

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE DOS GRAMÍNEAS PERENNES
ESTIVALES EN MEZCLAS FORRAJERAS CONVENCIONALES**

por

Nicolás COSTA

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2015**

Tesis aprobada por:

Directora:

Lic. (PhD.) Daniella Bresciano

Co-Director:

Ing. Agr. (PhD.) Valentin Picasso

Ing. Agr. (PhD.) Laura Astigarraga

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Speranza

Ing. Agr. (PhD.) Pablo Boggiano

Fecha:

31 de julio de 2015

Autor:

Nicolás Costa Ricagno

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Daniella Bresciano y Valentín Picasso por acompañarme en todo el proceso a través de sus valiosos aportes.

A los integrantes del Tribunal de la defensa.

A Pablo Speranza, Laura Astigarraga, Mauricio Tejera, funcionarios del CRS, funcionarios de la sede central de Facultad de Agronomía y todos aquellos que facilitaron la realización de este trabajo.

A mis compañeros y compañeras que enriquecieron mi formación profesional y desarrollo personal.

A la Asociación de Estudiantes de Agronomía.

A mi familia y amigos, por acompañarme en todo momento y especialmente a Bettyna por todo su sacrificio y apoyo incondicional.

A otras personas que no quisiera omitir.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	vi
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
2.1.1. <u>Mezclas forrajeras convencionales en Uruguay</u>	2
2.1.2. <u>Principales limitantes de las mezclas convencionales</u>	2
2.1.3. <u>Inclusión de gramíneas C4 como posible solución al problema</u>	4
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.2.1. <u>Diversidad funcional y funcionamiento ecosistémico</u>	5
2.2.2. <u>Resistencia biótica</u>	6
2.3. EL GÉNERO PASPALUM.....	7
2.3.1. <u>Antecedentes nacionales</u>	8
2.3.2. <u>Antecedentes de este experimento</u>	9
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	11
3.1. LOCALIZACIÓN, DISEÑO Y ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL.....	11
3.1.1. <u>Localización</u>	11
3.1.2. <u>Diseño experimental</u>	11
3.1.3. <u>Antecedentes y manejo del área experimental</u>	11
3.1.4. <u>Caracterización del período de estudio</u>	12
3.2. METODOLOGÍA DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS.....	13
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	14
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	17
4.1. RESULTADOS.....	17

4.2. DISCUSIÓN.....	26
5. <u>CONCLUSIONES</u>	30
5.1. CONSIDERACIONES A FUTURO	30
6. <u>RESUMEN</u>	32
7. <u>SUMMARY</u>	33
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	34

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Valores de significancia (p) obtenidos para los efectos de interacción entre factores y efectos principales de los factores tratamiento y momento de las variables estudiadas	17
2. Medias de los tratamientos en el porcentaje de cobertura y biomasa aérea.....	18
3. Análisis de regresiones.....	25
Figura No.	
1. Porcentaje del área con mezclas forrajeras según edad de las mismas en Uruguay.....	4
2. Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) y promedios históricos (1972-2014) para los meses de evaluación.....	13
3. Biomasa aérea (Kg MS.ha^{-1}) en los distintos tratamientos (media de los 3 momentos).....	19
4. Biomasa aérea (kg MS.ha^{-1}) del total de especies no sembradas, en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento	21
5. Biomasa aérea de <i>C. dactylon</i> , en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento.....	21
6. Biomasa aérea del total (kg MS.ha^{-1}) de especies sembradas, gramíneas C4 y <i>F. arundinacea</i> , en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento	23
7. Regresiones lineales entre porcentaje de cobertura del total de especies no sembradas y <i>C. dactylon</i> frente al total de especies sembradas y biomasa aérea del total de especies	

no sembradas y <i>C. dactylon</i> frente a biomasa aérea de gramíneas C4.....	25
---	----

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que presentan las mezclas forrajeras convencionales en Uruguay y regiones templadas, es su enmalezamiento prematuro. Este fenómeno se da entre otros aspectos por los espacios vacíos que dejan las leguminosas invernales que no resisten situaciones de estrés hídrico, sumado a la predominancia en estas mezclas de gramíneas perennes invernales con metabolismo C3 y hábito de crecimiento cespitoso. Se genera entonces una situación favorable a la invasión de especies no deseadas, como *Cynodon dactylon*, que ante la presencia de órganos perennes de propagación y condiciones ambientales favorables, encuentra nichos “vacíos” en el espacio y en la forma de captación de recursos del ambiente en situaciones de poca competencia por parte de las especies sembradas (dada la carencia de grupos funcionales similares a *C. dactylon*), reduciendo la vida productiva de estas alternativas. Esto tiene consecuencias en los sistemas agropecuarios, entre otras se puede destacar: aumentos en los costos de producción (por necesidad de siembras cada pocos años), y disminución en el área efectiva de pastoreo en otoño, momento crítico en los sistemas de producción intensivos donde se utilizan además de mezclas forrajeras, verdeos invernales y estivales. El objetivo general de este trabajo es estudiar el efecto de la incorporación de gramíneas perennes estivales del género *Paspalum* con tipos vegetativos contrastantes (*P. dilatatum*, cespitoso y *P. notatum*, estolonífero) en mezclas forrajeras convencionales. Específicamente se pretende:

1. Evaluar la composición y abundancia de especies sembradas en términos de biomasa aérea y porcentaje de cobertura relativa.
2. Evaluar composición y abundancia de las especies no sembradas en términos de biomasa aérea y porcentaje de cobertura relativa.
3. Analizar la relación entre la composición y abundancia de especies sembradas y no sembradas, y entre las especies sembradas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1. Mezclas forrajeras convencionales en Uruguay

Las mezclas forrajeras convencionales constituyen una alternativa muy utilizada para afrontar la falta de forraje en cantidad y calidad en sistemas intensivos de producción (Carámbula, 2003). Según MGAP. DIEA (2011), para ese año se registraron un total de 958.688 ha sembradas con praderas plurianuales artificiales, de las cuales 821.627 ha (86%) se correspondían a mezclas forrajeras, representando el 5% del total de la superficie explotada en el país.

Generalmente estas mezclas están constituidas por gramíneas invernales y leguminosas tanto de ciclo invernal como estival, en busca de obtener los máximos rendimientos posibles de materia seca por hectárea, aprovechando eficientemente las características que ambas familias aportan a la producción animal. En este sentido, las gramíneas aportan: productividad sostenida por muchos años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación del nitrógeno fijado por las leguminosas, estabilidad en la pastura, baja sensibilidad al pastoreo y corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y una menor vulnerabilidad a la invasión de malezas. Por su parte las leguminosas aportan: capacidad de ceder nitrógeno proveniente de la fijación simbiótica a las gramíneas, alto valor nutritivo en la oferta de forraje que satisface la mayoría de las necesidades proteicas de las producciones animales y un efecto en la promoción de la fertilidad de los suelos naturalmente pobres o degradados por malos manejos (Carámbula, 2003). Un claro ejemplo de ello es la mezcla convencional formada por *Festuca arundinacea* (gramínea perenne invernal), *Trifolium repens* (leguminosa invernal) y *Lotus corniculatus* (leguminosa estival).

En este tipo de pasturas, las máximas producciones de materia seca se dan en primavera donde la mayoría de las especies entran en estado reproductivo, mientras que los mínimos valores de producción se registran durante el verano. La producción invernal es mayor a la de verano y dependiendo del nivel de fertilidad de los suelos, puede aproximarse a la entrega de forraje de otoño (Carámbula, 2003).

2.1.2. Principales limitantes de las mezclas convencionales

Si bien esta alternativa puede ser de gran valor para los sistemas productivos, presenta ciertas limitantes que condicionan los buenos resultados y su uso. Algunas de las limitantes son: problemas de implantación, falta de

equilibrio entre gramínea y leguminosa, evolución hacia una estacionalidad marcada, baja persistencia y estabilidad, enmalezamiento prematuro, entre otras (Carámbula, 2003).

Según Carámbula (2003), las posibles causas del enmalezamiento prematuro de las pasturas mixtas radican en el incremento sensible de la población de especies invasoras por el banco de semillas y/u órganos perennes en los suelos, por el aumento de la fertilidad debido a la fertilización fosfatada, al aumento del nitrógeno aportado por las leguminosas y a los espacios libres que éstas dejan en verano, dada su sensibilidad a las sequías. La velocidad así como la intensidad del proceso de enmalezamiento depende en gran medida del tipo de mezcla. Aquellas con especies anuales son más infestadas que las que están compuestas por componentes perennes.

La gran mayoría de las praderas convencionales están formadas por especies templadas con metabolismo C3, en un ambiente que favorece a las especies subtropicales con metabolismo C4, por lo que se genera un desbalance en determinados momentos del año. La falta de especies perennes estivales, es entonces, un agravante que potencia el riesgo de enmalezamiento prematuro (Carámbula, 2003).

Como se señalado anteriormente, el típico fin de una pastura perenne está asociado a la muerte de las especies sembradas, particularmente las leguminosas y especialmente el *Trifolium repens* durante los períodos secos de los veranos y la ocupación de dichos nichos, ricos en nitrógeno, por *Cynodon dactylon*, especie perenne de ciclo primavera-estival, rizomatosa y de fisiología C4 (Ríos et al., 1996) que ha sido catalogada en su momento como la principal maleza problema del Uruguay dado su alto grado de agresividad (Ríos y Giménez, 1990). La invasión de *C. dactylon* en una pastura sembrada está estrechamente asociado a la ausencia de gramíneas productivas perennes que compitan con ella por dichos nichos (García, 1995). Esta especie detiene su crecimiento a fines de otoño con las primeras heladas, dejando las áreas por ella ocupadas improductivas durante una de las épocas con mayor déficit forrajero del año.

En el año 2011 solamente el 7% del área con praderas artificiales plurianuales (57.460 ha) tenían más de 3 años (MGAP.DIEA, 2011, Figura 1). Este dato pone de manifiesto la corta vida de las mezclas utilizadas hoy día en nuestro país.

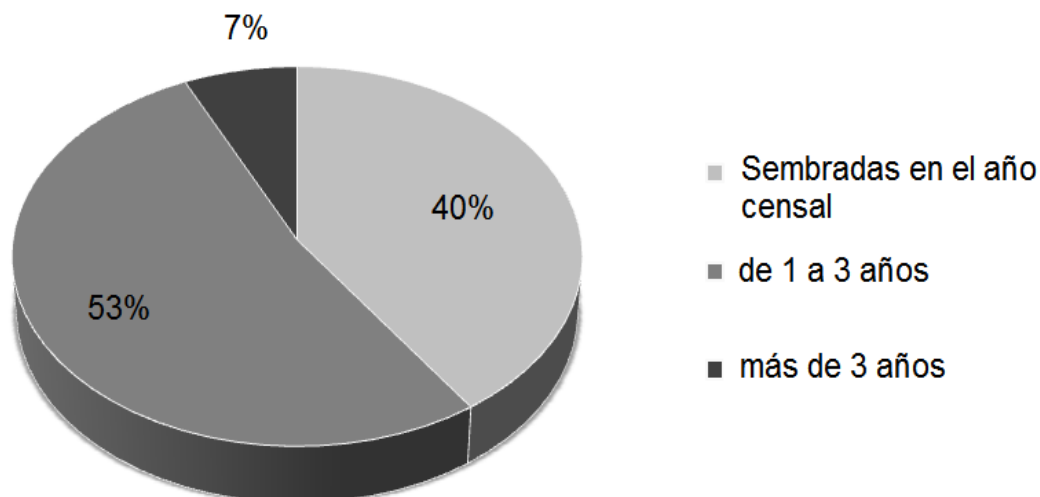


Figura 1. Porcentaje del área con mezclas forrajeras según edad de las mismas en Uruguay (datos del Censo General Agropecuario, MGAP. DIEA, 2011).

2.1.3. Inclusión de gramíneas C4 como posible solución al problema

El rol de las especies residentes puede ser analizado a través de la determinación de tipos funcionales de plantas. Se definen como tales aquellos grupos de plantas con similares efectos en el funcionamiento de los ecosistemas (Gitay y Noble, 1997) o similares respuestas a las perturbaciones (Friedel et al., 1988). Plantas que generan efectos similares en los procesos ecosistémicos (productividad primaria, transferencias tróficas y ciclado de nutrientes) son agrupados por tipos de efectos funcionales, al tiempo que grupos de especies que responden en forma similar a las perturbaciones pueden ser agrupados por tipo de respuesta funcional. Se considera que para conservar resiliencia en los ecosistemas, entendida como la capacidad de éstos de absorber perturbaciones, pudiendo volver a su estado original después de terminada dicha perturbación (Holling, 1973), es fundamental que exista variabilidad en respuestas de las especies dentro de los tipos funcionales (Chapin et al. 1997, Díaz y Cabido 2001).

Trabajos enmarcados en la hipótesis de resistencia biótica han generado evidencias acerca de la limitación de la invasión por superposición de grupos funcionales (Tilman 1997, Naeem et al. 2000, Fargione et al. 2003, Davies et al. 2005). Es posible que especies nativas que integren el mismo grupo funcional que especies exóticas sean más efectivas en limitar la invasión a través de la pre-ocupación de nichos (Bakker y Wilson, 2004). En tal sentido se ha comprobado que existe una correlación negativa entre la biomasa de especies invasoras y la presencia de especies nativas C4 (Fargione y Tilman, 2005).

