

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VEGETACIÓN Y COBERTURA DEL SUELO BAJO  
PLANTACIONES FORESTALES Y CAMPO NATURAL

por

E. David Silveira Martínez

TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
*Magister* en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias Animales

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
Febrero de 2015

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Amb. (PhD) Gerhard E. Overbeck, Ing. Agr. (MSc) Iván Grela, Ing. Agr. (MSc) Ramiro Zanoniani y la Ing. Agr. (PhD) Laura Astigarraga el 11 de febrero de 2015. Autor: E. David Silveira Martínez. Director Ing. Agr. (PhD) Pablo Boggiano, Co-Director Ing. Agr. (PhD) Mónica Cadenazzi.

*“Si tu intención es describir la verdad, la elegancia déjasela al sastre”.*

Albert Einstein

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por encima de todo.

A mis Padres: Ladhy, Edinson y mi Hermana

A Macarena por su comprensión, apoyo y paciencia...

A mis Amigos Alejandro, Álvaro, Eduardo y Robert con los cuales he compartido horas improductivas pero que te llenan, porque el “Hombre no solo vive del conocimiento”.

Quiero agradecer mucho a todos quienes me incentivaron y colaboraron para que esta tesis pueda llegar a “ser”.

Al Ing. Agr. (MSc, PhD) Pablo Boggiano y a la Ing. Agr. (MSc, PhD) Mónica Cadenazzi primero por brindarme su amistad, integrar su grupo de trabajo y principalmente por sus enseñanzas y constante estímulo.

En especial a mis compañeros Docentes de Producción de Pasturas Ing. Agr. (MSc) Silvana Noëll y al Ing. Agr. (MSc) Ramiro Zanoniani por los invalorable aportes realizados a este trabajo.

A nuestra Institución la Facultad de Agronomía – Universidad de la República por la formación que he recibido.

Al Prof. Lic. Eduardo Marchesi, Dra. Ana González y especialmente al Bach. Andrés González del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Agronomía en la determinación especies herbáceas.

Al Ing. Agr. (MSc) Jorge Hernández y la Ing. Agr. (MSc) Álvaro Califra por los aportes realizados.

A la Ing. Agr. (MSc) Ethel Ferreira Chaves por sus aportes.

Al Ing. Agr. Yerú Pardiñas y personal de la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurt, por el apoyo recibido.

Al Sr. Samuel Pereira por cedernos amablemente su casa y campos para realizar los relevamientos y a la Empresa Montes del Plata por permitirnos visitar sus establecimientos para la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
RESUMEN.....	VI
SUMMARY .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN GENERAL</u> .....	1
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2. OBJETIVOS .....	3
1.2.1. <u>Objetivo general</u> .....	3
1.2.2. <u>Objetivos específicos</u> .....	3
1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	3
1.4. SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL .....	4
1.4.1. <u>Disponibilidad lumínica</u> .....	4
1.4.2. <u>Disponibilidad de agua</u> .....	6
1.4.3. <u>Temperatura</u> .....	6
1.4.4. <u>Velocidad del viento</u> .....	7
1.4.5. <u>Evaporación y humedad relativa</u> .....	7
1.4.6. <u>Disponibilidad de nutrientes</u> .....	8
1.5. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE LAS PLANTAS FORRAJERAS .....	8
1.6. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DEL SOTOBOSQUE .....	11
1.6.1. <u>Cambios en la composición florística</u> .....	12
1.6.2. <u>Diversidad</u> .....	12
1.6.3. <u>Valoración de la Diversidad</u> .....	13
2. <u>CAMBIOS EN EL VALOR PASTORAL DE LA VEGETACIÓN EN CONDICIONES SILVOPASTORILES Y CAMPO NATURAL</u> .....	15
2.1. RESUMEN .....	15
2.2. INTRODUCCIÓN.....	16

2.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
2.4.1. <u>Caracterización del componente arbóreo</u> .....	19
2.4.2. <u>Componentes de la cobertura del suelo</u> .....	21
2.4.3. <u>Tipos Productivos</u> .....	25
2.4.4. <u>Valor Pastoral Corregido</u> .....	29
2.5. CONCLUSIONES.....	32
2.6. AGRADECIMIENTOS .....	32
2.7. BIBLIOGRAFÍA .....	32
3. <u>ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES FORESTALES Y CAMPO NATURAL</u> .....	36
3.1. RESUMEN .....	36
3.2. INTRODUCCIÓN.....	37
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	38
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.4.1. <u>Familia, Géneros y Especies</u> .....	40
3.4.2. <u>Riqueza</u> .....	45
3.4.3. <u>Diversidad</u> .....	47
3.4.4. <u>Equidad</u> .....	48
3.5. CONCLUSIONES.....	50
3.6. BIBLIOGRAFÍA .....	50
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u> .....	55
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	64
6. <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	65
7. <u>ANEXOS</u> .....	80
7.1. LISTA DE ESPECIES RELEVADAS, SU HÁBITO DE VIDA, CICLO DE CRECIMIENTO, TIPO PRODUCTIVO E ÍNDICE PASTORAL .....	80

## RESUMEN

El establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) sobre ecosistemas de praderas naturales es una práctica que se ha venido produciendo en el Bioma Campos de América del Sur. La convivencia de áreas forestadas y no forestadas determina un gradiente de intervención desde la sustitución de la vegetación residente por especies forestales hasta la interferencia en el ambiente lumínico de las áreas no forestadas. Para nuestras condiciones no existe información que caracterice la vegetación del sotobosque y las áreas no plantadas. El trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto de la plantación forestal sobre la cobertura del suelo, los tipos productivos y el valor pastoral del estrato herbáceo, así como caracterizar la composición específica, la riqueza, equidad y diversidad de comunidades de sotobosque, callejones corta fuego y el campo natural. El estudio se realizó en tres localidades, en 18 transectas con direcciones N-S y E-O ubicadas en la entre fila de rodales, callejones corta fuego y campo natural, localizando 30 marcos de 0,25m<sup>2</sup> en cada una. Fueron relevadas 172 especies determinando su cobertura, clasificación en familias y géneros, así como también se calculó la riqueza, equidad y diversidad y con base en el tipo productivo de cada especie se estimó el valor pastoral corregido por cobertura vegetal. Los resultados muestran que comunidades desarrolladas bajo plantaciones forestales presentan menor cobertura vegetal. Vegetaciones desarrolladas en ambientes con mayor interferencia del dosel arbóreo presentaron menores valores en el número de familias, géneros y especies. Los valores de riqueza y diversidad disminuyeron ante aumentos de la interferencia del dosel arbóreo y la menor expresión de dominancia se asoció a ambientes más sombreados. Plantaciones forestales comerciales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación E-O generan comunidades de sotobosque con baja riqueza y diversidad específica. La aptitud ganadera de las comunidades desarrolladas en callejones corta fuego y plantaciones de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis* fueron inferiores al resto de las situaciones.

Palabras Claves: tipos productivos, cobertura de suelo, riqueza, diversidad, valor pastoral

## SUMMARY

Study of the differences in the coverage of soil botanical composition and structural of vegetation developed under forest plantation and grassland

At South America Grassland Biome, the settlement of commercial forest plantations (CFP) into natural grassland ecosystems is a common practice. The existence of both natural grasslands and forested areas determine an intervention gradient since the substitution of the natural vegetation for wooded areas to the lighten environment for no forested areas. In the conditions of Uruguay there's not information available to characterize either the scrubland vegetation or the non-forested areas. The objective of this research was the study of the forested plantation effect into the soil cover, the different productive types as well as the value of the grassy layer. Also it tried to characterize the specific composition, richness, equity and diversity of the scrubland communities, fire-break roads and natural grassland surfaces. The study was done in three points, in 18 transects (direction N-S and E-W) located within the forest stands, fire-break roads and natural grassland, localizing 30 marks of 0.25 m<sup>2</sup> each one. 172 species were sampled determining for each one: coverture, gender and family classification as well as richness, equity and diversity. Based in each specie productive type the grass value –corrected by vegetal cover- was estimated. The results demonstrate that those communities developed under forestry plantations show low vegetal cover value. Vegetation communities developed in environments where the forest stands do interfere show lower values in: number of families, gender and species. Diversity and richness values were even lower when forest stand interference was greater, and the lower dominance expression was associated to darker ambiances. Commercial forest plantations of *E. grandis* and *P. taeda*, E-W oriented, gave scrubland communities with low richness and specific diversity. The cattle production aptitude of the communities developed in fire-break roads and *P. taeda* and *E. grandis* plantations were lower than others developed in others situations.

Key words: productive types, soil cover, richness, diversity, grass value

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En la actualidad, el mundo tiene cada vez una mayor demanda de productos de la ganadería, agricultura y la forestación. En el Uruguay esto se refleja en el continuo crecimiento de las exportaciones de productos provenientes de la producción animal, de cultivos industriales y de los bosques plantados (DIEA 2012).

