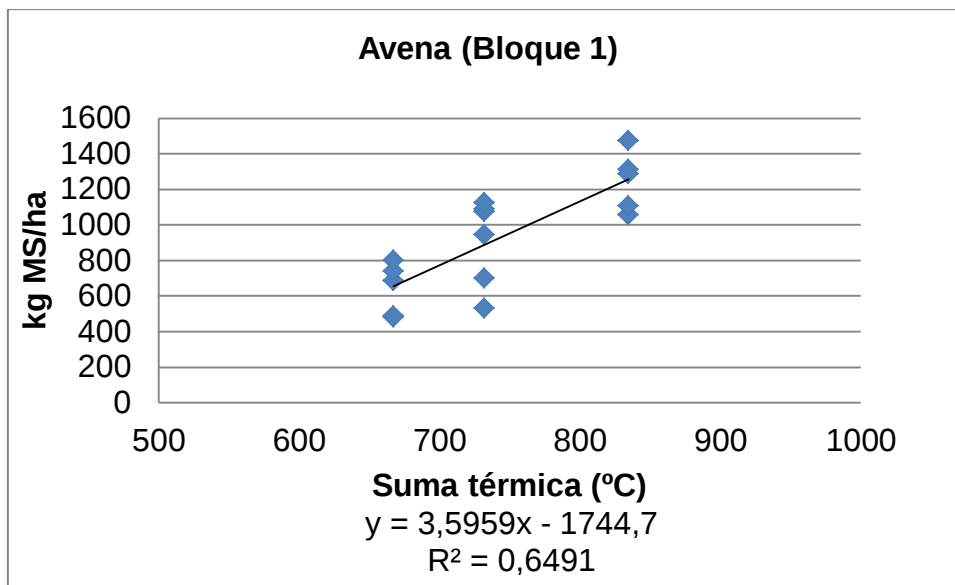
5 de agosto

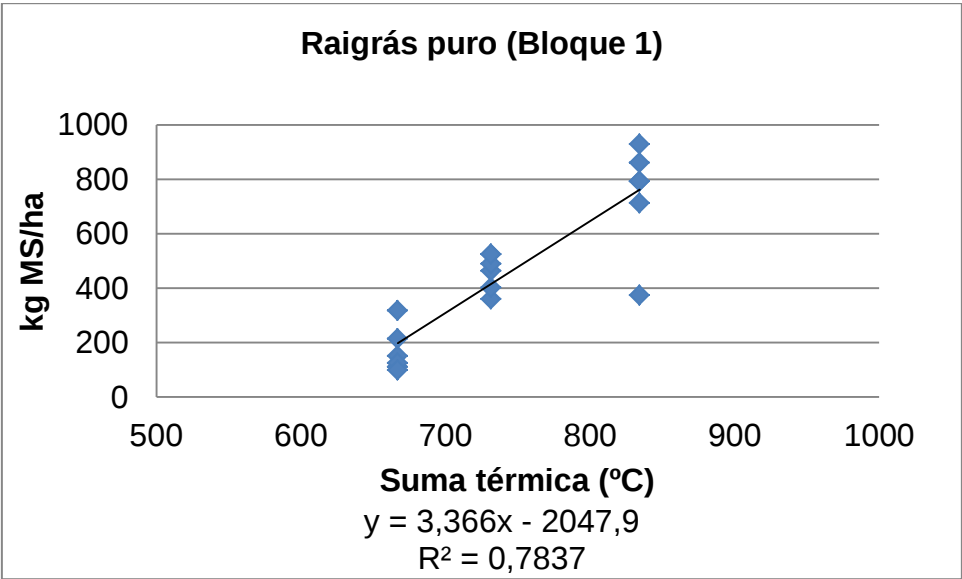
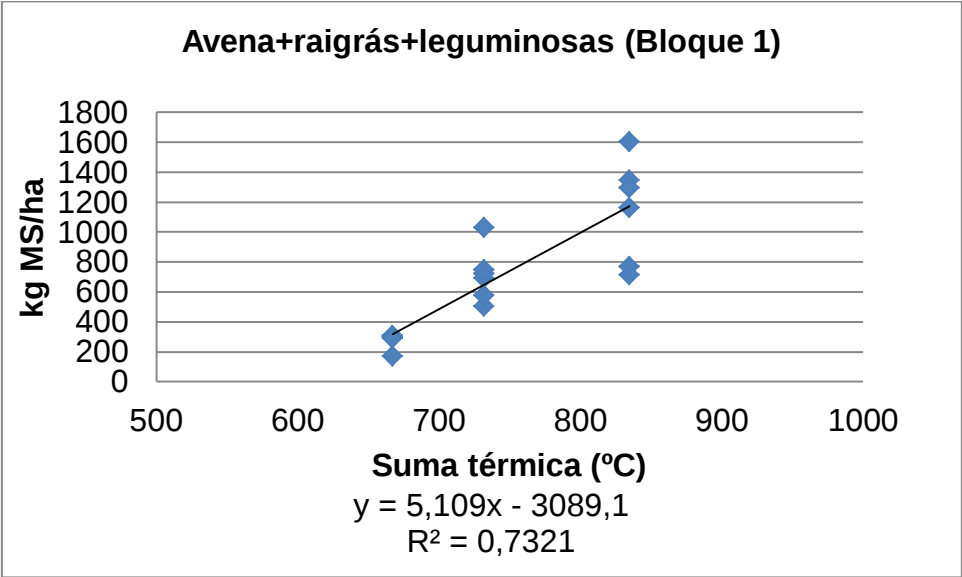
Variable	N	R ²	R ² Aj.	C. V.
kg MS/ha 5/8	48	0,34	0,28	26,15