La inclusión de *P. dilatatum* y *P. notatum* (ambas gramíneas perennes nativas de ciclo estival con metabolismo C4), que en concordancia con lo expresado anteriormente, corresponderían al mismo grupo o tipo funcional que *C. dactylon*, ejercería una competencia por la captación de recursos con ésta, reduciendo su población, cobertura y biomasa al tiempo que aportaría mayor producción que las mezclas forrajeras sin la inclusión de dichas gramíneas nativas. Esto determinaría un menor enmalezamiento de verano y mayor mantenimiento de las poblaciones de especies sembradas, lo que se traduciría en una mayor persistencia de la pastura.

Diferencias en atributos morfofisiológicos como el tipo vegetativo de especies que pueden pertenecer a un mismo grupo funcional, como es el caso de *P. notatum* y *P. dilatatum*, pueden reflejar diferencias en el funcionamiento ecosistémico. En este sentido Leoni et al. (2009), luego de evaluar la tasa de crecimiento relativo y otros atributos relacionados a esta variable, de distintas especies de gramíneas con hábitos de crecimiento contrastantes, concluyen que ciertos atributos de las especies explican patrones de productividad a nivel del ecosistema. Las especies de hábito de crecimiento cespitoso presentaron mayor potencial para producir forraje frente al pastoreo, aunque durante un corto periodo de tiempo ya que la acumulación de biomasa detiene su crecimiento, logrando tasas de crecimiento relativo cada vez menores, mientras que las especies postradas mantienen sus tasas de crecimiento relativo constantes.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Diversidad funcional y funcionamiento ecosistémico

La diversidad funcional se define como el valor, rango, distribución y abundancia relativa de los caracteres funcionales de los organismos que constituyen un ecosistema (Díaz et al., 2007). Los caracteres o rasgos funcionales son características morfológicas, fisiológicas y/o fenológicas de los organismos, que influyen en su crecimiento, reproducción y supervivencia y/o en los efectos de dicho organismo en el ecosistema (Lavorel y Garnier 2002, Cornelissen et al. 2003, Violle et al. 2007). La diversidad funcional comprende dos componentes: la riqueza funcional definida como el número de grupos funcionales presentes en un área, o proporción del área cubierta por un determinado grupo, y la composición funcional, esto es, la presencia o ausencia de ciertos grupos funcionales (Mouillot et al., 2005).

Un número creciente de autores considera que la composición funcional de las comunidades biológicas debería explicar más sobre sus respuestas al ambiente y sus efectos ecosistémicos que la diversidad de especies (Grime 1998, Díaz y Cabido 2001, Tilman 2001, Hooper et al. 2005, Hillebrand y

Matthissen 2009). Asimismo, no todas las especies son igualmente importantes en sus contribuciones a los procesos ecosistémicos siendo unas pocas las responsables de la mayor parte del funcionamiento ecosistémico (Díaz y Cabido, 2001). Por lo anterior, las adiciones y pérdidas de especies serán más contundentes, cuanto más representativas sean estas especies del grupo funcional al que pertenecen. En tal sentido, la incorporación de especies que representen un nuevo grupo funcional puede cambiar significativamente el funcionamiento ecosistémico (Díaz y Cabido, 2001).

La investigación en mezclas forrajeras, ha mostrado resultados positivos del aumento de la diversidad en la productividad y otras variables agronómicas (Hector et al. 1999, Loreau et al. 2001, Picasso et al. 2008). Si bien en mezclas que incluyen especies agronómicas altamente productivas se observó que la producción puede ser alta tanto a altos como bajos niveles de diversidad (Picasso et al., 2008), las mezclas más complejas son capaces de maximizar otras funciones ecosistémicas como ser distribución temporal de la producción, persistencia, resistencia a la invasión de malezas y tolerancia a fluctuaciones ambientales (Sanderson, 2004).

2.2.2. Resistencia biótica

La hipótesis de resistencia biótica, formulada por Elton (1958), propone que las comunidades más diversas presentan una explotación más completa de los recursos, y por lo tanto son más resistentes a la invasión. Esta hipótesis, también conocida como “hipótesis de diversidad– invasibilidad”, se ha puesto a prueba en numerosas investigaciones (Elton, Levine y D’Antonio, Stohlgren et al., Hector et al., Kennedy et al., Chaneton et al., Fargione et al., Zavaleta y Hulvey, Perelman et al., Petermann et al., citados por Bresciano, 2014b), algunas de las cuales han demostrado consistencia sobre la relación positiva entre la diversidad de la comunidad residente y la resistencia a la invasión a escala local (Hector et al., Lyons y Schwart, Fargione et al., Hooper et al., Friedley et al., citados por Bresciano, 2014b).

Otra visión de la hipótesis de resistencia biótica, propone que la identidad de las especies dominantes así como la composición funcional de la comunidad determinan la resistencia a la invasión (Grime 1998, Fargione et al. 2003, Smith et al. 2004, Emery y Gross 2006, Hillebrand et al. 2008). Las comunidades pueden ser caracterizadas por su estructura de abundancia-diversidad de especies (Whittaker, 1965). La distribución de abundancias de especies refleja una distribución de rasgos en la comunidad, en donde los rasgos de las especies dominantes estarían influyendo fuertemente sobre diversos procesos del ecosistema y sobre la interacción entre las especies presentes en esa comunidad (Grime 1998, Hillebrand et al. 2008, Mokany y Roxburgh 2008). Por lo tanto, el tipo de interacción que se establezca entre las

especies residentes dominantes y las especies invasoras definiría la susceptibilidad de la comunidad a la invasión.

Otro aspecto a resaltar son las perturbaciones en las comunidades y su efecto en la resistencia a la invasión. En este sentido existen numerosos trabajos que indican que, independientemente de los atributos de la comunidad residente, la susceptibilidad a la invasión puede ser modificada por la ocurrencia de perturbaciones (Hobbs 1989, Hobbs y Huenneke 1992, Alpert et al. 2000, Levine 2000). Las perturbaciones generan remoción de biomasa y como consecuencia, es esperable que las interacciones de competencia inter específicas disminuyan a consecuencia de una menor utilización de los recursos (White y Pickett, 1985). Davis et al. (2000), plantean la hipótesis de recursos fluctuantes, en la cual proponen que una disminución en la utilización de recursos o un aumento en la provisión de éstos, genera oportunidades para la invasión de especies. Esto quiere decir que los sistemas afectados por disturbios frecuentemente ofrecen más oportunidades de invasión que aquellos sin disturbios o menos perturbados. Relacionado con lo anterior, cuanto mayor es la disponibilidad de recursos no utilizados, la comunidad se torna más susceptible a la invasión (Davis et al. 2000, Shea y Chesson 2002). No obstante, se ha observado que el éxito de la invasión en sistemas con perturbaciones, depende también de la disponibilidad de propágulos y de los rasgos de las especies invasoras, lo cual define la probabilidad de éxito durante la etapa de colonización que se da a posteriori de una perturbación (Chaneton et al. 1988, Belyea y Lancaster 1999, Levine 2000, Walker et al. 2005, Buckley et al. 2007).

2.3. EL GÉNERO PASPALUM

El género *Paspalum* comprende alrededor de 330 especies (Clayton y Renvoize, 1986) distribuidas en regiones tropicales y subtropicales de América, presentando una mayor diversidad específica en Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. La mayoría de ellas son especies perennes estivales y constituyen el género más representativo del ecosistema campo en Uruguay, encontrándose dentro de los géneros más abundantes en los tapices vegetales del país (Milot et al., 1987), siendo *P. dilatatum* y *P. notatum* las especies más importantes y que presentan una mayor respuesta a las prácticas de manejo. Más recientemente Lezama et al. (2006) proponen al género *Paspalum* como uno de los más abundantes de la región centro y noreste del país. Todo lo anterior pone de manifiesto el potencial de uso en mezclas forrajeras de especies de este género en nuestra región, dada su gran adaptación a nuestras condiciones. Hace ya tiempo, Rosengurtt (1943), Bennett y Bashaw (1966) dijeron que prácticamente todas las características deseables en una planta forrajera pueden encontrarse presentes en especies del género *Paspalum*. De

todas maneras, Pizarro (2002) sostiene que las principales limitaciones para el uso comercial de este género son: el escaso conocimiento de su potencial forrajero, la falta de consistencias en los resultados así como de continuidad en la investigación sobre su manejo y la falta de producción estable de semilla de buena calidad.

En este trabajo, se plantea como especies postulantes a cubrir la demanda de gramíneas estivales a dos especies de este género: *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum*. En particular *P. dilatatum* es una especie de hábito cespitoso, que se adapta bien a los diferentes suelos y a un amplio rango de condiciones en el mismo, siendo tolerante a la humedad excesiva y al mismo tiempo resistente a sequías moderadas (Rosengurt et al. 1970, Carámbula 1971). En cuanto a su potencial para ser incluido en mezclas, Bennet (1941) señala que las características morfológicas de *P. dilatatum* permite su asociación con otras especies, dado su hábito cespitoso que forma grupos de matas y no cubre totalmente el suelo.

Por su parte *P. notatum* presenta hábito de crecimiento postrado con presencia de estolones y es considerada como una gramínea agresiva y con un sistema radicular profundo, que se adapta a suelos livianos y arenosos, de baja fertilidad y alta saturación en aluminio. También se adapta bien a suelos con pH ácido (Rechigl et al., 1993). Un aspecto en el que varios autores coinciden y que tiene que ver con su potencial forrajero y su inclusión en mezclas es que las características del follaje, el contenido de materia seca y proteína y la resistencia al corte están relacionados de manera directa con la aceptabilidad de esta especie por parte de animales en pastoreo (Arnold 1962, Theron y Boysen 1966, Murray 1984).

Más allá de las características antes mencionadas, *P. dilatatum* y *P. notatum* son capaces (potencialmente) de competir de manera eficiente por los espacios y los recursos del ambiente con *C. dactylon*, ya que son todas gramíneas perennes estivales de metabolismo C4 con similitudes en la captación y aprovechamiento de recursos, por lo que es posible pensar que la inclusión de estas gramíneas estivales en las mezclas disminuirían el riesgo de enmalezamiento estival causado por *C. dactylon*.

2.3.1. Antecedentes nacionales

Existen diversas investigaciones nacionales que se centran en estudiar la inclusión de especies del género *Paspalum* en Uruguay. En este sentido, Terra (1973) analizó distintas mezclas forrajeras con y sin la inclusión de *P. dilatatum*, y concluyó que su incorporación en mezclas resultó favorable, mejorando la producción estacional primavera-estivo-otoño. Otro aspecto importante es que esa mejora en la producción fue alcanzada sin generar

competencia con otras especies sembradas durante el período invernal. Por su parte Santiñaque y Carámbula (1981) evaluaron el efecto de la incorporación de una mezcla de especies de ciclo estival (*P. dilatatum* y *Lotus corniculatus*) a diferentes mezclas de especies de ciclo invernal. Estos autores concluyen que la incorporación de dicha mezcla de especies estivales genera una producción significativamente mayor y más uniforme durante el año, además de un porcentaje de malezas marcadamente inferior en comparación con las mezclas sembradas únicamente con especies invernales, que estaría explicada por la complementariedad entre las especies y sus períodos de máxima producción, poniendo especial énfasis en la contribución de *P. dilatatum*. Otra investigación nacional, fue la realizada por García (1995), donde evaluó distintas mezclas forrajeras en dos ambientes, uno con alto nivel de infestación con *Cynodon dactylon* y otro con bajo nivel de infestación de dicha especie. Comprobó que de la mezcla forrajera más productiva fue la que presentaba *P. dilatatum* (*Phalaris aquatica* + *Paspalum dilatatum* + Leguminosas) y que las únicas mezclas en el ambiente de bajo nivel de infestación de *C. dactylon* que no presentaron problemas de malezas fueron las que contenían *P. dilatatum*.

2.3.2. Antecedentes de este experimento

La investigación del presente trabajo fue realizada en un experimento sembrado entre fines de 2009 y principios de 2010. A diferencia de las investigaciones anteriores, que fueron realizadas en parcelas experimentales pequeñas, este trabajo es realizado en parcelas de mayor tamaño con el fin de poder acercarse lo más posible a situaciones productivas y que las conclusiones del mismo puedan expresarse en términos de recomendaciones de manejo. Además de esta tesis, en este experimento han sido realizadas otras tesis evaluando diferentes años del desarrollo de las mezclas con distintos enfoques, intentando aportar desde diversos ángulos al estudio de una misma problemática. Tejera (2011) evaluó diversas variables agronómicas y ecológicas durante el verano del primer año de la pastura, concluyendo que no se detectaron efectos significativos en la invasión o la biomasa de las pasturas pero que la adición de las especies del género *Paspalum* aumentó la estabilidad temporal del tapiz vegetal en una época crítica y seca, logrando una cobertura más homogénea y menos susceptible a las condiciones ambientales severas que las mezclas convencionales. La mezcla con *P. notatum* tuvo tendencia a una mayor cobertura del tapiz vegetal, menor enmalezamiento y mayor estabilidad que las mezcla con *P. dilatatum*, aunque esta última se adaptaría mejor a la inclusión en mezclas por ejercer una menor competencia con otras especies sembradas (por su hábito cespitoso).