Aunque el sector agropecuario es el principal promotor del desarrollo económico y social del Uruguay, los sistemas intensivos de uso de la tierra por parte de los principales cultivos (soja, trigo, arroz, sorgo, maíz, etc.) donde es práctica corriente el monocultivo, las plantaciones forestales comerciales en rodales con alta densidad y el uso de prácticas de manejo del pastoreo inadecuadas pueden causar consecuencias graves sobre el ambiente en el futuro y por lo tanto son social y económicamente insostenibles a largo plazo.

Entre los posibles problemas deben citarse la erosión y pérdida de fertilidad del suelo, la sedimentación en los cursos de agua, el uso excesivo de agrotóxicos, la contaminación del suelo y el agua, la erosión genética a través de la pérdida de especies forrajeras nativas (biodiversidad), procesos que pueden ocurrir solos o en combinación.

La práctica de integración de diversos cultivos por medio de los sistemas agroforestales ha sido adoptada naturalmente por los productores en diversas partes del mundo, favoreciendo los ingresos prediales para la satisfacción de necesidades específicas tanto para el corto como para el mediano plazo. Esta aplicación relativamente compleja, se ha adaptado en los distintos continentes y sus diferentes regiones (Pereira y Rezende 1996, Burley y Wood 1995, Montagnini 1992, Gliessman 1989).

Una de las principales ventajas de la utilización de estos sistemas es aumentar la eficiencia de uso del suelo por combinaciones apropiadas del componente forestal al pastoreo asociado. Sin embargo, las complejas interacciones entre los componentes mayores (árboles, pasturas, el ganado y el medio ambiente edafo-climático) que son de vital importancia para el funcionamiento del sistema introducen desafíos y complejidades que no se producen en los sistemas tradicionales de monocultivos (Lin et al. 1999). Para que estos sistemas sean sustentables, el nivel de conocimiento entre sus componentes necesita de una mayor comprensión de sus diferentes interfaces, destacándose el componente arbóreo y las especies forrajeras usadas (cultivadas o nativas), la cantidad de luz interceptada, las

interacciones suelo – árbol – pastura, con la producción animal deseada (Oliveira et al. 2007, Lucas 2004, Lin et al. 1999).

Para nuestras condiciones es muy importante tener en cuenta que las pasturas nativas son un recurso muy valioso, natural y renovable, que consiste en la asociación compleja (comunidades) de cientos de especies de alto valor para la producción animal, que ciertamente pueden expresar diferentes potenciales genéticos en las diversas condiciones ambientales y sistemas pastoriles en la región. Debido a su importancia ambiental-ecológica y económica, las pasturas nativas han sido objeto de amplios y detallados estudios, para el uso agronómico bajo condiciones extensivas y a pleno sol, tanto a nivel nacional como regional (Peloche 2012, Zanoniani et al. 2012, Zanoniani et al. 2011, Boggiano et al. 2010, Nabinger y Carvalho 2009, Valls et al. 2009, Zanoniani 2009, Nabinger 2006, Boggiano et al. 2005, García et al. 2005, Del Puerto 1969, Rosengurtt 1946, Rosengurtt et al. 1943, Gallinal et al. 1938). Sin embargo, existe muy poca información sobre el comportamiento de dichas pasturas en condiciones de sombra (o creciendo bajo sombra) (Barro et al. 2012, Zarza 2002, Pillar et al. 2002).

### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En los sistemas forestales actuales (monocultivo) a partir de la intervención de las áreas a plantar, la contribución de la vegetación campestre original pasa a ser prácticamente nula, a partir del establecimiento y desarrollo de los rodales existe en parte una recomposición de algunas especies nativas y foráneas debido a la presencia de semillas y propágulos vegetativos que escaparon a las intervenciones realizadas. La dinámica de las comunidades herbáceas bajo rodales será probablemente una función de la composición de especies de la comunidad original y del banco de semillas, de la densidad y de la velocidad de crecimiento de la especie arbórea considerada (Pillar et al. 2002).

Por otro lado, se sabe que la vegetación herbácea se modifica en respuesta a las alteraciones en los factores ambientales como la intensidad y calidad de la luz, balance de radiación y condiciones hídricas, adicción de nutrientes a través de la fertilización, entre otros factores de crecimiento (Carranza y Ledesma 2009, Oliveira et al. 2007, Leblanc et al. 2005, Andrade et al. 2002, García et al. 2001, Chen et al. 1997, Wilson y Ludlow 1991, Chazdon 1987, Ludlow 1978).

En este contexto se hace necesario caracterizar las comunidades herbáceas que se desarrollan asociadas a los rodales, donde el objetivo principal de estos es la producción de madera para aserrío o para la producción de pulpa de celulosa. Para nuestras condiciones existe poca información que caracterice la cobertura vegetal bajo el dosel arbóreo, en términos de la composición florística, sus tipos productivos, el valor pastoral, la riqueza, diversidad y equidad de la vegetación, tanto del sotobosque como de las áreas no plantadas en plantaciones forestales comerciales (PFC) y para las diferentes modalidades de producción, requiriendo de esa información para sustentar el desarrollo de futuros sistemas silvopastoriles (SSP).

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo general

Estudiar el efecto de la plantación forestal sobre la estructura y valor pastoral de las comunidades vegetales asociadas.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar las variaciones en cobertura (%) de los componentes más importantes que cubren el suelo bajo el dosel arbóreo, callejones corta fuego y campos naturales.
- Determinar si existen variaciones en la composición botánica, riqueza, diversidad, equidad, tipos productivos y el valor pastoral entre las comunidades desarrolladas bajo el dosel arbóreo (sotobosque), los callejones cortafuego y el campo natural.
- Caracterizar las comunidades presentes bajo los rodales, callejones corta fuegos y campos naturales.

## 1.3. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

La comunidad vegetal de sotobosque difiere en estructura (cobertura del suelo, composición botánica, riqueza, diversidad, equidad) a las situaciones de plena luz.

Los cambios de cobertura del suelo y composición botánica generan diferencias en el valor pastoral de las comunidades vegetales del sotobosque frente a las que se desarrollan a plena luz.

En consecuencia a los cambios en la composición florística, la vegetación de sotobosque difiere a las situaciones de plena luz en riqueza, diversidad y equidad.

#### 1.4. SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

Las ventajas comparativas del sistema árbol – pastura – animal pueden verse afectadas si no realizamos en forma correcta la elección de la especie y densidad de los árboles (Pachas et al. 2008, Oliveira et al. 2007, Calil et al. 2004, Gallo et al. 1999, Cameron et al. 1994, Acciaresi et al. 1994), ya que se sabe que el aumento del número de árboles o la edad de los mismos son la principal fuente de generación de competencia directa por recursos (luz, nutrientes del suelo y agua) con los pastizales en los SSP (Oliveira et al. 2007, Leblanc et al. 2005, Chen et al. 1997). En este sentido, la tolerancia de especies forrajeras a la sombra sería una de las condiciones necesarias para aprovechar las ventajas de la integración pastura-árbol y que dicha integración promueva una respuesta animal favorable.

Existe amplia evidencia que indica que la presencia del dosel de los árboles tiene un impacto sobre el microclima que lo hace distinto a áreas circundantes desprovistas de cobertura arbórea (Potter et al. 2001, Morecroft et al. 1998, Carlson y Groot 1997, Liechty et al. 1992). La magnitud de las variaciones microclimáticas bajo coberturas arbóreas está determinada por distintos factores, tales como densidad, cobertura, calidad de sitio, ubicación geográfica, composición específica y arquitectura del bosque, condiciones climáticas locales y variación estacional (Gómez Sanz 2004).

##### 1.4.1. Disponibilidad lumínica

Existen cuatro procesos principales en los cuales la radiación solar juega un rol fundamental para la vida vegetal, es la fuente de energía para la fotosíntesis, provee la energía (flujos térmicos) que la planta convierte en calor, la calidad de luz (distribución espectral de radiación de onda corta) juega un rol importante en la regulación del crecimiento y desarrollo vegetal (fotomorfogénesis) y la radiación de alta energía (radiación de onda corta)

puede generar daño en las células vivas, afectando particularmente la estructura del material genético y causando mutaciones (Gómez-Aparicio et al. 2006).

Cuando la luz pasa a través de un dosel que contiene clorofila se altera su calidad y se reduce en su cantidad, produciéndose una disminución de la relación rojo/rojo lejano (R/RL) que puede tener profundos efectos sobre el crecimiento y desarrollo (Wilson y Ludlow 1991, Ludlow 1978). Dentro del bosque, la calidad y la cantidad de luz varían espacial y temporalmente a diferentes escalas. En comunidades de sotobosque bajo un dosel cerrado, las intensidades de luz son extremadamente bajas en la mayor parte del día, lo que hace que la capacidad fotosintética y las tasas de crecimiento de las plantas sean bajas (Chazdon 1987), mientras que en condiciones de alta intensidad lumínica, las plantas incrementan su tasa de crecimiento y su capacidad fotosintética es mayor, por lo que la magnitud del aumento o disminución de la luz directa y de su intensidad influyen la respuesta de las especies (Fletcher et al. 1987).