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	1648905,50	4	412226,38	5,58	0,0010
Bloque	95944,08	1	95944,08	1,3	0,2606
Tratamiento	1552961,42	3	517653,81	7,01	0,0006
Error	3173980,42	43	73813,50		
Total	4822885,92	47			

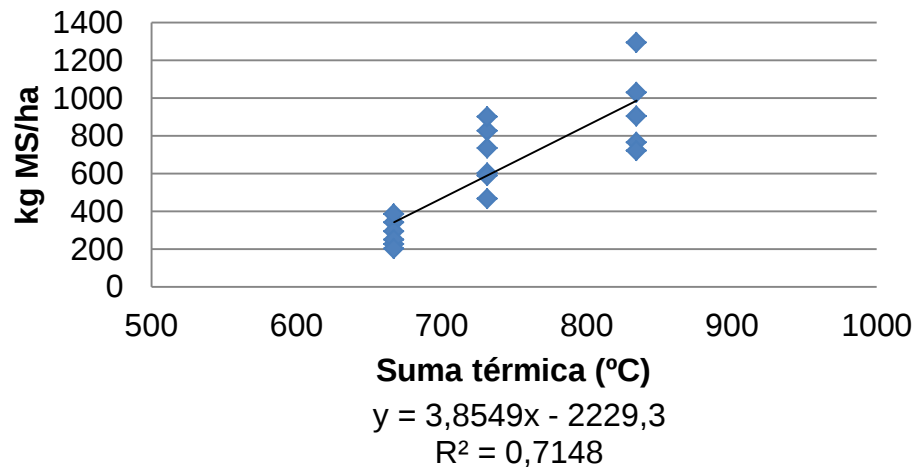
Test: Tukey Alfa=0,10 D. M. S.=262,01291					
Error: 73813,4981 g. l.:43					
Tratamiento	Medias	n	E. E.		
Avena pura	1265,58	12	78,43	A	
Av.+rg.+leg.	1088,00	12	78,43	A	
Rg.+leg.	1037,67	12	78,43	A	
Raigrás puro	763,92	12	78,43		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,10$)					