Sin embargo, López (2012), concluye que la incorporación de *Paspalum* en mezclas forrajeras convencionales generó un aumento estival del forraje

disponible sin afectar su producción invernal y sin generar variaciones en la dinámica poblacional del resto de las especies sembradas, que afecte de manera negativa la producción total anual de forraje de las mezclas.

Posteriormente, Tejera (2014), estudió en el mismo experimento un período más prolongado (14 evaluaciones de biomasa y cobertura entre noviembre de 2010 y abril de 2013). La inclusión de especies del género *Paspalum* en mezclas convencionales mostró diferentes comportamientos según la especie considerada. Las mezclas con *Paspalum* presentaron una oferta forrajera similar entre ellas y a la mezcla convencional. Sin embargo las mezclas con *P. notatum* tuvieron una mayor cobertura otoñal y un bajo desempeño invernal, explicado por el denso tapiz que genera esta especie excluyendo a la gramínea invernal. Mientras tanto, si bien la inclusión de *P. dilatatum* no produjo grandes incrementos de forraje, su baja competencia con la gramínea invernal permitió una mezcla menos susceptible a las condiciones y oscilaciones estacionales, por lo que *P. dilatatum* puede tener un rol primordial en las pasturas al aumentar la producción en momentos claves sin perjudicar el desempeño en el resto de las estaciones (Tejera, 2014).

Las hipótesis que sustentan el trabajo son:

1. La adición del género *Paspalum*, grupo funcional gramínea perenne estival, a las mezclas forrajeras, logrará una mayor cobertura y biomasa, debido a que estas especies son más eficientes en el uso de los recursos en comparación con la mezcla convencional.
2. La adición del grupo funcional gramínea perenne estival, logrará la exclusión de especies no sembradas, lo cual disminuirá la cobertura y biomasa de las mismas.
3. El porte postrado (estolonífero) de *P. notatum* logrará una mayor cobertura y una exclusión más eficaz de las especies no sembradas en relación al porte cespitoso de *P. dilatatum*.
4. Las gramíneas perennes estivales, establecerán una relación negativa con el porcentaje de cobertura y biomasa de *C. dactylon* así como con el total de especies no sembradas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN, DISEÑO Y ANTECEDENTES DEL ÁREA EXPERIMENTAL

3.1.1. Localización

La investigación fue realizada en la Estación Experimental Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República, situada en la localidad de Joanicó, departamento de Canelones (coordenadas: S 34° 36 " W 56° 13 ").

La unidad de suelos sobre la cual se instaló el experimento fue Tala-Rodriguez, donde los suelos predominantes son Vertisoles Típicos, Lúvicos y Brunosoles Éútricos Típicos con grados de erosión e2 y e3, y pendientes entre 1,5 a 3 % (Altamirano et al., 1976).

3.1.2. Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones y tres momentos de evaluación. Cada unidad experimental (parcela) tuvo un área de 0,96 ha.

Se aplicaron tres tratamientos: mezcla convencional (MC) de *Festuca arundinacea*, cv Tacuabé, *Trifolium repens*, cv. Zapicán y *Lotus corniculatus*, cv INIA Draco; mezcla convencional + *Paspalum notatum* cv. Pensacola (MCPN) y mezcla convencional + *Paspalum dilatatum* sin identidad varietal (MCPD). Se realizaron 3 sub-muestreos de porcentaje de cobertura relativa y biomasa aérea de las especies sembradas, de las especies no sembradas presentes y del área ocupada por restos secos y suelo desnudo. Las fechas en que se realizaron dichos sub-muestreos fueron 19-20/12/2013 (Momento 1), 12-13/02/2014 (Momento 2) y 5-6/05/2014 (Momento 3).

3.1.3. Antecedentes y manejo del área experimental

El experimento fue establecido en 2009, con mediciones durante diciembre de 2013 y mayo de 2014. Previo a la siembra se realizaron cuatro aplicaciones de glifosato (sal isopropilamina). Las tres primeras se llevaron a cabo en todas las parcelas del ensayo, a fines de octubre, primer y tercer semana de diciembre 2009, dirigida al control de gramíneas estivales (*Echinochloa crusgalli* y *Digitaria sanguinalis*). La dosis utilizada fue 4 L.ha⁻¹ de producto comercial (360 g.L⁻¹ de principio activo) en cada una de las aplicaciones. La última aplicación fue el 17 de marzo de 2010 únicamente en parcelas destinadas a la MC (previo a su siembra) con igual dosis que las aplicaciones precedentes. En la misma fecha también se aplicó Gramaxone

(Paraquat) en parcelas con MCPD y MCPN la dosis utilizada fue de 1,0 L.ha⁻¹ de producto comercial (275 g.L⁻¹ de principio activo). También fue realizado tratamiento mecánico que consistió en una pasada de rotativa y rastra de dientes para limpiar rastrojos en parcelas con MCPD y MCPN el 12 de abril del 2010.

Las gramíneas estivales fueron sembradas el 11 de diciembre de 2009 en las parcelas destinadas a MCPN y MCPD, con una densidad de siembra de 19,5 kg.ha⁻¹ y 15 kg.ha⁻¹ para *P. dilatatum* y *P. notatum* respectivamente. El método utilizado fue de siembra directa utilizando una sembradora Semeato SHM 11/13 15/17 en líneas a 17 cm de distancia y una profundidad de siembra de 1,0 – 1,5 cm.

Junto con la siembra se realizó una fertilización con una dosis de 100 kg.ha⁻¹ de fertilizante 7N–40P–0K. Debido a la baja implantación de *P. dilatatum* (observación visual) se realizó una resiembra de dicha gramínea el 3 de mayo con una densidad de siembra de 30 kg.ha⁻¹ (semilla sin peletear), mediante siembra directa a una profundidad de 1,0 – 1,5 cm.

La gramínea invernal y las leguminosas fueron sembradas el 30 de abril del 2010 en todas las parcelas del ensayo sobre suelo totalmente descubierto de especies espontáneas. Se utilizó una densidad de siembra de 15 kg.ha⁻¹ para trébol blanco (*Trifolium repens* cv. Zapican) 12 kg.ha⁻¹ para lotus (*Lotus corniculatus* cv. INIA Draco) y 10 kg.ha⁻¹ de festuca (*Festuca arundinacea* cv. Tacuabé) mediante siembra directa y con una fertilización inicial de 120 kg.ha⁻¹ de fertilizante 7N–40P–0K.

El ensayo fue pastoreado tres veces durante el período evaluado. El primero fue a fines de diciembre de 2013 y principios de enero de 2014, el segundo se realizó entre el 15 y el 22 de febrero de 2014, y el último a principios de mayo de 2014. Todos los pastoreos fueron realizados con el lote de cola del tambo del Centro Regional Sur, compuesto por 80 vacas en lactación, y una vez retiradas del ensayo, se procedía a aplicar rotativa. Durante el período experimental se re-fertilizó la pastura con 40 kg.ha⁻¹ de 46N-0P-0K, después del pastoreo realizado en febrero de 2014.

3.1.4. Caracterización del período de estudio

En la Figura 2 se muestra la comparación entre las precipitaciones acumuladas mensuales registradas durante el período de duración de las mediciones y los promedios históricos (1972-2014) para la zona (Estación meteorológica de INIA Las Brujas, Canelones). Esta comparación permite catalogar al período durante el cual se realizaron los sub-muestreos como una situación de abundante disponibilidad de agua.

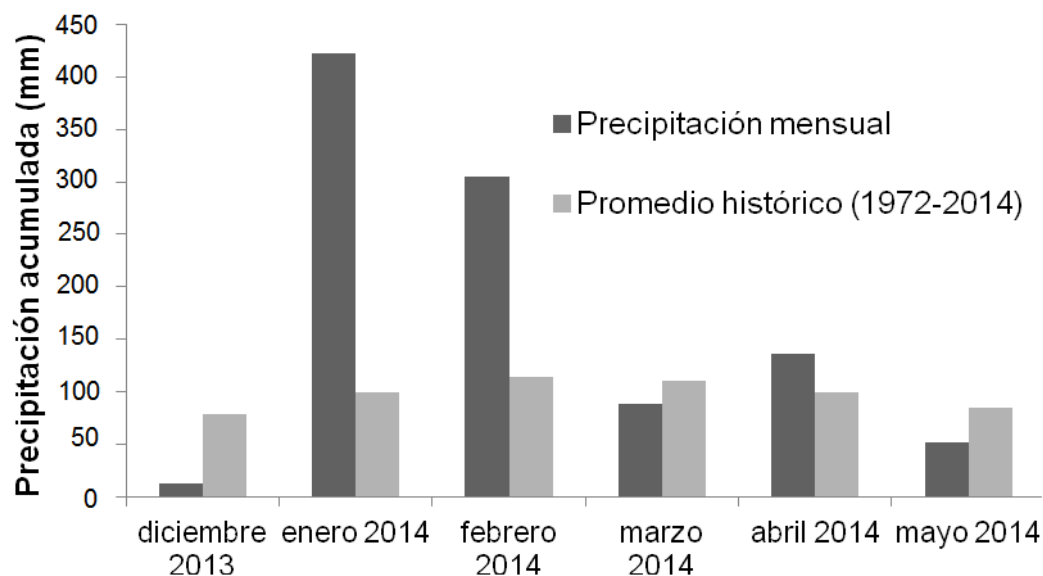


Figura 2. Precipitaciones acumuladas mensuales (mm) en los meses diciembre de 2013 y enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2014 y los promedios históricos (1972-2014) para estos meses (Fuente: INIA. GRAS, s.f.).

3.2. METODOLOGÍA DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS

Se determinó el porcentaje de cobertura relativa y la composición botánica de la mezcla, para cada especie sembrada, para las especies no sembradas y porcentaje de suelo desnudo y restos secos. El porcentaje del área cubierta por cada especie y porcentaje de suelo desnudo, fueron determinados a partir 25 muestras aleatorias por parcela a partir de sorteo de pares de coordenadas, realizados previo a cada pastoreo (diciembre 2013, febrero 2014 y mayo 2014) utilizando un cuadro de 0,5 m x 0,5 m. En cada uno se determinó el porcentaje del área del cuadro que ocupaba a partir del método de estimación visual. En el caso de encontrarse malezas (especies no sembradas) no se identificaron especies con excepción de *C. dactylon*, para el cual se registró el porcentaje de cobertura por separado.

Las variables relevadas fueron los porcentajes de cobertura de cada especie sembrada: *F. arundinacea*; *T. repens*; *L. corniculatus*; *P. notatum*; *P. dilatatum*; porcentaje de cobertura del total de especies sembradas (suma de los porcentajes de cobertura de las especies sembradas), porcentaje de cobertura de *C. dactylon*; porcentaje de cobertura de otras especies no sembradas; porcentaje de cobertura del total de especies no sembradas (suma de los porcentajes de cobertura de *C. dactylon* y otras especies no sembradas) y porcentaje de cobertura de restos secos y suelo desnudo (RS + SD).

Posteriormente a la determinación de la cobertura relativa en cada cuadro, se realizó el corte a ras del suelo con tijera de martillo, dejando un remanente de 1 a 2 cm. A partir de la composición botánica de las muestras y posterior secado en estufa a 60 °C hasta peso constante, se determinaron las variables biomasa aérea (kg MS.ha⁻¹) de cada especie sembrada: *F. arundinacea*; *T. repens*; *L. corniculatus*; *P. notatum*; *P. dilatatum*; biomasa aérea del total de especies sembradas (suma de la biomasa de las especies sembradas), biomasa aérea de *C. dactylon*; biomasa aérea de otras especies no sembradas; biomasa aérea del total de especies no sembradas (suma de la biomasa de *C. dactylon* y otras especies no sembradas) y biomasa aérea de restos secos.

A los efectos del análisis estadístico y la presentación de los resultados se agrupó el porcentaje de cobertura de *T. repens* y *L. corniculatus* (leguminosas) y gramíneas C4 (*P. notatum* y *P. dilatatum*, según correspondan). La media y el desvío estándar de todas las variables analizadas fueron calculados utilizando los valores de los 3 sub-muestreos de cada parcela.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con tres tratamientos y tres bloques. El modelo usado fue de parcelas divididas en el tiempo.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + M_j + B_k + \delta_{ik} + \gamma_{jk} + (TM)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

i: 1, 2, 3 (Tratamientos)

j: 1, 2, 3 (Momentos)

k: 1, 2, 3 (Bloques)

Dónde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta, según cada caso: % cobertura de cada especie sembrada, del total de especies sembradas, de especies invasoras, de restos secos y suelo desnudo; idem para Biomasa (en kg.ha⁻¹), respuesta en el i-ésimo nivel de la mezcla utilizada, el j-ésimo momento de muestreo y el k-ésimo bloque.

μ = media poblacional

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento; i= MC (3), MCPD (2), MCPN (1).

M_j = efecto del j-ésimo del momento de muestreo; j= DIC 13, FEB 14, MAY 14.

B_k = efecto del k-ésimo bloque; k= 1, 2, 3.

$(TM)_{ij}$ = efecto de la interacción entre la i-ésima mezcla y el j-ésimo momento de muestreo.