La cantidad de luz disponible para el crecimiento del componente pastura en un sistema silvopastoril es uno de los factores que determina la producción de forraje, por lo que puede considerarse como un factor decisivo para la sostenibilidad de estos sistemas (Carranza y Ledesma 2009, Oliveira et al. 2007, Andrade et al. 2002, García et al. 2001). En rodales de *Populus* spp. se determinó que las comunidades de sotobosque recibían un 33% menos radiación que las pasturas creciendo a cielo abierto (Douglas et al. 2006).

El valor medio de radiación solar bajo el dosel arbóreo varía en función de los diferentes arreglos del sistema agrosilvopastoril, en espaciamientos densos en cultivos de *Eucalyptus* spp. como 3 x 2 m o 3 x 3 m, a los dos años el cerramiento del dosel provoca un nivel de intercepción de la radiación distribuido en forma general en todo el rodal, no siendo posible introducir cultivos en las entre filas, debido a limitaciones de espacio, supresión física por los residuos (hojas y ramas), competencia por agua y nutrientes y además por la baja disponibilidad lumínica (Oliveira et al. 2007).

Por otro lado, se determinó que al aumentar las densidades de 883 a 1666 árboles ha<sup>-1</sup> con árboles de 10 meses de edad, se redujo la radiación fotosintéticamente activa (RFA) a nivel de la pastura del 71% a 43% dentro y fuera del rodal respectivamente, esta reducción aumentó con la edad del rodal llegando a 29,3% y 17,4% a los 25 meses de edad (Silva 1998).

Si bien en la mayoría de los casos, la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la copa de los árboles que a pleno sol, no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución de la energía lumínica (Caballé et al. 2009, Fernández et al. 2002, Pezo e Ibrahim 1998). *Panicum maximum* Jacq cv. Petrie y de *Bothriochloa insculpta* (Hochst. ex A. Rich) cv. Bisset creciendo bajo una cobertura artificial determinó la presencia de una mayor proporción de luz difusa lo cual incremento el rendimiento de forraje y la eficiencia de utilización de la luz, obteniéndose un rendimiento medio superior que a pleno sol (Healey et al. 1998).

#### 1.4.2. Disponibilidad de agua

La presencia del árbol modifica el balance hídrico del sistema, en este sentido se determinó que cuando árboles y pasturas compartían un mismo espacio, la menor temperatura en el estrato herbáceo provocó una disminución de la tasa de transpiración, que se tradujo en una menor evapotranspiración (Wilson y Lodlow 1991).

En estudios donde se estimó el impacto de la cobertura arbórea de SSP sobre la dinámica hídrica en una zona de recarga de cuenca, se concluyó que la cobertura arbórea se correlacionó negativamente con el escurrimiento superficial y positivamente con la infiltración, con que produjo beneficios hidrológicos que redundó en una mayor conservación de agua en el suelo (Ríos et al. 2008, Ríos et al. 2007).

#### 1.4.3. Temperatura

Las diferencias de temperaturas (tanto de aire y suelo) están dadas principalmente por la latitud en la que se ubicaban los sitios (Bahamonde et al. 2009, Caldentey et al. 1999). Las amortiguaciones de las temperaturas extremas (máximas y mínimas) por la cobertura arbórea han sido documentadas (Bahamonde et al. 2009, Caldentey et al. 1999) y están dadas por la interceptación de la radiación producida por el canopeo que en el invierno generaría una capa de aire cálido (Gómez Sanz 2004) y en el verano la mayor radiación incidente en los lugares sin cobertura arbórea se correlacionaría con temperaturas más altas (Morecroft et al. 1998).

En primavera las temperaturas máximas detectadas en rodales fueron siempre inferiores bajo la cobertura arbórea, mientras que las temperaturas mínimas fueron crecientes al pasar de un 30 al 50% de cobertura arbórea (Ovalle y Avedaño 1984b). La temperatura

varía con la densidad de árboles, la temperatura máxima promedio más alta se produjo en condiciones a cielo abierto (0 árboles.ha<sup>-1</sup>), si bien se observó poca diferencia entre los valores de 0, 200 y 400 árboles.ha<sup>-1</sup>, el rango en general fue de 1,3 ° C. En contraste, la temperatura mínima era siempre más alta con 200 árboles.ha<sup>-1</sup> (Hawke y Wedderburn 1994).

#### 1.4.4. Velocidad del viento

La velocidad del viento es menor en los primeros metros sobre el nivel del suelo en el interior del bosque con respecto a sitios sin cobertura arbórea y disminuye al aumentar la densidad del rodal (Promis et al. 2010, Bahamonde et al. 2009, Morecroft et al. 1998). La velocidad del viento se reduce en una magnitud importante dentro del bosque con diferentes alturas (77% en rodales con 6-8 m de altura y 84% en rodales menores a 6 m) respecto al lugar sin árboles lo cual se debería principalmente a que la presencia del bosque produce un efecto de rugosidad que detiene al viento (Bahamonde et al. 2009).

El recorrido del viento por día es la variable más afectada por la presencia de los árboles. La mayor reducción del recorrido del viento se produjo con 400 árboles.ha<sup>-1</sup>, donde hubo una reducción del recorrido del viento promedio anual del 78% en comparación con el área sin árboles. Reducciones comparativas entre 100 y 200 árboles.ha<sup>-1</sup> fue de 45% y 44%, respectivamente, y fueron consistentes entre años. El patrón de la reducción del viento con el aumento de la densidad de árboles no se vio afectada por la estación del año (Hawke y Wedderburn 1994).

#### 1.4.5. Evaporación y humedad relativa

El efecto de los árboles al disminuir la temperatura bajo el dosel provoca una reducción de la capacidad evaporativa del aire durante la primavera. En contraposición durante los meses más cálidos, en directa relación con el aumento de las temperaturas, la evaporación aumentó bajo los recubrimientos mayores de dosel arbóreo, producto del recalentamiento por abrigo de las copas (Ovalle y Avedaño 1984b). Bajo los rodales fue detectado un aumento de la humedad relativa hasta el mes de diciembre para posteriormente igualarse bajo los rodales y a cielo abierto. Esto indicaría que se mantiene una mayor humedad, debido a una atenuación de las temperaturas y evaporación, desapareciendo estos efectos con el advenimiento del verano (Ovalle y Avedaño 1984b).

#### 1.4.6. Disponibilidad de nutrientes

Numerosos autores coinciden en afirmar que el componente arbóreo es esencial para mantener la fertilidad del suelo, a través del reciclaje de nutrientes, debido a la mayor actividad biológica, aumentando el contenido de materia orgánica, el contenido de humedad, la capacidad de intercambio catiónico, el aporte de nitrógeno (con especies fijadoras) y los niveles de fósforo y carbono (Hernández et al. 2008, González 2008, Carvalho et al. 1994, Belski 1992, Bird et al. 1992, Jackson et al. 1990, Ovalle y Avedaño 1984a).

#### 1.5. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE LAS PLANTAS FORRAJERAS

Entre los componentes vegetales, las interacciones que se producen pueden ser “directas”, a partir de la competencia por el uso de los principales recursos (luz, agua y nutrientes), o “indirectas”, cuando uno de los componentes afecta las condiciones ambientales que condicionan la utilización de los recursos por el otro componente. En los SSP la presencia de más de un estrato vegetal presupone conocer y manejar múltiples interacciones ecológicas que además, son dinámicas (Mead 2010, Mead 2009, Carranza y Ledesma 2009; Callaway y Walker 1997).

La fotosíntesis es el proceso clave para el crecimiento de las plantas y está estrictamente determinado por la disponibilidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) que llega a las mismas. En un SSP la RFA está determinada por factores geográficos, temporales y estructurales, como ser: latitud, especies forestales, densidad del rodal, índice de área foliar (IAF), biomasa y estructura de la copa tanto vertical como horizontal (Sampson y Lee Allen 1998).

Pachas et al. (2008) trabajando *Eucalyptus grandis* con distintas densidades, determinó que, en un lapso de 12 meses la RFA disponible para las plantas forrajeras disminuyó drásticamente en todas las densidades evaluadas, donde la acumulación de biomasa forrajera fue superior en el tratamiento a cielo abierto, manteniendo una tendencia de que a menor densidad de árboles mayor disponibilidad de materia seca. Varios autores y para distintas condiciones de ambiente y clima concluyen que la producción de forraje, se ve reducida por la sombra de los árboles, atribuyendo dicho comportamiento a la competencia

por radiación solar, agua y nutrientes (Oliveira et al. 2007, Peri 2005, Peri et al. 2003, Peri et al. 2002, Villafuerte et al. 1999).