Anexo No. 2. Relación entre suma térmica y producción de materia seca

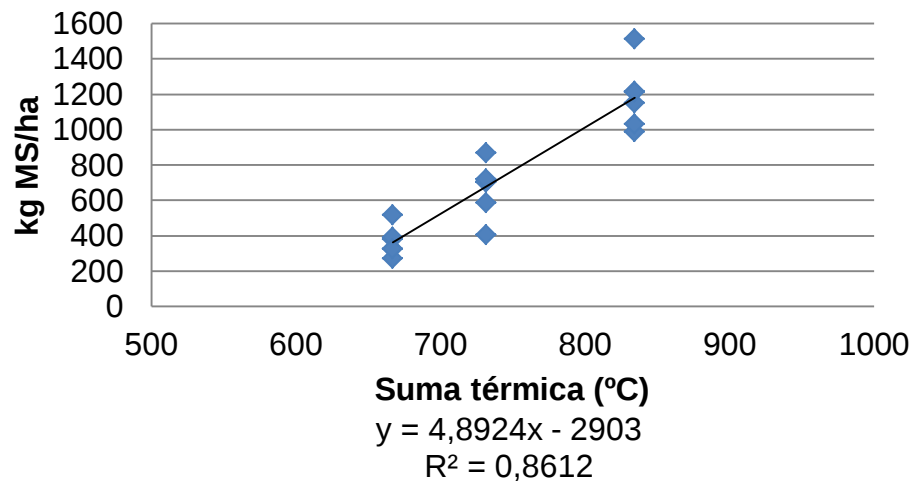


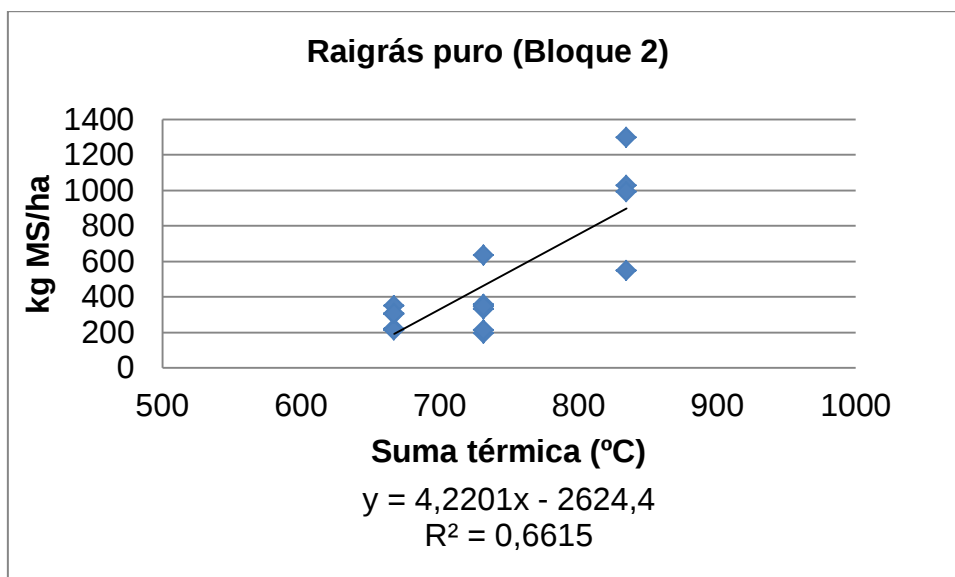
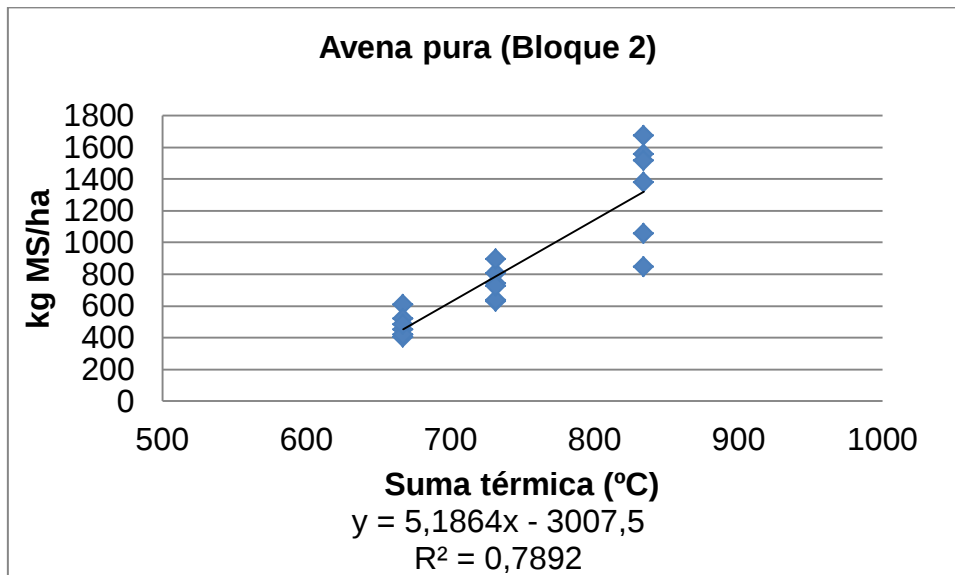