δ_{ik} = error asociado a la parcela mayor en el i-ésimo nivel de la mezcla y el k-ésimo bloque.

γ_{jk} = error asociado a la parcela menor en el j-ésimo momento y el k-ésimo bloque.

ϵ_{ijk} = error experimental (residual) asociado al i-ésimo nivel de la mezcla utilizada y la j-ésimo del momento de muestreo en el k-ésimo bloque.

Para todas las variables se realizó un análisis de varianza según el modelo arriba descrito, tomando tratamientos como parcela mayor y momento de muestreo como parcela menor. Para las variables que mostraron diferencias significativas en la interacción se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos con y sin Paspalum (MC vs MCPD + MCPN) y entre los tratamientos con diferentes especies de Paspalum (MCPN vs MCPD), mientras que para aquellas variables que mostraron diferencias significativas en los efectos principales se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey). El nivel de significancia fue de 5 %.

Se realizaron análisis de regresión para los porcentajes de cobertura y biomasa aérea de *C. dactylon* y del total de especies no sembradas contra el porcentaje de cobertura de gramíneas C4; porcentaje de cobertura de *P. notatum*; porcentaje de cobertura de *P. dilatatum*; porcentaje de cobertura del total de especies sembradas; porcentaje de cobertura de restos secos y suelo desnudo y porcentaje de cobertura de *F. arundinacea*, a partir de los promedios de los 3 momentos de evaluación para cada tratamiento de las variables de biomasa y cobertura,

El modelo utilizado para dichas regresiones fue:

$$Y_{ij} = a + b.X_i + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

Y_{ij} = Variable de respuesta, según el caso: cobertura de *C. dactylon* y cobertura del total de especies no sembradas.

a = Intercepto con eje Y.

b = Coeficiente de regresión.

X_i = Variable regresora, según el caso: cobertura de gramíneas C4, *P. notatum*, *P. dilatatum*, total de especies sembradas, *F. arundinacea* y restos secos + suelo desnudo.

ϵ_{ij} = Error experimental asociado al i -ésimo nivel de la variable regresora correspondiente y la j -ésima repetición.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

No se encontró interacción entre tratamiento y momento de evaluación para la mayoría de las variables analizadas, con excepción de la cobertura del suelo por gramíneas C4 ($p= 0,0001$) y por *Cynodon dactylon* ($p= 0,02$), al igual que para las variables biomasa aérea de gramíneas C4 ($p= 0,0001$), biomasa aérea de *Cynodon dactylon* ($p= 0,005$), biomasa aérea del total de especies no sembradas ($p=0,01$) y biomasa aérea de restos secos ($p= 0,02$) (Cuadro 1). Para las variables porcentaje de cobertura y biomasa aérea de gramíneas C4, que presentaron interacciones sin crossover (es decir que el orden de las medias es siempre el mismo, aun cuando la magnitud de las diferencias entre los niveles de un factor puedan cambiar al variar los niveles del otro) se realizó el análisis de los efectos principales de cada factor, al igual que todas las variables que no presentaron interacción.

Cuadro 1. Valores de significancia (p) obtenidos para los efectos de interacción entre factores y efectos principales de los factores tratamiento (mezcla convencional, mezcla convencional + *P. notatum*, mezcla convencional + *P. dilatatum*) y momento (diciembre 2013, febrero de 2014 y mayo de 2014) de las variables porcentaje de cobertura (% Cob.) y biomasa (Biom.) aérea de *F. arundinacea*; Gramíneas C4 (*P. dilatatum* o *P. notatum*, según el caso); Leguminosas sembradas (*T. repens* + *L. corniculatus*); Total de especies sembradas (*F.arundinacea* + Gramíneas C4 + Leguminosas sembradas); *C. dactylon*; Otras especies no sembradas; Total de especies no sembradas (*C. dactylon* + Otras especies no sembradas) y RS + SD (Restos secos + Suelo desnudo).

Variables	Interacción		Tratamientos		Momentos	
	% Cob.	Biom.	% Cob.	Biom.	% Cob.	Biom.
<i>F. arundinacea</i>	0,09	0,08	0,09	0,05*	0,002*	0,001*
Gramíneas C4	0,03*	0,0001*	0,0006*	0,0005*	0,001*	<0,001*
Leguminosas	0,50	0,58	0,57	0,44	0,02*	0,02*
Total Sps. sembradas	0,86	0,08	0,06	0,05*	<0,001*	0,0004*
<i>C. dactylon</i>	0,02*	0,005*	0,19	0,14	0,007*	0,001*

Otras sps. no sembradas	0,32	0,19	0,19	0,19	0,003*	0,003*
Total Sps. no sembradas	0,054	0,01*	0,17	0,07	0,006*	0,001*
RS. + SD.#	0,23	0,02*	0,45	0,72	<0,001*	0,054

*= Diferencias significativas $\alpha=0,05$. #= SD. solo para % de cobertura.

Para el total de especies sembradas, si bien se observa una tendencia, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de cobertura ($p=0,06$), más allá de que para uno de sus componentes si las hubo (gramíneas C4, $p=0,0006$). Dichas diferencias se dieron entre las mezclas con *Paspalum* y la mezcla convencional (38 % de cobertura en MCPN y MCPD, 0% para MC). Si existieron diferencias en la biomasa aérea del total de especies sembradas, donde las mezclas con *Paspalum* tuvieron un comportamiento superior que la mezcla convencional, con medias de 1460 Kg MS.ha⁻¹ (a), 1437 Kg MS.ha⁻¹ (a) y 1101 Kg MS.ha⁻¹ (b) para la mezcla convencional con *P. notatum* (MCPN), mezcla convencional con *P. dilatatum* (MCPD) y mezcla convencional (MC) respectivamente (Cuadro 2, Figura 3). Estos resultados se explican por diferencias en la biomasa de gramíneas C4 entre los tratamientos con *Paspalum* y la mezcla convencional ($p=0,0005$) y por diferencias en la biomasa de *F. arundinacea* ($p=0,05$), que si bien presentó los valores más altos en MC, no compensó la disminución provocada por la ausencia de gramíneas C4. Por su parte, el aporte de las leguminosas fue similar en los tres tratamientos.

Cuadro 2. Medias de los tratamientos en el porcentaje de cobertura (% cob) y biomasa aérea (kg MS.ha⁻¹). MCPN= mezcla convencional con *Paspalum notatum*, MCPD= mezcla convencional con *Paspalum dilatatum*, MC= mezcla convencional. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p>0,05$).

	MCPN		MCPD		MC	
	% cob.	KgMS/ha	% cob.	KgMS/ha	% cob.	KgMS/ha
<i>F. arundinacea</i>	21	366(b)	28	605(ab)	45	935(a)
Gramíneas C4	38 (a)	1009(a)	38 (a)	796(a)	0 (b)	2 (b)
Leguminosas	7	84	5	35	12	164

Total de especies sembradas	67	1460(a)	70	1437(a)	57	1101(b)
<i>C. dactylon</i>	2	30	3	63	11	297
Otras especies no sembradas	6	114	2	50	5	138
Total de especies no sembradas	8	144	5	113	16	436
RS + SD	26	388	24	476	27	463

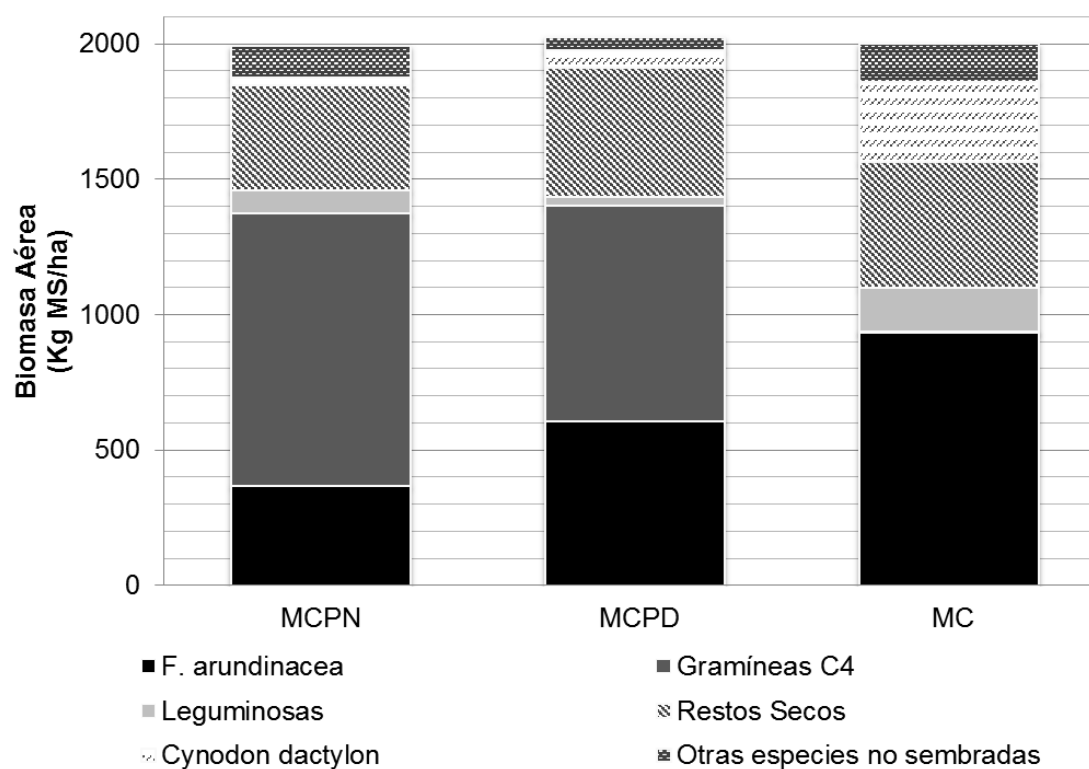


Figura 3. Biomasa aérea (kg MS.ha⁻¹) de especies sembradas (F. arundinacea, gramíneas C4, leguminosas), especies no sembradas (*C. dactylon*, otras especies no sembradas), restos secos y suelo desnudo en los distintos tratamientos (media de los 3 momentos). MCPN= mezcla convencional con *Paspalum notatum*, MCPD= mezcla convencional con *Paspalum dilatatum*, MC= mezcla convencional.

Para el total de especies no sembradas, no se encontraron diferencias en la cobertura del suelo entre los distintos tratamientos, mientras que para la biomasa aérea se encontró interacción además de diferencias significativas entre la mezcla convencional y las mezclas con *Paspalum* (contraste MC vs MCPN + MCPD, $p= 0,03$), al tiempo que no se registraron diferencias entre MCPN y MCPD ($p= 0,79$). Las medias para cada tratamiento fueron 436 Kg MS.ha⁻¹ para MC, 144 Kg MS.ha⁻¹ para MCPN y 113 Kg MS.ha⁻¹ para MCPD (Cuadro 2, Figura 3). La interacción está explicada por las diferencias encontradas en los distintos momentos dentro de cada tratamiento. Mientras no existieron diferencias entre momentos para esta variable en los tratamientos MCPN ($p=0,36$) y MCPD ($p=0,11$) si las hubo para MC ($p=0,01$) (Figura 4). Lo mismo sucede con la interacción encontrada en la biomasa aérea de *C. dactylon* (Figura 5). La evolución del comportamiento de las mezclas en cuanto a la biomasa del total de especies no sembradas estaría explicada por los cambios constatados en la variable biomasa de *C. dactylon* ya que las otras especies no sembradas no presentaron diferencias significativas. No se encontraron diferencias, aunque se insinúan, entre la mezcla convencional vs las mezclas con *Paspalum* ($p= 0,06$) para la biomasa de *C. dactylon*. Las medias para esta variable fueron 297 Kg MS.ha⁻¹ para MC, 63 Kg MS.ha⁻¹ y 30 Kg MS.ha⁻¹ para MCPD y MCPN respectivamente. Tampoco se encontraron diferencias entre la mezcla con *P. notatum* vs la mezcla con *P. dilatatum* ($p= 0,79$). Lo mismo sucede con la cobertura de *C. dactylon*, para la cual los contrastes MC vs MCPN + MCPD y MCPN vs MCPD, no muestran diferencias significativas ($p= 0,09$ y $p= 0,80$ respectivamente), por lo que no se puede decir que existen diferencias entre las mezclas con *Paspalum* vs la mezcla convencional ni entre ellas.