Bellow y Nair (2003) afirman que en ls SSP es necesario conocer la radiación disponible para las plantas o los niveles de sombra generada por el rodal con el fin de manejar niveles óptimos y anticipar de alguna forma los umbrales críticos que puedan afectar las especies herbáceas que componen el sotobosque. En *Pinus* spp. Knowles y West (1986) y Fassola et al. (2005), relacionaron la característica largo de copa verde (LCV) con parámetros del propio rodal, como el área basal y la biomasa forrajera, lo cual permitió con una sola variable controlar la respuesta a tratamientos de poda y raleo, como también regular la producción de biomasa forrajera durante periodos cortos de tiempo.

En distintas especies de *Pinus* spp e híbridos la intercepción de luz (RFA) es diferente al variar esta característica (LVC), cambia la forma de acumulación de carbono (rendimiento) con la especie forestal y también se afecta el estrato herbáceo con el tipo de dosel arbóreo (Ferrere et al. 2003, Fassola et al. 2002).

El sombreado afecta la producción de forraje de especies perennes estivales, encontrándose algunas especies como el *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 más adaptadas que otras, siendo un espaciado de 15 x 3 m el que menos afectó las producciones de forraje (Adami et al. 2006).

Sator et al. (2006) evaluando la respuesta productiva de forrajeras invernales y leguminosas en un SSP observó una interacción entre la especie y el nivel de sombreado, siendo *Lotus corniculatus* cv San Gabriel y *Trifolium repens* las especies más afectadas no difiriendo entre sí. *Lolium multiflorum* fue la especie más adaptada a las condiciones expuestas y su producción no disminuyó en los ambientes con limitación de la radiación solar. Barro et al. (2008), utilizando las mismas especies evaluó el rendimiento de materia seca a cielo abierto y dos niveles de sombreado (555 y 333 árboles.ha<sup>-1</sup>), obteniendo una reducción en promedio de 65% y 50% en relación al rendimiento medio obtenido a pleno sol.

Kirchner et al. (2008), concluye que para especies anuales invernales el sombreado afecto la producción de materia seca, especialmente en las mayores poblaciones de *Pinus taeda*. A diferencia de los resultados de los anteriores estudios, Wilson y Ludlow (1991), explica mejor estas respuestas, agregando que en ambientes de sombra

existe una fuerte diferencia en la relación rojo/rojo lejano (R/RL) y una disminución de la luz azul, todo ello debido a la absorción selectiva de algunos largos de onda por el dosel arbóreo, lo cual interferiría en las respuestas morfo-fisiológicas de las plantas y consecuentemente en su calidad forrajera.

El cambio en la calidad de luz, fundamentalmente la alteración de la relación R/RL de la radiación que llega a las plantas herbáceas que crecen bajo dosel arbóreo, produce cambios morfológicos, como etiolación y aumento de área específica de hojas (Pachas et al. 2009, Carranza y Ledesma 2009, Pearcy et al. 2004, Casas y Djemai 2002, Pearcy 1999, Lambers et al. 1998, Poorter y Van der Wer 1998), cambios en la composición química de las plantas que afectan directamente a la calidad forrajera (Bahamonde et al. 2012, Mead 2009, Cavagnaro y Trione 2007, Carranza y Ledesma 2005), cambios en la asignación de biomasa, alterando la relación biomasa raíz / biomasa aérea (Pachas et al. 2009, Carranza y Ledesma 2009, Cavagnaro y Trione 2007, Durr y Rangel 2000, Burslem 1996) y alteración de la producción y calidad de semillas, aspecto fundamental para la persistencia de los pastizales (Castro et al. 2009, Ricalde et al. 2004, Steckel et al. 2003).

Barro et al. (2006), estudiando el valor nutritivo de gramíneas anuales de invierno en dos densidades de *Pinus elliottii* y a pleno sol concluye que la disminución de la luminosidad aumenta la calidad nutritiva de esas gramíneas forrajeras. El *Lolium multiflorum* presentó el mayor valor nutritivo, seguida por *Avena sativa* y *Avena strigosa*. En este mismo sentido otros estudios realizados confirman lo antes mencionado de que para diferentes especies forrajeras y en diferentes niveles de sombreado se observan variaciones sobre los contenidos de PB, FDA y lignina (Moreira et al. 2009, Morais et al. 2006, Belsky 1992, Shamarakoon et al. 1990).

Carvalho et al. (1994) en un estudio realizado en Brasil, donde evaluó el efecto de árboles aislados sobre la disponibilidad y composición mineral concluye que las concentraciones medias de nitrógeno y potasio en las hojas verdes fueron más altas en las áreas de sombra que en las que crecían a plena luz.

En un estudio donde se evaluó el desempeño de cuatro gramíneas perennes estivales con cuatro niveles de sombra artificial (0%, 30%, 50% y 70%), se destacaron *Brachiaria brizantha* y *Panicum maximum*, las que obtuvieron las mayores tasas de acumulación de materia seca (Soares de Andrade et al. 2004).

En un cultivo de *Eucalyptus urophylla* de cinco años de edad se estudiaron los factores limitantes sobre el crecimiento de *Panicum maximun*. El ensayo consistió de fertilización con NPK con dos niveles de nitrógeno (0 y 100 kg. ha<sup>-1</sup>), fósforo (0 y 70 kg. ha<sup>-1</sup> como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (0 y 100 kg. ha<sup>-1</sup> como K<sub>2</sub>O). Los autores llegaron a la conclusión que la tasa de acumulación de forraje no estaba siendo restringida solamente por la baja disponibilidad de nitrógeno y el sombreado, como únicos factores limitantes de la productividad de la gramínea, sino que había un efecto alelopático del eucalipto sobre la misma (Andrade et al. 2002).

Olivera et al. 2007 afirman que espacios de 10 metros entre hileras es un sistema eficiente para la asociación árbol – pastura, siempre y cuando la gramínea asociada posea una mayor tolerancia al sombreado.

#### 1.6. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA DEL SOTOBOSQUE

El sombreado afecta la calidad del forraje, su producción y la composición de la pastura, se han observado en pasturas nativas, un cambio en la composición botánica, incrementándose especies forrajeras valiosas por la presencia de la cobertura arbórea (Lacorte y Esquivel 2009).

En rodales de *Pinus ponderosa* en Patagonia también se produce una alteración de la composición florística de la pastura nativa. *Festuca pallescens* reacciona ante la sombra de acuerdo a la disponibilidad de agua, disminuyendo su crecimiento en temporadas secas con sombreados superiores al 60 %, mientras que recién lo hace con un sombreado del 90 % cuando el año es húmedo (Caballé et al. 2009). En tanto y para la misma región, *Stipa speciosa*, especie de menor valor forrajero y dominante en tapices abiertos, reacciona ante sombreado disminuyendo linealmente su crecimiento, tanto en años secos como en húmedos (Fernández et al. 2002).

Cuando los SSP se instalan interviniendo sobre formaciones nativas, se produce un cambio en la composición específica de la pastura, a partir de la heterogeneidad espacial que genera la intervención (Carranza y Ledesma 2005).

### 1.6.1. Cambios en la composición florística

Los cambios que se pueden visualizar en la comunidad de sotobosque en PFC depende de factores esbozados anteriormente como los cambios microclimáticos, en este sentido en rodales de *Eucalyptus* sp. se identificaron áreas menos sombreadas caracterizadas por la presencia de *Paspalum notatum*, *Axonopus fissifolius*, *Centella* sp. entre otras, en cambio en los sitios más sombreados se caracterizaron por la presencias de *Piptochaetium montevidense*, *Hypoxis decumbens*, *Pfaffia tuberosa* y *Agrostis* sp. determinándose que la composición de grupos funcionales (cobertura de especies C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>) está asociada al patrón de sombreadamiento (Pillar et al. 2002).

Picasso et al. 2003 afirman que la sombra en SSP con especies nativas podrían reducir la radiación solar estival el cual es uno de los factores que limita la sobrevivencia de gramíneas C<sub>3</sub> en las pasturas naturales. Sus resultados muestran que en el área de sombra predominan las especies con metabolismo C<sub>3</sub> como *Lolium multiflorum* Lam., *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr) Barkworth y *Bromus catharticus* Vahl., mientras que a distancias mayores del fuste de los árboles se incrementan las especies con metabolismo C<sub>4</sub> como *Paspalum notatum* Alain ex Flügge y *Paspalum dilatatum* Poir. Estos gradientes detectados permiten concluir que los SSP incrementan la abundancia de especies invernales.

### 1.6.2. Diversidad

Los ecosistemas naturales están integrados por diferentes tipos de elementos que se presentan en distintas cantidades, es decir, son diversos (Halffter et al. 2001). Por lo que en ese entendido, la diversidad se define como la variabilidad de organismos vivos en un ambiente; incluye la diversidad dentro de cada especie y entre las especies.