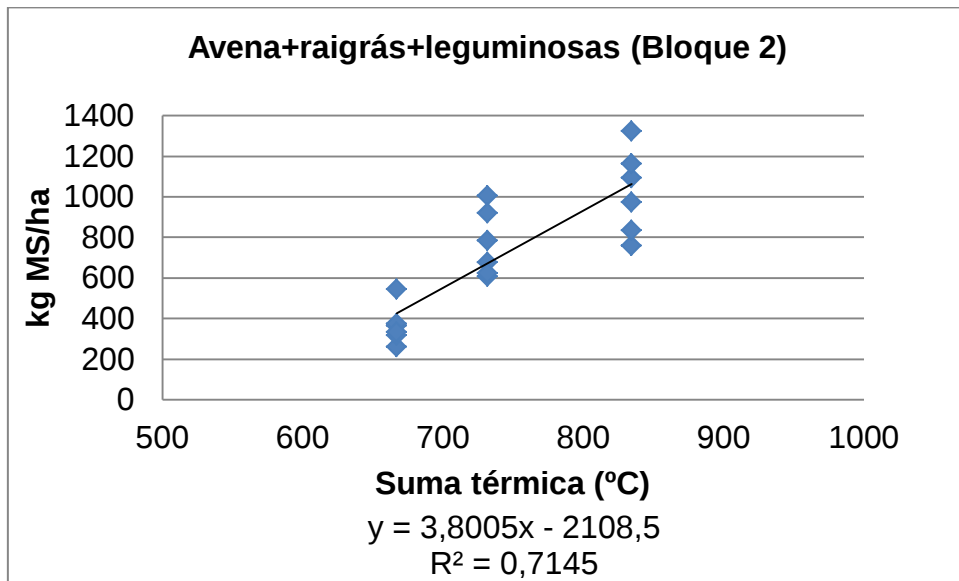
Raigrás+leguminosas (Bloque 1)



Raigrás+leguminosas (Bloque 2)







Anexo No. 3. Relación entre IAF e intercepción de luz

	Avena pura	
	IAF	1-TAU
06-oct.	1,85	67,80 %
06-oct.	2,03	72,70 %
06-oct.	1,71	67,50 %
14-oct.	2,51	75,10 %
14-oct.	3,3	85,90 %
14-oct.	2,14	69,90 %
20-oct.	2,18	74,00 %
20-oct.	2,11	81,10 %
20-oct.	1,73	76,50 %

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
TAU	9	0,54	0,47	30,61	55,99	56,58

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	54,67	7,07	37,96	71,37	7,75
IAF	9,13	3,18	1,61	16,64	2,87
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,0001				
IAF	0,024	8,33	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	160,23	1	160,23	8,24	0,0240
IAF	160,23	1	160,23	8,24	0,0240
Error	136,19	7	19,46		
Total	296,42	8			

	Raigrás puro	
	IAF	1-TAU
06-oct.	1,63	63,40 %
06-oct.	2,82	87,10 %
06-oct.	1,99	73,80 %
14-oct.	2,91	80,30 %
14-oct.	1,79	66,40 %
14-oct.	2,32	75,10 %
20-oct.	1,84	77,90 %
20-oct.	1,89	77,80 %
20-oct.	1,93	74,90 %

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
TAU	9	0,59	0,53	43,47	57,74	58,34

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	50,12	8,11	30,93	69,31	6,18
IAF	11,80	3,74	2,05	20,65	3,15
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,0005				
IAF	0,0161	9,82	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	234,96	1	234,96	9,94	0,0161
IAF	234,96	1	234,96	9,94	0,0161
Error	165,45	7	23,64		
Total	400,41	8			