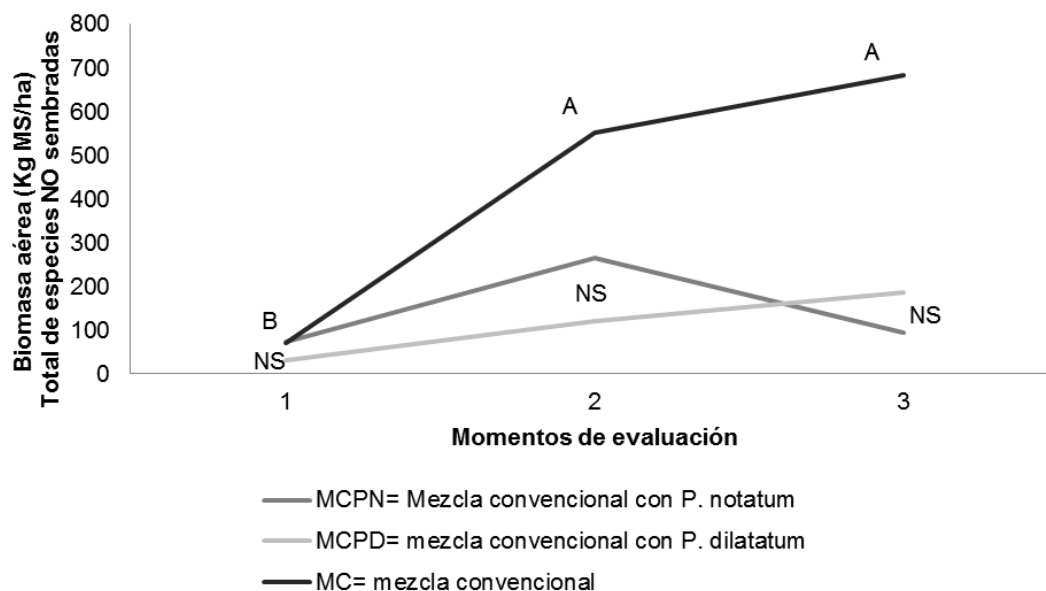


Figura 4. Biomasa aérea (kg MS.ha⁻¹) del total de especies no sembradas, en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento.

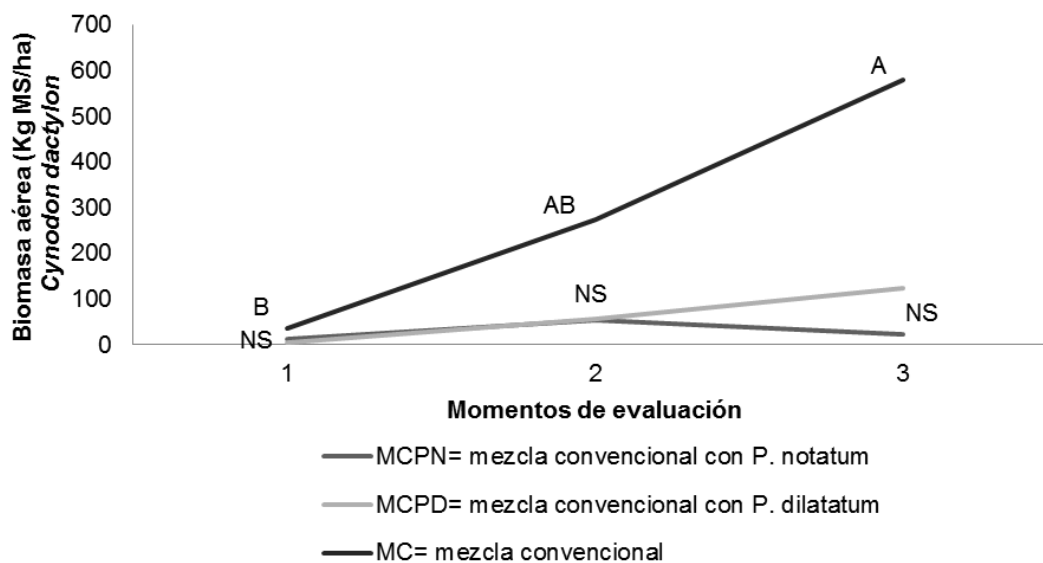


Figura 5. Biomasa aérea de *C. dactylon*, en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento.

Sobre los efectos de *P. notatum* en comparación a los de *P. dilatatum* incluidos en mezclas convencionales, no se encontraron diferencias en la biomasa aérea del total de especies sembradas entre los dos tratamientos

(1460 Kg MS.ha⁻¹ para MCPN y 1437 Kg MS.ha⁻¹ para MCPD, Cuadro 2). Tampoco se encontraron diferencias en la cobertura del suelo para el total de especies sembradas. Las gramíneas C4 presentaron la misma cobertura en ambos tratamientos (38%). Si bien la biomasa fue mayor en la mezcla convencional con *P. notatum* que con *P. dilatatum* (1009 Kg MS.ha⁻¹ y 796 Kg MS.ha⁻¹ respectivamente), no se detectaron diferencias entre ambos tratamientos (mínima diferencia significativa = 291 Kg MS.ha⁻¹).

No se registraron diferencias en la cobertura de *F. arundinacea* para los tratamientos con *P. notatum* y *P. dilatatum*, sin embargo la biomasa fue significativamente mayor en el tratamiento con *P. notatum* en comparación con la mezcla convencional (935 Kg MS.ha⁻¹ (a), 605 Kg MS.ha⁻¹ (ab) y 366 Kg MS.ha⁻¹ (b), para MC, MCPD y MCPN respectivamente).

Cada tratamiento mostró diferentes combinaciones de ambos componentes en las mezclas (gramínea perenne estival: *P. notatum* y *P. dilatatum* y gramínea perenne invernal: *F. arundinacea*) que darían cuenta de la dinámica de competencia establecida entre especies y cuál es el rol o importancia de cada una en la disponibilidad de forraje de las mezclas así como su evolución a lo largo de los distintos submuestreos (Figura 6). En este sentido, la mezcla con *P. dilatatum* muestra una tendencia más distribuída en el aporte de biomasa por cada especie al total del forraje disponible en comparación con la mezcla con *P. notatum*, en la cual esta especie explicó en mayor medida las variaciones de biomasa. En la mezcla convencional se da lo propio con *F. arundinacea*, siendo ésta la especie de mayor aporte de biomasa de la mezcla.

Sobre los efectos de la inclusión de las distintas especies de *Paspalum* sobre las especies no sembradas, no hubo diferencias entre la mezcla con *P. notatum* y la mezcla con *P. dilatatum* para el total de especies no sembradas, ni para ninguno de sus componentes, en cobertura y biomasa (*C. dactylon* y otras especies no sembradas).

A partir de la Figura 6 se puede analizar la interacción encontrada entre momentos y tratamientos para la variable biomasa aérea de gramíneas C4. Dicha interacción está dada porque existieron diferencias significativas entre momentos en los tratamientos MCPN ($p= 0,002$) y MCPD ($p= 0,04$), mientras que en MC la variable no mostró diferencias debido a la ausencia del componente gramíneas C4 en la mezcla ($p=0,58$).

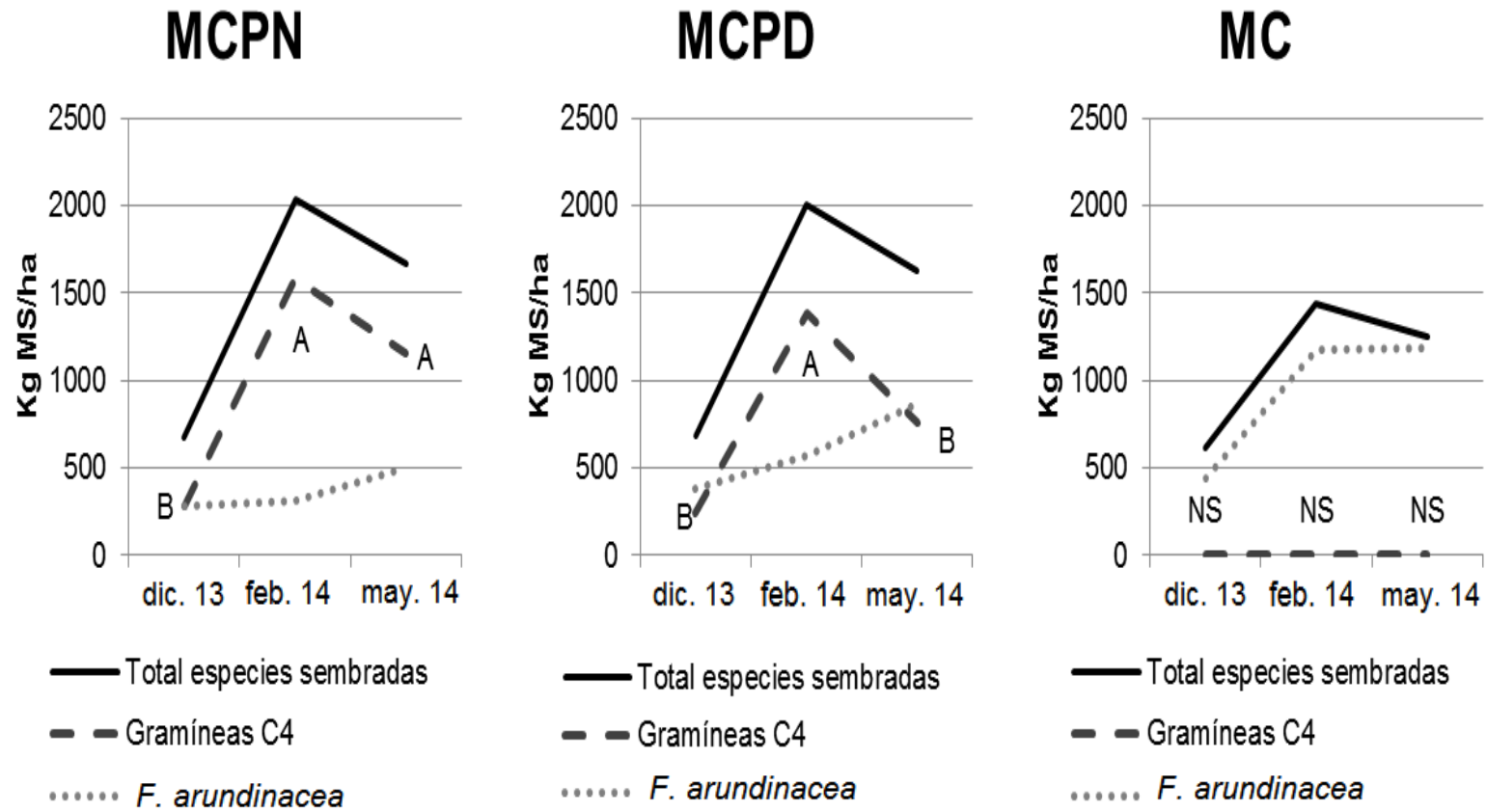


Figura 6. Biomasa aérea del total ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de especies sembradas, gramíneas C4 y *F. arundinacea*, en función de los momentos de muestreo, para cada tratamiento. MCPN= mezcla convencional con *Paspalum notatum*, MCPD= mezcla convencional con *Paspalum dilatatum*, MC= mezcla convencional.

Se realizaron análisis de regresión para comprobar si existe relación entre la cobertura y biomasa de *C. dactylon* y del total de especies no sembradas, frente a cambios en el porcentaje de cobertura y biomasa aérea del total de especies sembradas, de *F. arundinacea* y de gramíneas C4. El porcentaje de cobertura de *C. dactylon* estuvo correlacionado negativamente con el porcentaje de cobertura de gramíneas C4 ($p= 0,03$, $R^2= 0,50$) y con el porcentaje de cobertura del total de especies sembradas ($p= 0,002$, $R^2= 0,77$). Se encontraron resultados similares para la biomasa aérea de *C. dactylon* que presento correlación negativa con la biomasa de gramíneas C4 ($p= 0,02$, $R^2= 0,57$) y con la biomasa del total de especies sembradas ($p= 0,003$, $R^2= 0,74$). Al igual que *C. dactylon*, el porcentaje de cobertura y la biomasa aérea del total de especies no sembradas, se correlacionaron negativamente con el porcentaje de cobertura y biomasa aérea de las gramíneas C4 y del total de especies sembradas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de regresiones entre % de cobertura y Biomasa ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de *C. dactylon* y total de especies no sembradas frente a cambios en % de coberura y Biomasa ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de *F. arundinacea*, gramíneas C4 y total de especies sembradas. Valores de parámetros a y b (intercepto con ordenadas y valor de la pendiente), valores de significancia (p) de los análisis de varianza y coeficiente de determinación (R^2).

Variable X \ Variable Y	% cobertura/ Biomasa aérea <i>C. dactylon</i>		% cobertura/ Biomasa aérea del total de especies no sembradas	
	% Cobertura <i>F. arundinacea</i>	a= 0,94 p= 0,41	b= 0,14 $R^2= 0,10$	a= 8,51 p= 0,82
% Cobertura gramíneas C4	a= 11,06 p= 0,033*	b= -0,23 $R^2= 0,50$	a= 15,81 p= 0,038*	b= -0,24 $R^2= 0,48$
% Cobertura del total de especies sembradas	a= 53,86 p= 0,002*	b= -0,75 $R^2= 0,77$	a= 66,10 p=<0,001*	b= -0,87 $R^2= 0,93$
Biomasa ($\text{Kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de <i>F. arundinacea</i>	a= -7,94 p= 0,29	b= 0,22 $R^2= 0,16$	a= 108 p= 0,41	b= 0,19 $R^2= 0,10$
Biomasa ($\text{Kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) de gramíneas C4	a= 294 p= 0,019*	b= -0,27 $R^2= 0,57$	a= 422 p= 0,014*	b= -0,32 $R^2= 0,60$
Biomasa ($\text{Kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$) del total de especies sembradas	a= 1019 p= 0,003*	b= -0,67 $R^2= 0,74$	a= 1293 p= 0,0008*	b= -0,80 $R^2= 0,82$

Análisis realizados entre % de cobertura de *C. dactylon* y del total de especies no sembradas en la variable Y frente a % de cobertura de *F.arundinacea*, gramíneas C4 y total de especies sembradas y Biomasa aérea de *C. dactylon* y especies no sembradas frente a Biomasa aérea (kg MS.ha⁻¹) de *F. arundinacea*, gramíneas C4 y total de especies sembradas.