El objetivo de medir la diversidad de las comunidades es tener un parámetro de comparación de la productividad o estabilidad entre ellas (Pielou 1975), además aporta conocimientos para caracterizar la estructura de las comunidades, determinar los niveles de disturbios en el ambiente, sirve de herramienta para tomar decisiones y emitir recomendaciones para el manejo y conservación de las especies, principalmente de aquellas amenazadas o en vías de extinción, así también para monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente (Ellum 2009, Melo 2008, Moreno 2001). Las formas

convencionales de medir y entender la diversidad biológica en la ciencia han residido en la presencia de especies (riqueza), la equidad y la mezcla de ambos conceptos (Ellum 2009, Melo 2008, Booth et al. 2003, Magurran 1988).

### 1.6.3. Valoración de la Diversidad

Se han realizado estudios para conocer el efecto de una plantación de *E. camaldulensis* en la recuperación de un bosque natural a través del índice de diversidad de Shannon y el análisis florístico, encontrándose que la composición de especies herbáceas en ambos sitios fue similar, sin embargo, la mayor diversidad se obtuvo en el bosque natural (Bone et al. 1997), en este mismo sentido, en la rehabilitación de colinas degradadas se obtuvo el índice de Shannon para conocer la diversidad florística en plantaciones y bosques naturales, obteniendo que la diversidad florística de la plantación se incrementó conforme la edad por la invasión y el establecimiento de especies nativas (Zhuang 1997). Moscovich et al. (2002) emplearon el índice de Shannon y coeficiente de Jaccard para definir los indicadores de sustentabilidad ecológica cuando se llevan a cabo plantaciones forestales introducidas, comparándolo con bosques nativos a través de la diversidad obtenida, que fue mayor en el bosque nativo.

Se ha empleado el índice de Simpson para conocer la relación entre la invasión de *P. radiata* y la diversidad de especies en áreas de vegetación natural, encontrando que las áreas adyacentes a las plantaciones de *P. radiata* tenían una baja diversidad y una alta abundancia de pinos y que el efecto de éstos era de invasión hacia la vegetación natural (Williams y Wardle 2005). Se examinó la diversidad alfa y beta (índice de Shannon y análisis tipo Q) a través de tres grupos funcionales (plantas, escarabajos y aves) de una plantación exótica y un bosque de *Nothofagus dombeyi* relativamente sin disturbios, obteniendo una menor diversidad en la plantación en comparación con el bosque nativo de *N. dombeyi* (Paritsis et al. 2008).

Los cambios producidos en la sustitución de vegetación nativa por *P. ponderosa* Dougl. estimados a través de la diversidad de especies utilizando el índice de Shannon (H), que considera la riqueza (S) y la equidad (abundancia relativa de especies) se reflejan en una menor diversidad de la vegetación implantada con respecto a la natural (monte de *Nothofagus* sp. y estepa) (Candan et al. 2006). En general, los antecedentes muestran que

en la estimación de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) el índice que se utiliza con mayor frecuencia es el de Shannon el cual toma en cuenta dos aspectos fundamentales de la diversidad, el número de especies (riqueza) y la uniformidad de la distribución del número de individuos de cada especie (equidad), aunque asume que todas las especies están representadas en la muestra (Melo 2008).

## 2. CAMBIOS EN EL VALOR PASTORAL DE LA VEGETACIÓN EN CONDICIONES SILVOPASTORILES Y CAMPO NATURAL<sup>1</sup>

[Silveira, David](#) <sup>\*1</sup>, Cadenazzi, Mónica <sup>2</sup>, Boggiano, Pablo <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Depto. de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt, Ruta 26, km 408, Cerro Largo, Uruguay. [edsilveira@fagro.edu.uy](mailto:edsilveira@fagro.edu.uy)

<sup>2</sup> Depto. de Biometría Estadística y Cómputo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay.

<sup>3</sup> Depto. de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay.

Palabras clave: tipos productivos, cobertura de suelo, comunidades nativas

2.1. RESUMEN – El trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto de la plantación forestal sobre la cobertura del suelo, los tipos productivos y el valor pastoral del estrato herbáceo. El estudio se realizó en tres localidades, en 18 transectas ubicadas en la entre fila, callejones corta fuego y campo natural, localizando 30 marcos de 0,25m<sup>2</sup> en cada una. Fueron relevadas 172 especies determinándose su cobertura y con base en el tipo productivo se estimó el valor pastoral corregido por cobertura vegetal. Los resultados muestran que comunidades desarrolladas bajo plantaciones forestales presentan menor cobertura vegetal. La aptitud ganadera de las comunidades desarrolladas en callejones corta fuego y plantaciones de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis* fueron inferiores al resto de las situaciones.

<sup>1</sup> Artículo remitido a Agrocencia Uruguay

## Summary

### Changes in the pastoral value of the vegetation in silvopastoral systems and grassland

The objective of the work was the study of the effect of the forest plantation effect under the soil cover, productive types and pastoral value of herbaceous layer. The study was done in three locations, and 18 transects located in the inter row spaces of the forest, firebreak and natural grassland, locating 30 frames of 0.25 m<sup>2</sup> each one. A total of 172 species were surveyed, determining coverage, and based on the productive types was estimated the pastoral value corrected by coverage. The results show that communities developed under forest plantation have less vegetation coverage. The communities developed under firebreak, as well as species like *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* have less livestock fitness than the rest of the situations.

Keywords: productive types, soil cover, native communities.

## 2.2 INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) se inicia con la eliminación de las comunidades nativas en las áreas destinadas a los rodales. La plantación forestal sobre comunidades nativas puede contribuir a la producción animal, si dichas comunidades son preservadas en la entre línea (Pillar et al. 2002). La convivencia de áreas forestadas y no forestadas determina un gradiente de intervención desde la sustitución de la vegetación residente por especies forestales hasta la interferencia en el ambiente lumínico de las áreas no forestadas. El grado de atenuación de la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) varía entre especies forestales, dependiendo de la transmisividad de sus hojas, así la cantidad de luz que llega al piso forestal dependerá del tipo de dosel que ésta atraviesa, de la densidad de plantación, su altura y edad (Chen et al. 1997).

Las prácticas silviculturales afectan la competencia, al modificar principalmente el porcentaje de cobertura de copas y otros parámetros estructurales del canopeo como el Índice de Área Foliar (IAF) (Leblanc et al. 2005, Hale 2003, Chen et al. 1997). El sombreado afecta la calidad, producción y composición de la pastura, en pasturas nativas se observó un incremento de las especies forrajeras valiosas asociado a la cobertura arbórea (Lacorte y Esquivel 2009, Picasso et al. 2003). Existen especies que reaccionan ante el sombreado

disminuyendo linealmente su crecimiento, en cambio otras reaccionan ante la sombra de acuerdo a la disponibilidad de agua (Caballé et al. 2009, Fernández et al. 2002).

Cuando se instalan los sistemas silvopastoriles (SSP) interviniendo sobre formaciones nativas, se produce un cambio en la composición específica de la pastura, a partir de la heterogeneidad espacial que genera la intervención (Carranza y Ledesma 2005). Martínez et al. (1990) estudiando un SSP en un semillero de *Pinus taeda* con densidad de 109 árboles ha<sup>-1</sup> determinaron la dominancia de *Cynodon dactylon* (L) Pers. y tipos productivos ordinarios frente a los finos y tiernos. También Zarza (2002) identificó a *C. dactylon* dentro del grupo de gramíneas asociadas al efecto del monte más adaptadas a la sombra junto a *Bromus catharticus* Vahl. mientras que *Paspalum notatum* Alain ex Flüggé presentó comportamiento intermedio, y *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kulhm. (*Axonopus affinis* Chase) y *Juncus sp.* se ubicaron en la zona de pleno sol. Picasso et al. (2003) detectaron diferencias significativas del efecto de los árboles nativos sobre la composición botánica de pasturas naturales, con mayor frecuencia de especies invernales asociadas al ambiente del árbol.

Para nuestras condiciones no existe información que caracterice el valor pastoral de la vegetación del sotobosque y de las áreas no plantadas en plantaciones forestales comerciales (PFC) para las diferentes modalidades de producción, requiriendo de esa información para sustentar el desarrollo de futuros SSP.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la cobertura del suelo, los tipos productivos y el valor pastoral del estrato herbáceo bajo rodales de PFC, callejones corta fuego y el campo nativo aledaño.

### 2.3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la región noreste del Uruguay abarcando tres localidades de los departamentos de Cerro Largo y Tacuarembó. Las localidades fueron: 1. Bañados de Medina, con plantaciones de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden), instalados el año 1998, con una densidad de 1000 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 21'50"(S); Long.: 54° 26'15" (W), 186,5 msnm) sobre Typic/Albaquic Hapludalfs (Soil Survey Staff 2010).

2. Sarandí del Quebracho, con plantaciones de *Eucalyptus globulus globulus* Labill., instalados el año 1998, con una densidad de 1250 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 44'50"(S); Long.: 54° 33'16" (W), 318 msnm) sobre Typic/Pachic/ Abruptic Argiudolls (Soil Survey Staff 2010).