	Av.+rg.+leg.	
	IAF	1-TAU
06-oct.	2,72	81,90 %
06-oct.	1,9	73,80 %
06-oct.	3,2	90,30 %
14-oct.	2,89	80,20 %
14-oct.	3,15	83,90 %
14-oct.	4,08	87,00 %
20-oct.	2,85	89,40 %
20-oct.	2,95	91,00 %
20-oct.	4,81	97,80 %

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
TAU	9	0,62	0,57	33,34	56,86	57,74

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	64,93	6,41	49,76	80,10	10,12
IAF	6,69	1,96	2,05	11,33	3,41
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	<0,0001				
IAF	0,0113	11,28	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	248,80	1	248,80	11,61	0,0113
IAF	248,80	1	248,80	11,61	0,0113
Error	150,00	7	21,43		
Total	398,80	8			

	Rg.+leg.	
	IAF	1-TAU
06-oct.	2,31	75,50 %
06-oct.	3,86	90,00 %
06-oct.	1,97	71,20 %
14-oct.	3,94	88,50 %
14-oct.	3,09	82,60 %
14-oct.	3,23	83,90 %
20-oct.	3,51	87,10 %
20-oct.	2,76	85,90 %
20-oct.	3,17	82,40 %

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
TAU	9	0,85	0,83	10,41	45,79	46,38

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	56,44	4,23	46,45	66,43	13,35
IAF	8,59	1,34	5,42	11,76	6,41
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	<0,0001				
IAF	0,0004	37,12	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	257,47	1	257,47	41,13	0,0004
IAF	257,47	1	257,47	41,13	0,0004
Error	43,82	7	6,26		
Total	301,29	8			

Anexo No. 4. Relación entre suma térmica y disponibilidad de materia seca

Avena pura

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
MS/ha	9	0,59	0,54	8296459,05	167,90	168,49

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	-30578,49	13323,27	-62083,01	926,02	-2,30
S. T.	23,31	7,28	6,08	40,53	3,20
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,0554				
S. T.	0,0151	10,09	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S .C. tipo III)					
F. V.	S. C	g. l	C. M.	F	p-valor
Modelo	50077013,64	1	50077013,64	10,24	0,0151
S. T.	50077013,64	1	50077013,64	10,24	0,0151
Error	34228753,25	7	4889821,89		
Total	84305766.89	8			

Raigrás puro

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
MS/ha	9	0,78	0,75	2592835,98	157,15	157,74

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	-29506,73	7331,42	-46842,79	-12170,67	-4,02
S. T.	19,99	4,01	10,51	29,47	4,99
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,0500				
S. T.	0,0016	22,90	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	36839184,19	1	36839184,19	24,88	0,0016
S. T.	36839184,19	1	36839184,19	24,88	0,0016
Error	10364447,36	7	1480635,34		
Total	47203631,56	8			

Avena, raigrás y leguminosas

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
MS/ha	9	0,68	0,63	9337938,07	169,99	170,58

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	-47705,77	14959,90	-83080,31	-12331,22	-3,19
S. T.	31,20	8,18	11,87	50,54	3,82
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,0153				
S. T.	0,0066	13,87	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	89776829,00	1	89776829,00	14,56	0,0066
S. T.	89776829,00	1	89776829,00	14,56	0,0066
Error	43154591,00	7	6164941,57		
Total	132931420,00	8			

Raigrás y leguminosas

Análisis de la regresión lineal						
Variable	N	R ²	R ² Aj.	E. C. M. P.	A. I. C.	B. I. C.
MS/ha	9	0,07	0,00	6323155,16	165,42	166,02

Coeficientes de regresión y estadísticos asociados					
Coef.	Est.	E. E.	L. I. (95 %)	L. S. (95 %)	T
const.	19,67	11609,67	-27432,17	27472,17	1,7E-03
S. T.	4,59	6,35	-10,41	19,60	0,72
Coef.	p-valor	CpMallows	V. I. F.		
const.	0,9987				
S. T.	0,4928	1,58	1,00		

Cuadro de análisis de la varianza (S. C. tipo III)					
F. V.	S. C.	g. l.	C. M.	F	p-valor
Modelo	1943485,00	1	1943485,00	0,52	0,4928
S. T.	1943485,00	1	1943485,00	0,52	0,4928
Error	25990163,00	7	3712880,43		
Total	27933648,00	8			