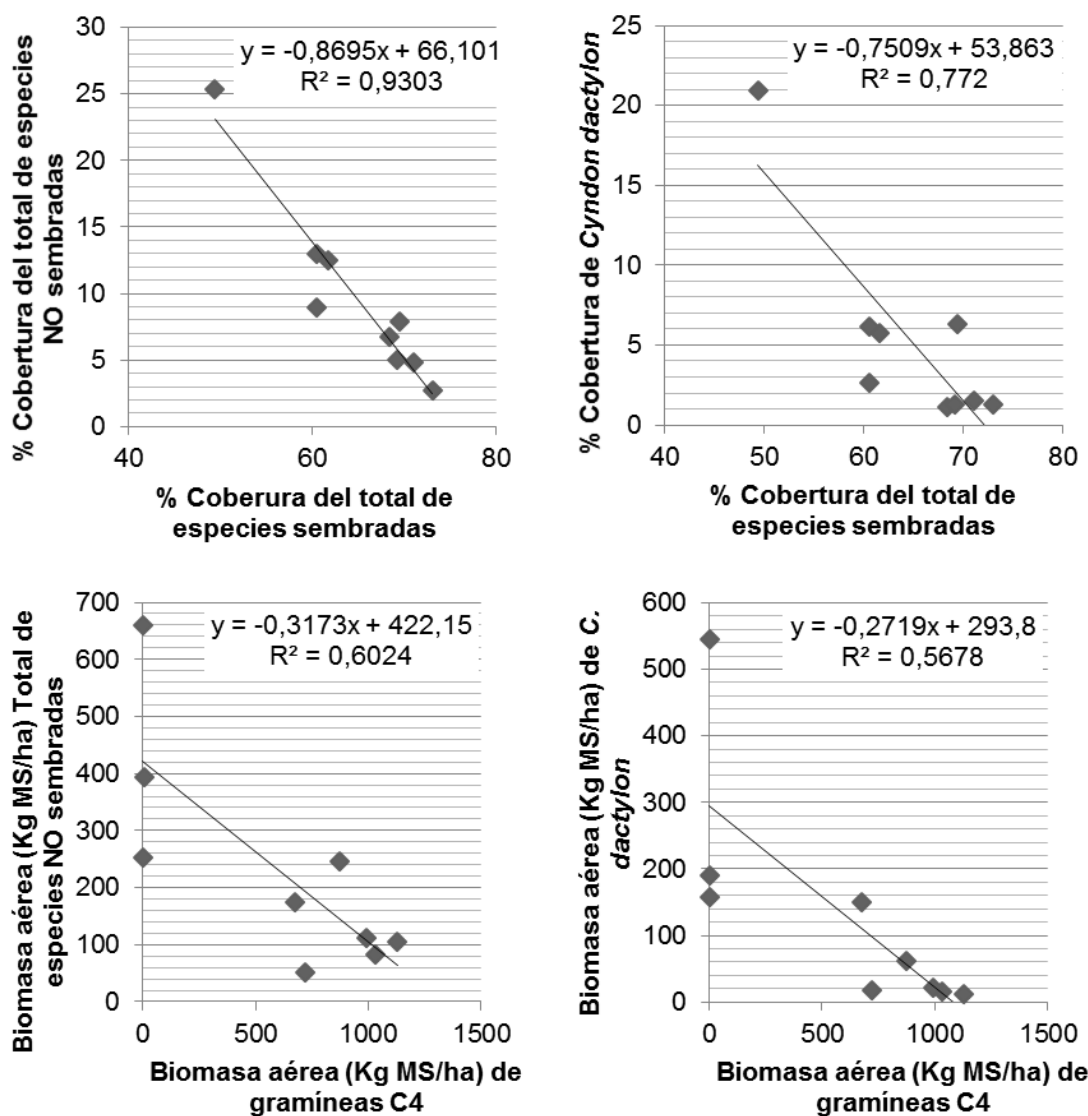


Figura 7. Regresiones lineales del porcentaje de cobertura del total de especies no sembradas y porcentaje de cobertura de *Cynodon dactylon* frente al porcentaje de cobertura del total de especies sembradas y biomasa aérea del

total de especies no sembradas y biomasa aérea de *Cynodon dactylon* frente a la biomasa aérea de gramíneas C4.

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron el efecto de la incorporación de gramíneas perennes estivales del género *Paspalum* con hábitos de crecimiento contrastantes (*P. dilatatum*, cespitoso y *P. notatum*, estolonífero) en mezclas forrajeras convencionales, especialmente en el final de su cuarto año de vida. Es importante destacar esto, ya que el manejo del experimento permitió llegar a las distintas mezclas forrajeras en condiciones de producción relativamente aceptables, con un alto porcentaje de cobertura del suelo por parte de las especies sembradas y un bajo nivel de enmalezamiento. En términos generales todas las mezclas tendieron a la predominancia de la fracción gramínea sobre la fracción leguminosa, reafirmando el importante rol que se le ha asignado a las gramíneas perennes en la mejora de la persistencia de mezclas forrajeras (Carámbula, 2003).

Se confirmó parcialmente la hipótesis de que la adición del grupo funcional gramínea perenne estival permitiría una mejor captación de recursos, logrando una mayor cobertura y biomasa de las mezclas forrajeras con inclusión de especies del género *Paspalum* en comparación con la mezcla convencional. Si bien el porcentaje de cobertura no mostró diferencias entre los tratamientos, si las hubo para la biomasa aérea, donde las mezclas que incluían *Paspalum* fueron superiores a la mezcla convencional. En este sentido la composición funcional de las distintas mezclas puede ser una de las posibles causas que explican este comportamiento, ya que las diferencias se dieron entre aquellos tratamientos con presencia del grupo funcional gramíneas C4. Estos resultados concuerdan con lo planteado por Díaz y Cabido (2001) acerca de que la incorporación de especies, que representen un nuevo grupo funcional, puede cambiar significativamente el funcionamiento ecosistémico.

Este aumento en la biomasa a partir del aumento de la diversidad funcional pudo conferirle a estas alternativas mejoras en ciertas funciones ecosistémicas como ser tolerancia a fluctuaciones ambientales y una mayor distribución temporal de la producción (Sanderson, 2004). Es claro que la presencia del grupo funcional gramíneas perennes C4, en condiciones climáticas de verano lluvioso que favoreció su crecimiento, permitió una mayor captación de recursos del ambiente, logrando mayores valores de biomasa que la mezcla convencional y siendo en los dos casos (*P. notatum* y *P. dilatatum*) el componente de mayor aporte de biomasa en las mezclas en el periodo de estudio, haciendo a las mezclas con presencia de este grupo funcional más

tolerantes a fluctuaciones ambientales y posiblemente contribuyendo a lograr una mejor distribución temporal de la producción de forraje. Más adelante se discutirá acerca de los posibles efectos de los distintos hábitos de crecimiento de las gramíneas estivales incluidas sobre la distribución temporal de la producción.

Estos resultados, difieren de los obtenidos por Tejera (2011) en el mismo experimento, donde no encontró efectos significativos en la inclusión de especies del género *Paspalum* en la disponibilidad estival de forraje de las pasturas. Esto podría deberse a que el período de evaluación fue durante el primer verano de las mezclas, luego de su etapa de implantación y establecimiento, momento durante el cual no se expresó todavía el potencial de rendimiento de las mezclas ni se maximizaron los procesos de interacción entre las especies que conformaban las distintas mezclas. Los resultados obtenidos por López (2012) sobre la producción de biomasa, con evaluaciones durante el segundo año del ensayo, mostraron diferencias entre las mezclas en el período estival. Sin embargo los resultados de Tejera en 2014, no encontraron diferencias en la biomasa de las distintas mezclas cuando evaluó un periodo de tiempo más largo (noviembre de 2010- abril 2013). El autor alude como una de las posibles causas la baja precisión del ensayo. Sin embargo, Terra (1973), Santiñaque y Carámbula (1981), García (1995), obtuvieron resultados similares acerca de la mejora en la productividad y producción estacional de mezclas forrajeras tras la inclusión de especies de *Paspalum*, en particular *P. dilatatum*.

La hipótesis de que la adición del grupo funcional gramínea perenne estival en mezclas forrajeras convencionales, lograría la exclusión de especies no sembradas, disminuyendo su cobertura y biomasa, también se confirmó parcialmente. La biomasa aérea de las especies no sembradas en las mezclas que incluían especies de *Paspalum*, fue menor que en la mezcla convencional, debido probablemente a un uso más eficiente y completo de los recursos del ambiente (luz, agua y nutrientes) en las mezclas con mayor diversidad funcional, confiriéndole a éstas una mayor resistencia a la invasión (Elton, 1958). En todos los casos *C. dactylon* fue la especie no sembrada de mayor aporte en la biomasa aérea de especies no sembradas. Si bien no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la cobertura ni para la biomasa aérea de esta especie, si se evidenció una disminución de la biomasa de *C. dactylon* en las mezclas con *Paspalum*. La baja precisión del ensayo, entendida como la medida estadística consistente en la mínima diferencia que el análisis puede detectar como significativa a partir de las repeticiones del experimento, puede ser una de las causas que dificultó encontrar las diferencias entre tratamientos. Para las variables porcentaje de cobertura y biomasa aérea de *C. dactylon* la mínima diferencia significativa fue de 15,9% y 401,5 kg MS/ha respectivamente, siendo los registros tanto de

cobertura como de biomasa menores a dichos valores en todos los casos (Cuadro 2).

Sin perjuicio de lo anterior, se confirmó la hipótesis sobre la existencia de una correlación negativa entre la biomasa y cobertura de *C. dactylon* y del total de especies no sembradas con respecto a la biomasa y porcentaje de cobertura del total de especies sembradas y en particular del grupo funcional gramínea perenne estival. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Fargione y Tilman (2005), Perelman et al. (2007) al observar que la biomasa de las especies invasoras se correlaciona negativamente con la presencia de gramíneas C4 residentes. Por su parte, Bresciano (2014b) encontró asociaciones negativas entre la riqueza de gramíneas C4 nativas y la biomasa de *C. dactylon*, tras realizar análisis de regresiones entre tipos funcionales de plantas en comunidades de pastizales de Uruguay.

Al final del cuarto año, la predominancia de las gramíneas en cobertura del tapiz y biomasa aérea fue evidente. De acuerdo a las correlaciones encontradas, se puede atribuir las diferencias en resistencia a la invasión de especies no sembradas a la composición funcional de las distintas mezclas, en particular a la presencia del género *Paspalum*, que representaron el grupo funcional gramíneas perennes estivales. Esto logró aumentar la competencia y por ende limitar la disponibilidad de recursos para las especies no sembradas, como principal mecanismo regulador de la invasión (Davis et al. 2000, Hierro et al. 2005). Esto concuerda con la idea de que la identidad de las especies dominantes así como la composición funcional de la comunidad determinan la resistencia a la invasión (Grime 1998, Fargione et al. 2003, Smith et al. 2004, Emery y Gross 2006, Hillebrand et al. 2008). Esto se expresa particularmente en relación a *C. dactylon* ya que las especies pertenecientes al mismo grupo funcional que la especie exótica son más efectivas para limitar la invasión (Fargione et al. 2003, Petermann et al. 2010, Bresciano et al. 2014a).

Contrariamente a lo esperado, no se hallaron evidencias para confirmar la hipótesis sobre que el hábito de crecimiento estolonífero de *P. notatum* logrará una mayor cobertura y una exclusión más eficaz de especies no sembradas en relación al hábito cespitoso de *P. dilatatum*. La cobertura lograda por cada una de estas especies fue la misma (38%), al tiempo que *P. notatum* tuvo una mayor producción de biomasa que *P. dilatatum* en el periodo de estudio, sin llegar a representar diferencias estadísticas. En general las mezclas con *P. notatum* y *P. dilatatum* tuvieron más producción estacional de biomasa y mayor cobertura del tapiz por parte del total de especies sembradas que la mezcla convencional, aspectos que mejoraron el funcionamiento ecosistémico en términos de resistencia a la invasión y producción primaria. En tal sentido, las gramíneas con metabolismo C4 son eficientes en su desempeño, debido a

la captación y uso de los recursos, altas tasas de crecimiento relativo, producción de biomasa y cobertura (Fargione et al. 2003, Fargione y Tilman 2005, Perelman et al. 2007, Leoni et al. 2009). Asimismo, es necesario identificar posibles diferencias en el funcionamiento ecosistémico de estas mezclas, teniendo en cuenta el hábito de crecimiento de *P. notatum* en comparación con el hábito de crecimiento cespitoso de *P. dilatatum*, ya que ciertos atributos morfofisiológicos pueden reflejar diferencias en el funcionamiento de los ecosistemas (Leoni et al., 2009). En la figura 6 se puede observar el fuerte efecto de competencia establecido entre *P. notatum* y *F. arundinacea*. Si bien en diciembre se observa una baja producción de biomasa aérea de *F. arundinacea* en todos los tratamientos (algo esperable en función del metabolismo C3 que presenta esta especie), sobre el final del periodo de evaluación (principios de mayo), ya en condiciones de crecimiento que la favorecen, se observa la diferencia en la magnitud del aporte de biomasa de dicho componente en comparación con la mezcla convencional y la mezcla con *P. dilatatum*. Este efecto de competencia entre especies sembradas podría reflejar problemas en la distribución temporal de la producción y por consecuencia en la estabilidad productiva de este tipo de mezclas forrajeras, a causa de la exclusión del componente invernal generado por el hábito de crecimiento estolonífero de *P. notatum*, que se magnifica cuando ocurren veranos con condiciones climáticas favorables para su crecimiento. De esta manera el riesgo de enmalezamiento en invierno puede incrementarse y la producción estacional invernal disminuir, dada la susceptibilidad de *P. notatum* a las bajas temperaturas. En el caso de la mezcla convencional con *P. dilatatum*, se llegó al final del período de evaluación con un aporte de biomasa más equilibrado entre las especies *P. dilatatum* y *F. arundinacea*, sugiriendo que esta gramínea estival se adapta mejor que *P. notatum* a su inclusión en mezclas forrajeras, dado su hábito de crecimiento cespitoso que genera una distribución en matas sin cubrir totalmente el suelo (Bennett, 1941).