3. Paso Bonilla, con plantaciones de *Pinus taeda* L., instalados el año 2001, con una densidad de 1333 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 52'45"(S); Long.: 55° 53'10" (W), 180 msnm), sobre Inceptic Hapludults (Soil Survey Staff 2010). El manejo del área donde se instalaron los rodales consistió en una aplicación de herbicida total y posterior laboreo de la línea de plantación.

El clima de la región es templado cálido (Subtropical húmedo) tipo Cf (Cfa) del sistema de clasificación de clima de Köppen – Geiger (Kottek et al. 2006).

En cada rodal se midió la densidad de árboles y sus características dasométricas (CD): diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro basal de copa (DBC), altura total (AT) y altura de inserción de la última rama verde (AURV), calculando con AT y AURV la longitud de copa verde (LCV) y con ésta el volumen de copa (Harris y Stöcker 1998), utilizándose un medidor Vértex, una cinta diamétrica milimetrada y una cinta convencional.

En cada localidad se dispusieron seis transectas (sitios) bajo los rodales, callejones corta fuego y campo natural, totalizando dieciocho sitios muestreados. La cobertura del suelo y la vegetación en cada sitio se describió a través de treinta cuadros de 0,50 por 0,50 m distribuidos cada un metro. Bajo el rodal los cuadros se dispusieron en el sentido de la entre fila de los árboles en las orientaciones N–S y E–O, en los callejones corta fuego y el campo natural las transectas se localizaron en las mismas orientaciones. En cada cuadro se determinó la cobertura en porcentaje (Braun - Blanquet 1950) de la cobertura vegetal (CV), suelo descubierto (SD), mantillo + heces (M+H) y restos forestales (RF).

La cobertura vegetal (CV) corresponde a la suma de las coberturas relativas de cada una de las especies, el suelo descubierto (SD) se estimó como la superficie de suelo descubierto y piedras, el área ocupada por mantillo y heces (M+H) corresponde al área no recubierta por vegetación ni suelo descubierto. El área ocupada por los restos forestales (RF) estima el área de restos forestal depositados sobre el suelo. Los relevamientos florísticos y mediciones dasométricas se realizaron entre los meses de enero y marzo del 2010.

Se analizó la calidad forrajera global de cada sitio de muestreo a través del Valor Pastoral corregido (VPc) (Berreta 1989 y 1981). Esta variable se compone de: 1) Cuantificación de la composición botánica, 2) Asignación a cada especie de un valor relacionado con su Tipo Productivo (TP) (Rosengurt 1979 y 1946) el cual varió de 0 a 10 y 3)

Cálculo del valor pastoral (VP) y corregido por la CV (VPc). Las equivalencias de los TP con el Índice Pastoral (IP) se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Escala del Índice Pastoral (IP) según el Tipo Productivo (TP).

Tipos Productivos	IP	Referencia
Maleza de Campo Sucio	0	MCS
Maleza menor / Maleza enana	1	MM/ME
Duro y Duro-Ordinario	2 - 3	D
Ordinario y Ordinario-Tierno	4 - 5	O
Tierno-Ordinario, Tierno y Tierno-Fino	6 - 7 - 8	T
Fino-Tierno / Fino	9 - 10	F

Para el cálculo del valor pastoral (VP) y el VPc se emplearon las siguientes fórmulas:

$$VP = \sum (\% \text{ Cobertura específica} * \text{Valor Índice Pastoral})$$

$$VPc = (VP (\text{Comunidad}) * \% \text{ Cobertura Vegetal}) / 100$$

Se realizó un análisis multivariado de agrupamientos y de componentes principales. Los análisis de agrupamientos fueron realizados entre las 18 unidades de muestreo (sitios), considerando las CD: CV, SD, M+H, RF, TP y VPc. En todos los agrupamientos, las variables fueron estandarizadas, restando la media de cada variable y dividiéndola por el desvío estándar de la misma. La unidad de distancia entre unidades de muestreo fue la distancia euclidiana con las variables estandarizadas, y el método de agrupamiento usado fue el de Ward. En todos los casos, se testó la existencia de un número de grupos nítidos en la estructura de los agrupamientos. La prueba de nitidez de los grupos fue realizada mediante test de aleatoriedad (bootstrap), utilizando 1000 repeticiones. Para los análisis se utilizaron los software MULTIV (Pillar 1997) e Infostat (Di Rienzo et al. 2013).

## 2.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.4.1. Caracterización del componente arbóreo

Los sitios de muestreo caracterizados por las variables dasométricas permiten discriminar tres grupos nítidos (Figura 1). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor: 0,398. Las diferencias en las variables dasométricas LCV, DBC y VC pueden afectar las características del dosel incidiendo en la transmisión de la radiación a través del mismo lo cual fue reportado por

Macedo et al. 2010. La distribución de la biomasa en *Eucalyptus dunnii* Maiden presentó un 73% de la misma alojada en las trozas y un 27% en los restos pos cosecha (despunte, corteza, ramas finas y hojas), en tanto *E. globulus* presentó un 78% de la biomasa alojada en las trozas y un 22% en los restos pos cosecha (Hernández et al. 2009, González 2008). La partición diferente de biomasa aérea entre especies con menor proporción destinada a la copa, podría redundar en un mayor pasaje de luz al sotobosque.

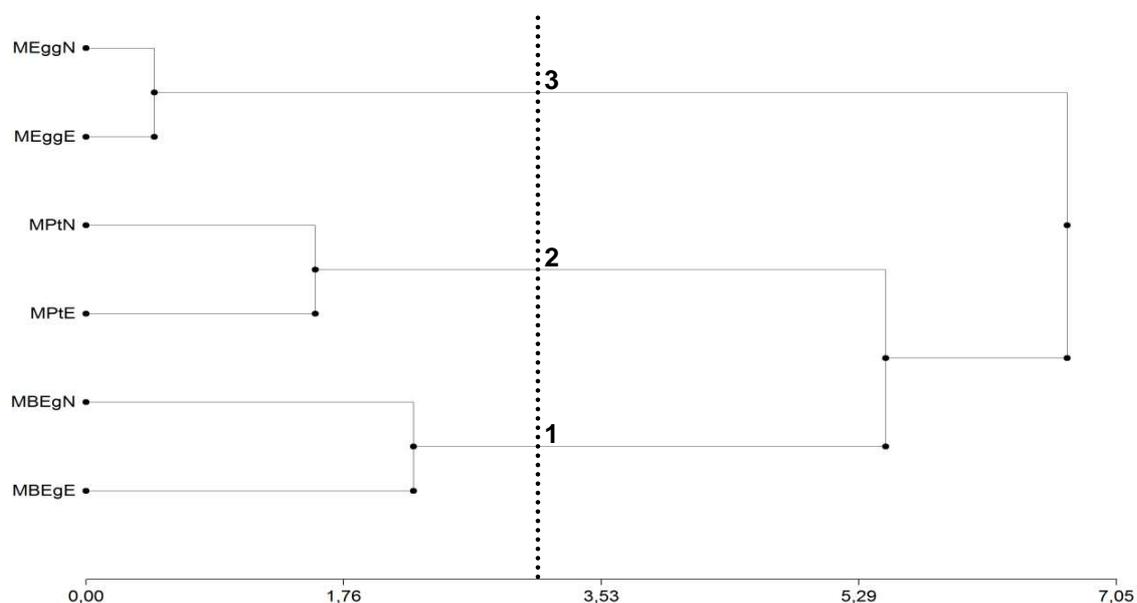


Figura 1: Dendrograma de las características dasométricas según especie forestal. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor = 0,398.

Cuadro 2. Variables dasométricas de los rodales: diámetro medio a la altura del pecho (DAP), altura total (AT), altura de la inserción de la última rama verde (AURV), largo de copa verde (LCV), diámetro basal de copa (DBC) y volumen de copa (VC) según especie.

Medidas	<i>Eucalyptus globulus globulus</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Pinus taeda</i>
DAP (m)	0,61±0,02	0,72±0,03	0,70±0,01
AT (m)	18,87±0,95	26,14±0,66	11,80±0,82
AURV (m)	12,20±0,35	16,20±1,06	2,96±0,04
LCV (m)	6,67±0,59	8,35±1,84	8,81±0,82
DBC (m)	4,41±0,05	5,61±0,36	4,86±0,34
VC (m <sup>3</sup> )	42,86±5,37	76,34±10,49	56,90±11,24

En el Cuadro 2 se presentan las medias de las variables dasométricas de los grupos formados en el análisis de agrupamientos. El grupo 1 está integrado por rodales de *E. grandis*

(MBEgN y MBEgE), los cuales presentaron un mayor valor de AT y VC, el segundo grupo formado por los rodales de *P. taeda* (MPtN y MPtE), los cuales se caracterizaron por el menor valor de AT y AURV y el tercer grupo integrado por los rodales de *E. globulus* (MEggN y MEggE), que presentaron los menores valores de DAP, DBC y VC. Los rodales de *E. grandis* y *P. taeda* presentan una mayor similitud debido a la LCV, DBC y al VC, estas características generan una mayor competencia por luz y por lo tanto se vería reducida la cantidad de radiación fotosintéticamente activa disponible a nivel de la comunidad de sotobosque (Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Hale 2003, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997).