Si bien *P. dilatatum* y *P. notatum*, fueron capaces de otorgar a las mezclas mayor resistencia a la invasión, los diferentes hábitos de crecimiento de estas especies podrían dar a pensar que cada una de ellas llegara a similares resultados a partir de distintas estrategias de competencia con las especies no sembradas y en particular con *C. dactylon*. En el caso de *P. dilatatum* de hábito de crecimiento cespitoso, podría haberse establecido una competencia principalmente por luz mientras que *P. notatum* de hábito postrado competiría con las especies invasoras principalmente por agua y nutrientes. Estas hipótesis no fueron evaluadas en este experimento, pero podrían estudiarse a futuro.

5. CONCLUSIONES

En síntesis, se puede concluir que la inclusión de especies de gramíneas perennes estivales del género *Paspalum* en mezclas forrajeras convencionales aumentan la cobertura y biomasa en momentos del año donde la producción de materia seca es mínima.

La incorporación de estas especies reduce al mismo tiempo, la susceptibilidad a ser invadidas por especies no sembradas, especialmente por *C. dactylon*, evitando el proceso de enmalezamiento prematuro de las praderas mixtas, aspecto fundamental para contribuir a la persistencia productiva de las alternativas forrajeras utilizadas actualmente. Asimismo se aporta a la mejora de la sustentabilidad de los sistemas de producción intensivos con base pastoril. En este sentido se propone incluir al grupo funcional gramíneas perennes estivales con metabolismo C4 al optar por sembrar mezclas forrajeras. En particular la especie *P. dilatatum* presenta efectos diferentes en las mezclas debido a su hábito de crecimiento cespitoso, que permitió lograr adecuadas poblaciones de los distintos componentes de la pastura en comparación con *P. notatum* cuyo hábito de crecimiento estolonífero y agresivo generó una fuerte competencia con la gramínea invernal, comportándose como *C. dactylon*.

5.1. CONSIDERACIONES A FUTURO

Acerca de *P. notatum*, sería interesante estudiar con detalle el efecto de su comportamiento en relación a la estabilidad productiva de las mezclas, para dilucidar cabalmente los efectos de la competencia con *F. arundinacea* en términos de estabilidad temporal de la producción y de la evolución de los equilibrios entre las poblaciones de las especies integrantes de las mezclas a lo largo de toda la vida de la pastura. Sobre *P. dilatatum*, es necesario ahondar en aspectos más aplicados tales como el ajuste de las técnicas de siembra de mezclas con esta especie, y evaluaciones de comportamiento agronómico en mezclas de la ya caracterizada variabilidad de materiales genéticos disponibles.

Para entender mejor la dinámica de la invasión de especies no sembradas, sería interesante estudiar con mayor profundidad el efecto de la cobertura de los restos secos, para dilucidar si se generan diferencias microclimáticas que puedan afectar las condiciones del ambiente y los procesos de invasión en comparación a sitios con suelo desnudo.

Si bien la realización de experimentos con tamaños grandes de parcela permite plantear conclusiones en términos de recomendaciones de manejo, hay que tener especial cuidado con la variabilidad espacial del ambiente, puesto que puede generar “ruido” en los resultados obtenidos, dada la probabilidad de

encontrar gradientes de diversa índole (topográficos, concentración de nutrientes, dinámica del agua en el suelo, entre otros). Sería oportuno, pensando en futuras investigaciones relevar dicha variabilidad y realizar análisis con estadística espacial o geo estadística. Un aspecto limitante de este experimento en particular, en relación al tamaño de las parcelas y su variabilidad interna, fue la baja precisión del ensayo. Una posibilidad de mejorar esto sería a través de un aumento en las repeticiones.

Es necesario seguir profundizando en el estudio de estas alternativas, fundamentalmente con un enfoque que abarque aspectos agronómicos y ecológicos para poder entender de manera más completa los efectos de las decisiones que se toman en los sistemas de producción. Se sugiere, a partir de todos los datos generados en todos los años de duración de este experimento, analizar, la mayor cantidad posible de aspectos relacionados con atributos de sustentabilidad tales como resiliencia, estabilidad, adaptabilidad y productividad entre otros.

6. RESUMEN

Las mezclas forrajeras convencionales constituyen una alternativa muy utilizada en sistemas intensivos de producción Uruguay. Si bien estas mezclas pueden ser de gran valor para los sistemas productivos, presentan ciertas limitantes, entre ellos baja persistencia, enmalezamiento prematuro (causado principalmente por *Cynodon dactylon*) y baja estabilidad, generando déficits de forraje estival. Desde la teoría ecológica, se plantea que la adición de gramíneas perennes estivales puede aportar a solucionar dicho problema. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de la incorporación de gramíneas perennes estivales del género *Paspalum* (*P. dilatatum* y *P. notatum*) en mezclas forrajeras convencionales. Con tal fin se evaluó el porcentaje de cobertura del suelo y biomasa aérea de las especies sembradas y no sembradas de 3 tratamientos distintos: una mezcla convencional (*F. arundinacea*, *T. repens* y *L. corniculatus*), una mezcla convencional con *Paspalum notatum* y una mezcla convencional con *Paspalum dilatatum*, en el final de su cuarto año de vida y bajo condiciones de pastoreo. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y tres momentos de evaluación, en parcelas de 0,96 ha ubicado en el Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía (Canelones, Uruguay). La biomasa aérea de especies sembradas fue mayor para las mezclas que incluían especies de *Paspalum* que para la mezcla convencional. También las mezclas con *Paspalum* tuvieron menor biomasa aérea de especies no sembradas que la mezcla convencional. Existe una relación lineal negativa entre las gramíneas C4 y las especies no sembradas, particularmente con *C. dactylon*. Esto sugiere que la inclusión de estas gramíneas perennes estivales mejora la respuesta de las mezclas convencionales en términos de resistencia a la invasión y producción de forraje estacional en verano. Los diferentes hábitos de crecimiento de *P. notatum* y *P. dilatatum*, generaron diferentes efectos de competencia sobre el comportamiento productivo de *F. arundinacea*. *P. dilatatum* (de hábito de crecimiento cespitoso) resultó más apto para ser incluido en mezclas forrajeras que *P. notatum* (estolonífero). Igualmente es necesario profundizar en el estudio de las diferencias encontradas sobre el efecto del hábito de crecimiento para entender cabalmente las interacciones entre especies y sus efectos en el funcionamiento ecosistémico a lo largo de todo el año.

Palabras clave: *Paspalum dilatatum*; Mezclas forrajeras; *Cynodon dactylon*.

7. SUMMARY

Conventional forage mixtures are one of the most commonly alternative used in intensive production system in Uruguay. Even if these mixtures can be valuable for production systems have certain limitations, including low persistence, early weed infestation (caused primarily by *Cynodon dactylon*) and low stability, generating shortfalls in summer forage production. From an ecological perspective, it suggests that the addition of summer perennial grasses can contribute to solve this problem. The aim of this work was to study the effect of the incorporation of summer perennial grasses of the genus *Paspalum* (*P. dilatatum* and *P. notatum*) in conventional forage mixtures. With this purpose, the percentage of ground cover and biomass of sown and unsown species of three different treatments was evaluated: a conventional mixture (*Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*), a conventional mixture with *P. notatum* and a conventional mixture with *P. dilatatum*, at the end of their fourth year of live and under grazing conditions. The experimental design used was a randomized complete block with three replications and three evaluation moments in plots of 0.96 ha located in the South Regional Center of the Facultad de Agronomía (Canelones, Uruguay). The biomass of sown species was higher for mixtures including *Paspalum* species than for conventional mixtures. The mixtures with *Paspalum* also had lower biomass of unsown species than conventional mixture. There is a negative linear relationship between C4 grasses and unsown species, particularly with *C. dactylon*. This suggests that the inclusion of these summer perennial grasses improves the response of conventional mixtures in terms of resistance to invasion and forage production in summer season. The different growth habits of *P. notatum* and *P. dilatatum*, generated different effects of competition on productive performance of *F. arundinacea*. *P. dilatatum* (with cespitose habit of growth) was more apt for inclusion in forage mixtures than *P. notatum* (postrate). Evenly it is necessary to deepen the study of the differences found about the effects of growth habit for full understanding the interactions between species and their effects on ecosystem functioning throughout the whole year.

Keywords: *Paspalum dilatatum*; Forage mixtures; *Cynodon dactylon*.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, G. 2003. Efecto del pasto miel sobre la producción y la calidad nutritiva de la pastura. *Revista Argonómica de Producción Animal*. 23:136-143.
2. Alpert, P.; Bone, E.; Claus, H. 2000. Invasiveness, invasibility, and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 3:52-66.
3. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos del Uruguay. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
4. Arnold, G. W. 1962. Effects of pasture maturity on the diet of sheep. *Australian Journal Agriculture Research*. 13:701-706.
5. Bakker, J. D.; Wilson, S. D. 2004. Using ecological restoration to constrain biological invasion. *Journal of Applied Ecology*. 41:1058-1064.
6. Belyea, L. R.; Lancaster, J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos*. 86:402-416.
7. Bennett, H. W. 1941. Pastures in Mississippi. Mississippi State College Agriculture Experimental Station. Bulletin no. 356. 39 p.
8. _____.; Bashaw, E. C. 1966. Interspecific hybridization with *Paspalum* spp. *Crop Science*. 6:52-54.
9. Bresciano, D.; Altesor, A.; Rodríguez, C.; Lezama, F. 2014a. Patrones de invasión de los pastizales de Uruguay a escala regional. *Ecología Austral*. 24:83-93.
10. _____. 2014b. Resistencia biótica a la invasión de exóticas en las comunidades de pastizales en Uruguay. Tesis Doctorado en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 117 p.
11. Buckley, Y. M.; Bolker, B. M.; Rees, M. 2007. Disturbance, invasion and re-invasion: managing the weed-shaped hole in disturbed ecosystems. *Ecology Letters*. 10:809-817.

12. Carámbula, M. 1971. Consideraciones sobre mezclas forrajeras. Montevideo, Facultad de Agronomía.
13. _____. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo, UY, Hemisferio Sur. 518 p.
14. _____. 2003. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forrajes. Buenos Aires, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
15. _____. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
16. Chaneton, E. J.; Facelli, J. M.; Leon, R. J. C. 1988. Floristic changes induced by flooding on grazed and ungrazed lowland grasslands in Argentina. *Journal of Range Management*. 6: 495-499.
17. _____.; Perelman, S. B.; Omacini, M.; León, R. J. C. 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biological Invasions*. 4: 7-24.
18. Chapin, S.; Walker, B. H.; Hobbs, R. J.; Lawton, D. U. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science*. 277: 500-504.
19. Clayton, W. D.; Renvoize, S. A. 1986. Genera Gramineae grasses of the world. *Kew Bulletin. Additional Series*. 13: 1-389.
20. Cornelissen, J. H. C.; Lavorel, S.; Garnier, E.; Díaz, S.; Buchmann, N.; Gurvich, D. E.; Reich, P. B.; Ter Steege, H.; Morgan, H. D.; Heijden, M. G. A.; Pausas, J. G.; Poorter, H. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*. 51: 335-380.
21. Davies, K. F.; Chesson, P.; Harrison, S.; Inouye, B. D.; Melbourne, B. A.; Rice, K. J. 2005. Spatial heterogeneity explains the scale dependence of the native-exotic diversity relationship. *Ecology*. 86: 1602-1610.
22. Díaz, S.; M. Cabido 2001. Vive la difference; plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution*. 16(11): 646-655.
23. _____.; Lavorel, S.; de Bello, F.; Quétier, F.; Grigulis, K.; Robson, M. 2007. Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem

- service assessments. Proceedings of the National Academy of Sciences. 104: 20684-20689.
24. Elton, C. S. 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London, UK, Methuen. 196 p.
 25. Emery, S. M.; Gross, K. L. 2006. Dominant species identity regulates invasibility of oldfield plant communities. *Oikos*. 115: 549-558.
 26. Fargione, J.; Brown, C. S.; Tilman, D. 2003. Community assembly and invasion: an experimental test of neutral versus niche processes. Proceedings of the National Academy of Sciences. 100(15): 8916-8920.
 27. Fargione, J.; Tilman, D. 2005. Diversity decreases invasion via both sampling and complementarity effects. *Ecology Letters*. 8: 604-611.
 28. Fernández, O.; Bedmar, F. 1992. Fundamentos para el manejo integrado del gramón (*Cynodon dactylon*). Balcarce, INTA. 26 p. (Boletín Técnico no. 105).
 29. Friedel, M. H.; Bastin, G. N.; Griffin, G. F. 1988. Range assesment and monitoring of arid lands; the derivation of functional groups to simplify vegetation data. *Journal of Environmental Management*. 27: 85-97.
 30. Friedley, J. D.; Stachowicz, J. J.; Naeem, S.; Sax, D. F.; Seabloom, E. W.; Smith, M. D.; Stohlgren, T. J.; Tilman, D.; Von Holle, B. 2007. The invasion paradox; reconciling pattern and process in species invasions. *Ecology*. 88: 3-17.
 31. García, J. 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 67).
 32. _____. 1996. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. 278 p. (Serie Técnica no.13).
 33. Gitay, H.; Noble, I. R. 1997. What are the plant functional types and how should we seek them? *In*: Smith, T. H.; Shugart, H. H.; Woodward, F. I. eds. Plant functional types. Cambridge, Cambridge University. pp. 3-19.
 34. Grime, J. P. 1998. Benefits of plant diversity ecosystems; immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*. 86: 902-910.

35. Hector, A.; Schmid, B.; Beierkuhnlein, C.; Caldeira, M. C.; Diemer, M.; Dimitrakopoulos, P.; Finn, J.; Freitas, H.; Giller, P. S.; Good, J.; Harris, R.; Högberg, P.; Huss-Danell, K.; Joshi, J.; Jumpponen, A.; Korner, C.; Leadley, M.; Loreau, M.; Minns, A.; Mulder, C. P. H.; O'Donovan, G.; Otway, S. J.; Pereira, J. S.; Prinz, A.; Read, D. J.; Scherer-Lorenzen, M.; Schulze, E.; Siamantziouras, A. S.; Spehn, E. M.; Terry, A. C.; Troumbis, A. Y.; Woodward, F. I.; Yachi, S.; Lawton, J. H. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*. 286: 1123-1127.
36. _____.; Dobson, K.; Minns, A.; Bazeley-White, E.; Lawton, J. H. 2001. Community diversity and invasion resistance; an experimental test in a grassland ecosystem and a review of comparable studies. *Ecological Research*. 16:819–831.
37. _____.; Joshi, J.; Scherer-Lorenzen, M.; Schmid, B.; Spehn, E. M.; Wacker, L. M.; Weilenmann; Bazeley-White, E.; Beierkuhnlein, C.; Caldeira, M. C.; Dimitrakopoulos, P. G.; Finn, J. A.; Huss-Danell, K.; Jumpponen, A.; Leadley, P. W.; Loreau, M.; Mulder, C. P. H.; Neßhöver, C.; Palmberg, C.; Read, D. J.; Siamantziouras, A. S. D.; Terry, A. C.; Troumbis, A. Y. 2007. Biodiversity and ecosystem functioning; reconciling the results of experimental and observational studies. *Functional Ecology*. 21: 998–1002.
38. Hillebrand, H.; Bennett, D. M.; Cadotte, M. W. 2008. Consequences of dominance; a review of evenness effects on local and regional ecosystem processes. *Ecology*. 89: 1510-1520.
39. _____.; Matthiessen, B. 2009. Biodiversity in a complex world; consolidation and progress in functional diversity research. *Ecology Letters*. 12: 1405-1419.
40. Hobbs, R. J. 1989. The nature and effects of disturbance relative to invasions. *In*: Drake, J. A.; Mooney, H. A.; di Castri, F.; Groves, R. H.; Kruger, F. J.; Rejmánek, M.; Williamson, M. H. eds. *Biological Invasions; a global perspective*. Chichester, John Wiley. pp. 389-405.
41. _____.; Huenneke, L. F. 1992. Disturbance, diversity and invasion; implications for conservation. *Conservation Biology*. 6:324-337.
42. Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review Ecology and Systematics*. 4: 1-23.

43. Hooper, D. U.; Chapin III, F. S.; Hector, A.; Inchausti, P.; Lavorel, S.; Lawton, J. H.; Lodge, D. M.; Loreau, M.; Naeem, S.; Setälä, S. B. H.; Symstad, A. J.; Vandermeer, J.; Wardle, D. A. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning; a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*. 75: 3-35
44. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agro-clima y Sistemas de Información, UY). s.f. Tablas climatológicas de temperaturas y precipitaciones 1982-2014. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 1 abr. 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-innovaci%C3%B3n/unidades/GRAS>
45. Kennedy, T. A.; Naeem, S.; Howe, K. M.; Knops, J. M. H.; Tilman, D.; Reich, P. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature*. 417:636-638.
46. Lavorel, S.; Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits; revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*. 16: 545-556.
47. Leoni, E.; Altesor, A.; Paruelo, J. M. 2009. Explaining patterns of production from individual level traits. *Journal of Vegetation Science*. 20: 612-619.
48. Levine, J.; D'Antonio, C. M. 1999. Elton revisited; a review of evidence linking diversity and invasability. *Oikos*. 87: 15-26.
49. _____. 2000. Species diversity and biological invasions; relating local process to community pattern. *Science*. 288:852-854.
50. Lezama, F.; Altesor, A.; León, R. J.; Paruelo, J. M. 2006. Heterogeneidad de la vegetación en pastizales naturales de la región basáltica de Uruguay. *Ecología Austral*. 16: 167-182.
51. López, A. 2012. Incorporación de gramíneas perennes estivales del género *Paspalum*; una alternativa para solucionar la crisis forrajera estival, invasión prematura de especies espontáneas y baja persistencia de mezclas forrajeras convencionales en sistemas lecheros intensivos de base pastoral. Tesina de pasantía final de grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 71 p.

52. Loreau, M.; Naeem, S.; Inchausti, P.; Bengtsson, J.; Grime, J. P.; Hector, A. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning; current knowledge and future challenges. *Science*. 294: 804–808.
53. Lyons, K.; Schwart, K. W. 2001. Rare species loss alters ecosystem function invasion resistance. *Ecology Letters*. 4: 358-365.
54. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2012. Censo general agropecuario 2011; resultados definitivos. Montevideo. 142 p. Consultado 25 feb. 2015. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-censo-2011-resultados-definitivos,O,es,0>,
55. Millot, J. C. 1969. Mejoramiento de gramíneas forrajeras. *In*: Reunión Técnica Producción y Conservación de Forraje (1969, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, Plan Agropecuario. pp. 101-110.
56. _____.; Risso, D.; Methol, R. 1987. Relevamiento de las pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
57. Mokany, K.; Ash, J.; Roxburgh, S. 2008. Functional identity is more important than diversity in influencing ecosystem processes in a temperate native grassland. *Journal of Ecology*. 96: 884-893.
58. Mouillot D.; Mason, N. W. H.; Dumay, O. 2005. Functional regularity; a neglected aspect of functional diversity. *Oecología*. 142: 353-359.
59. Murray, R. B. 1984. Yields, nutrient quality, and palatability to sheep of fourteen grass accessions for potential use on sagebrush-grass range in south-eastern Idaho. *Journal of Management*. 37: 343-348.
60. Naeem, S.; Knops, J. M. H.; Tilman, D.; Howe, K. M.; Kennedy, T. A.; Gale, S. 2000. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors. *Oikos*. 91: 97-108.
61. Perelman, S. B.; Batista, W. B.; Chaneton, E.; León, R. J. C. 2007. Habitat stress, species pool size, and biotic resistance influence exotic plant richness in the Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology*. 95(4): 662-673.

62. Petermann, J.; Fergus, A. J. F.; Roscher, C.; Turnbull, L. A.; Weigelt, A.; Schmid, B. 2010. Biology, chance, or history? The predictable reassembly of temperate grassland communities. *Ecology*. 91(2): 408-421.
63. Picasso, V. D.; Brummer, E. C.; Liebman, M.; Dixon, P. M.; Wilsey, B. J. 2008. Crop species diversity affects productivity and weed suppression in perennial polycultures under two management strategies. *Crop Science*. 48: 331-342.
64. Pizarro, E. 2002. Potencial forrajero del género *Paspalum*. *Pasturas Tropicales*. 22: 38-46.
65. Rechcigl, J. E.; Mislavy, P.; Alava, A. K. 1993. Influence of limestone and phosphogypsum on bahiagrass growth and development. *Soil Science Society of American Journal*. 57(1): 96-102.
66. Ríos, A.; Giménez, A. 1990. Algunas consideraciones ecofisiológicas y de manejo para el control integrado de gramilla. In: Ríos, A.; Giménez, A.; Carámbula, M.; Cibils, R. eds. *Dos malezas problema; cuscuta y gramilla*. Montevideo, INIA. pp. 11-19 (Boletín de Divulgación no. 1)
67. _____.; _____. 1991. Maleza perenne más importante en Uruguay; situación de la gramilla (*Cynodon dactylon* L. Pers.). In: Restaino, E.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva*. Montevideo, INIA. pp. 17-30 (Serie Técnica no. 15).
68. _____.; Civetta, P.; Sanz, J. M. 1996. Control de gramilla en sistemas de siembra directa y mínimo laboreo. In: *Jornada Nacional sobre Siembra Directa (4ª., 1996, Mercedes)*. Trabajos presentados. Montevideo, AUSID. p. irr.
69. _____.; Faggi, N.; Scremini, G. 1997. Control integrado de gramilla (*Cynodon dactylon*) en sistemas pastoriles. In: *Jornada Anual de Producción Animal (1997, Treinta y Tres)*. Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 15-26 (Actividades de Difusión no.136).
70. Rosengurtt, B. 1943. Estudios sobre praderas naturales; 3ª. contribución del Uruguay. Montevideo, Barreiro y Ramos. 157 p.

71. _____.; Arrillaga de Maffei, B. R.; Izaguirre de Artucio, P. 1970. Gramíneas uruguayas. Montevideo, UY, Universidad de la República. pp. 347-383.
72. Sanderson, M. A.; Skinner, R. H.; Barker, D. J.; Edwards, G. R.; Tracy, B. F.; Wedin, D. A. 2004. Plant species diversity and management of temperate forage and grazing land ecosystems. *Crop Science*. 44: 1132–1144.
73. Santiñaque, F.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. *Investigaciones Agronómicas*. no. 2: 16-21.
74. Shea, K.; Chesson, P. 2002. Community ecology theory as a framework for biological invasions. *Trends in Ecology and Evolution*. 17: 170-176.
75. Smith, M. D.; Wilcox, J. C.; Kelly, T. Knapp, A. K. 2004. Dominance not richness determines invasibility of tallgrass prairies. *Oikos*. 106: 253-262.
76. Stohlgren, T. J.; Binkley, D.; Chong, G. W.; Kalkhan, M. A.; Schell, L. D.; Bull, K. A.; Otsuki, Y.; Newman, G.; Bashkin, M.; Son, Y. 1999. Exotic plant species invade hot spots of native plant diversity. *Ecological Monographs*. 69: 25-46.
77. Tejera, M. 2011. Aplicaciones del debate diversidad - funcionamiento ecosistémico; incorporación del grupo funcional gramínea perenne estival en praderas sembradas del Uruguay. Tesina de pasantía final de grado de Licenciado en Ciencias Biológicas. Montevideo, Uruguay. Facultad de Ciencias. 70 p.
78. _____. 2014. Inclusión del género *Paspalum* en mezclas forrajeras; efecto sobre la disponibilidad de forraje, la resistencia a la invasión, y la estabilidad. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
79. Terra, R. 1973. Evaluación de mezclas forrajeras con inclusión de *Paspalum dilatatum*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.

80. Theron, E. P.; Booysen, P. V. 1966. Palatability in grasses. Proceedings of the Annual Congresses of the Grassland Society of South Africa. 1: 111-120.
81. Tilman, D. 1997. Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*. 78: 81-92.
82. _____; Reich, P. B.; Knops, J.; Wedin, D.; Mielke, D.; Lehman, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*. 294: 843-845.
83. Violle, C.; Navas, M.; Vile, D.; Kazakou, E.; Fortunel, C.; Hummel, I.; Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional. *Oikos*. 116: 882-892.
84. Walker, S.; Wilson, J. B.; Lee, W. G. 2005. Does fluctuating resource availability increase invasibility? Evidence from field experiments in New Zealand short tussock grassland. *Biological Invasions*. 7: 195-211.
85. White, P.; Pickett, S. Patch dynamics; an introduction. In: Pickett, S. T. A.; White, P. S. eds. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. New York, Academic Press. pp. 3-13.
86. Whittaker, R. H. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*. 147: 250-260.
87. Zavaleta, E. S.; Hulvey, K. B. 2004. Realistic species losses disproportionately reduce grassland resistance to biological invaders. *Science*. 306: 1175-1177.