#### 2.4.2. Componentes de la cobertura del suelo

En función de los sitios de muestreo y las variables área cubierta por restos forestales (RF), suelo descubierto (SD), heces + mantillo (H+M) y cobertura vegetal (CV) se identificaron tres grupos nítidos de sitios. Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor: 0,43.

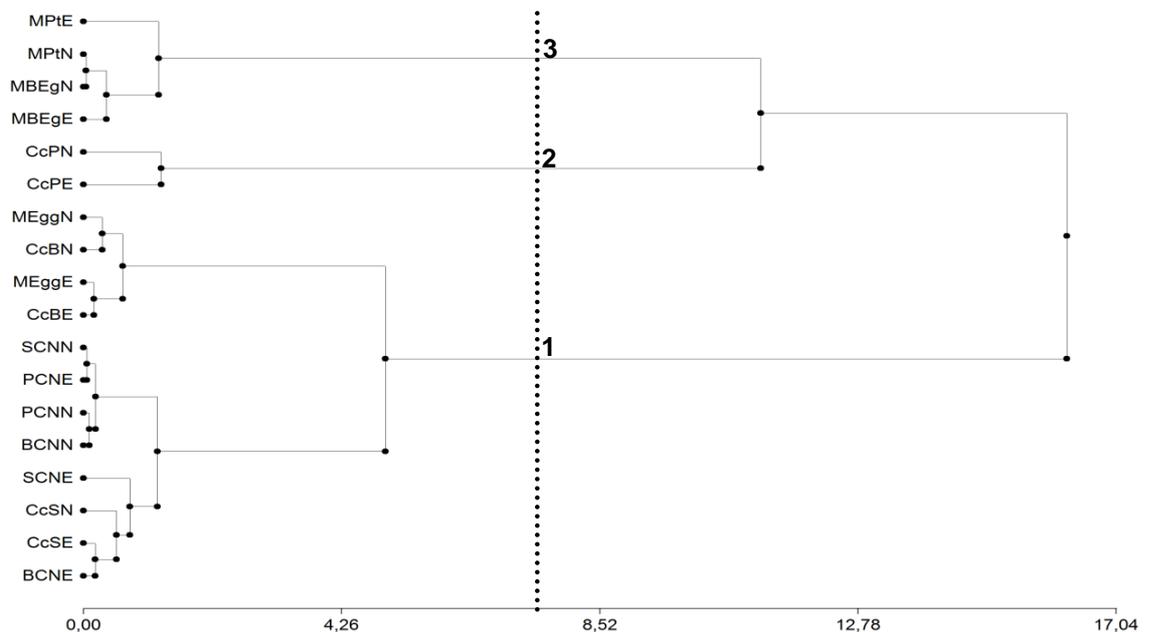


Figura 2: Dendrograma de los sitios en función del área cubierta por los distintos componentes que cubrían el suelo. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor = 0,43.

El primer grupo está integrado por doce sitios que corresponden a todos los campos naturales de las tres localidades (BCNN, BCNE, SCNN, SCNE, PCNN y PCNE), cuatro callejones corta fuego (CcBN, CcBE, CcSN y CcSE) y dos sitios ubicados bajo rodales de *E. globulus* de la localidad de S<sup>dí</sup> de Quebracho (MEggN y MEggE), este agrupamiento se produce por ser los sitios que presentan los mayores valores de CV, con valores promedio de CV de 86,59% (DE ± 15,80), SD de 0,15% (DE ± 0,19), H+M de 1,23% (DE ± 0,93) y RF de 12,03% (DE ± 15,33).

Un segundo grupo de sitios formado por los callejones corta fuego en rodales de *P. taeda* (CcPN y CcPE), con CV de 41,93 % (DE ± 18,28), SD de 12,29% (DE ± 1,93), H+M de 10,25% (DE ± 0,28) y RF de 35,53% (DE ± 20,48). Este agrupamiento se da a expensas de valores promedio similares en los porcentajes de SD, H+M, CV y RF, ocasionando que este grupo se diferencie de los demás grupos.

El tercer grupo integrado por los sitios ubicados en rodales de *E. grandis* (MBEgN y MBEgE) y *P. taeda* (MPtN y MPtE), con CV de 8,27% (DE ± 3,80), H+M de 0,88% (DE ± 1,37) y RF de 90,85% (DE ± 3,56), donde el SD fue cero. Este resultado concuerda con lo reportado para las variables dasométricas, donde *E. grandis* y *P. taeda* presentan menores diferencias entre ellos que las reportadas para *E. globulus*. Este grupo compuesto por rodales de *E. grandis* y *P. taeda* se genera por las características de desrame y mayor tasa de recambio foliar propias de esas especies forestales, generando que se agrupen debido a los porcentajes de cobertura de RF.

El análisis de Componentes Principales (CP) resume en dos ejes el 98,70% de la variación total (Figura 3), agrupando los sitios según condiciones similares.

Sobre el CP 1 y hacia valores positivos se ubica el primer grupo caracterizado por sus mayores valores de CV, que variaron entre 85,70 y 100%, conformado por los sitios sobre campo natural, Bañados de Medina (BCNN y BCNE), S<sup>dí</sup> del Quebracho (SCNN y SCNE) y Paso Bonilla (PCNN y PCNE) y los callejones corta fuego de *E. globulus* (CcSN y CcSE). Estos sitios se asemejan en los porcentajes de CV (99,64 y 99,26%) y H+M (0,36 y 0,65%) para BCNN y PCNN, de CV (99,83 y 100%) para SCNN y PCNE y de CV (98,64 y 96,94%) y SD (0,00 y 0,06%) para BCNE y SCNE.

El sitio CcSE presenta valores similares en CV (95,08%) lo cual es explicado por el mayor ancho del callejón corta fuego (26 m) e intermedio en SD (0,03%), a diferencia el sitio

CcSN se agrupa a la mayor distancia lo cual es debido a los valores de la CV (85,70%) y RF (12,37%), lo que se podría explicar por la distancia existente entre rodales (11,5 m) para esa orientación. Esta menor distancia entre rodales determinaría un ambiente menos iluminado así como también una mayor área ocupada por RF, con efecto sobre la comunidad herbácea (Mead 2010, Carrere y Lohman 1996, Montoya 1995, Souto et al. 1993).

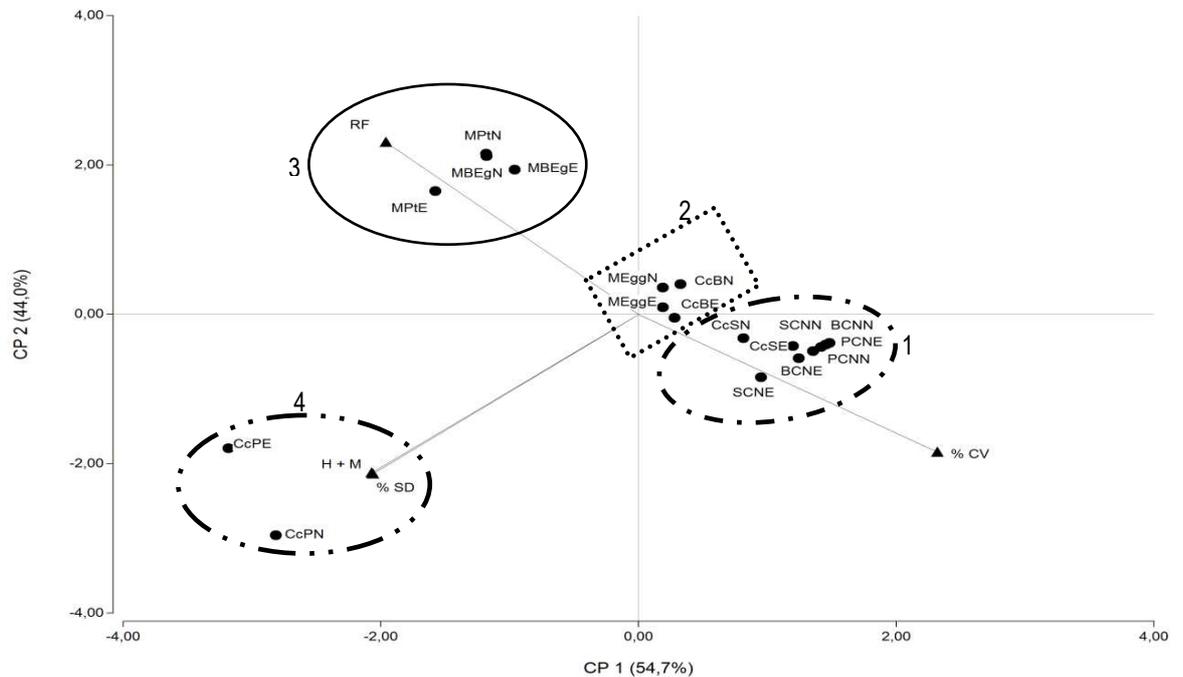


Figura 3: Biplot correspondiente al análisis de componentes principales (CP) basado en el área cubierta por los distintos componentes que cubrían el suelo (▲) según sitio (●).

El segundo grupo integrado por los callejones corta fuego en rodales de *E. grandis* (CcBN y CcBE) y rodales de *E. globulus* (MEgN y MEgE) los cuales presentaron un comportamiento promedio para las variables (SD, H+M, RF y CV) respecto a los dos CP. Las asociaciones entre rodales (*E. globulus*) y callejones corta fuego (*E. grandis*) puede ser explicado por los menores niveles de residuos forestales depositados por *E. globulus* debido a la mayor relación fuste/copa (González 2008) y por los mayores niveles de RF volcados por *E. grandis* bajo el rodal (mayor volumen de copa, corteza caduca y mayor tasa de recambio foliar) y la deriva de estos RF hacia los callejones corta fuego, independientemente de la orientación de las hileras (Hernández et al. 2009, González 2008, Eckstein y Karlsson 1997, Berendse y Aerts 1987), los cuales podrían contribuir a una limitación física y química sobre la vegetación residente que limitaría su desarrollo (Mead 2010, Souto et al. 1993).

Sobre el CP 2 y hacia valores positivos se ubica el tercer grupo que incluye los sitios situados bajo rodales de *E. grandis* y *P. taeda*, asociadas al alto recubrimiento de restos forestales. Las diferencias de esta variable entre esas especies y *E. globulus* se asocia a un mayor recambio foliar, desrame y descortezado. Especies forestales diferentes pueden mantener biomasa de diferente longevidad, asociados a una alta productividad y menor duración de vida de la biomasa vegetal (Hernández et al. 2009, González 2008, Eckstein y Karlsson 1997, Berendse y Aerts 1987).

Existen diferencias específicas en la distribución de materia seca de las estructuras que conforman el árbol, *E. globulus* presenta 78% de la materia seca aérea alojada en el fuste, siendo el resto ramas menores y hojas, mientras en *E. grandis* se aloja en el fuste menos del 73%, por lo que en esta especie aumenta la incidencia de los tejidos con mayor tasa de recambio, afectando los volúmenes de restos senescentes que son depositados sobre el suelo (Hernández et al. 2009, González 2008). En este mismo sentido, trabajos realizados por Muñoz et al. 2008 en *E. nitens* indican que el área foliar proyectada fue máxima con densidades de 400 árboles ha<sup>-1</sup>, mientras el índice de área foliar aumenta hasta 800 árboles ha<sup>-1</sup> y disminuye con densidades mayores, debido a la menor proporción de biomasa localizada en la copa. Estos resultados explicarían que en rodales de *E. globulus* con poblaciones de 1250 árboles ha<sup>-1</sup> podría existir un mayor pasaje de radiación hacia el sotobosque determinando una mayor cobertura vegetal en comparación a las encontradas en *E. grandis* y *P. taeda*.

Estos resultados muestran un comportamiento de la cobertura vegetal vinculado a un gradiente de sombreado, pasando de ambientes donde no existe un efecto del dosel arbóreo (campos naturales) hasta ambientes donde se da el mayor nivel de interferencia en el régimen de radiación y precipitación de RF sobre el piso forestal, el cual se da bajo rodales de *E. grandis* y *P. taeda* ocasionando un menor desarrollo de la comunidad de sotobosque.

Finalmente sobre CP 1 y hacia valores negativos se ubica el cuarto grupo, correspondientes a callejones corta fuego de *P. taeda* (CcPN y CcPE), asociadas a las variables SD y H+M. Estos callejones corta fuego tienen un ancho de 4,66 m, distancia que determina una alta incidencia del rodal sobre el ambiente lumínico y la presencia de un alto porcentaje de RF (35,53%) que estarían ejerciendo un efecto de limitación física (Mead 2010) sobre la vegetación, que estaría explicando la asociación a valores crecientes de SD y H+M.

### 2.4.3. Tipos Productivos

La caracterización de los sitios de muestreo por los TP de las especies permitió identificar cuatro grupos nítidos (Figura 4). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto ( $p$ -valor $>0,05$ ).

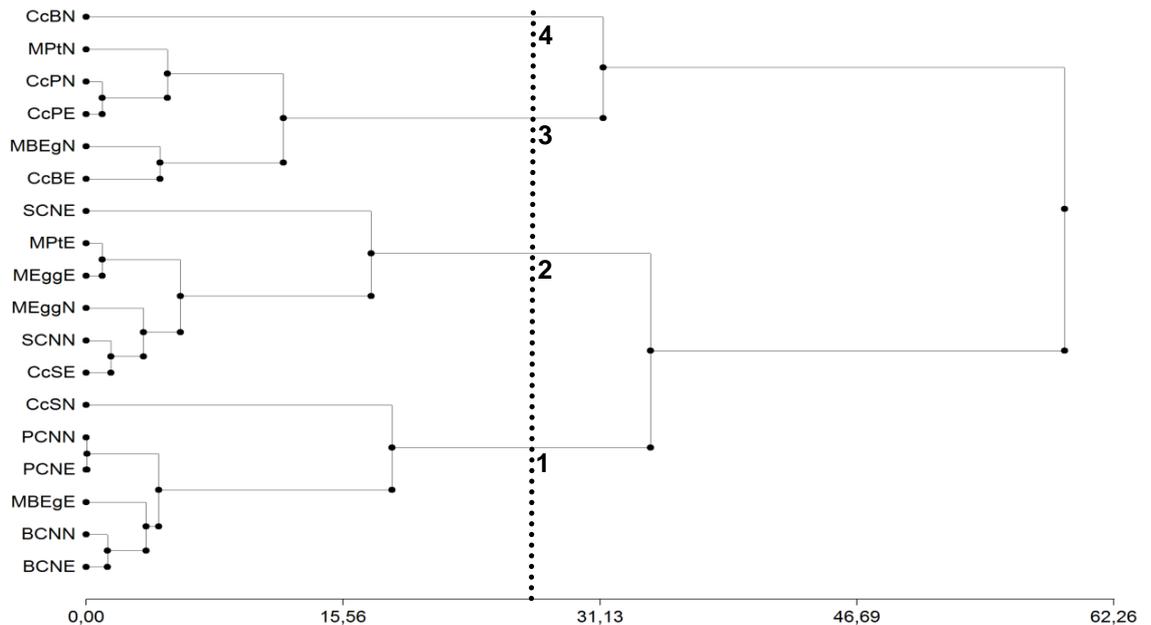


Figura 4: Dendrograma de los sitios en función de la cobertura de los TP presentes. Se diferencian cuatro grupos nítidos con un  $P$ -valor $> 0,05$ .

El grupo 1 está integrado por los campos naturales y un rodal (E-O) de la localidad de Bañados de Medina, un callejón corta fuego (N-S) de la localidad de S<sup>dí</sup> de Quebracho y campos naturales de Paso Bonilla sitios que se agrupan debido a la cobertura similar de los TP T. Los sitios PCNN y PCNE son los que se encuentran a una menor distancia donde los pastos tiernos (T) presentan una cobertura promedio de 50,21%, siendo las principales especies: *P. notatum* (24,73%), *A. fissifolius* (15,42%), *Axonopus argentinus* Parodi (5,37%) y *Steinchisma hians* (Elliott) Nash (*Panicum milioides* Nees ex Trin.) (3,44%). En comunidades de campo natural la orientación de los sitios no generó diferencias en los tipos productivos ya que estaban en el mismo ambiente.

En los sitios BCNN y BCNE el TP T presenta una cobertura promedio de 54,7%, siendo las especies más importantes *P. notatum* (25,83%), *A. fissifolius* (9,67%) y *Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef (*Coelorachis selloana* (Hack.) A.Camus) (7,83%). Las

mínimas diferencias se dan entre los TP MCS y ME/MM (0,20 y 0,48%) las que tienen una cobertura de 6,88 y 3,39%, respectivamente. La principal especie MCS es *Eryngium horridum* Malme con una cobertura de 6,47 y 6,65%, (BCNN y BCNE, respectivamente) mientras que para el TP ME/MM se destacan por su cobertura *Aspilia montevidense var setosa* (Griseb.) Cabrera (*Aspilia setosa* Griseb.) (0,77 y 0,76%), *Dichondra microcalyx* (Hallier f.) Fabris (0,49 y 0,70%), *Juncus capillaceus* Lam. (0,69 y 0,71%) y *Verbena litoralis* Kunth (0,20 y 0,29%).

A una distancia mayor se encuentra el sitio MBEgE, con valores similares de los TP MCS y D (6,62 y 12,92%), siendo *E. horridum* la única especie MCS, mientras que para el TP D fueron *Nassella charruana* (Arechav.) Barckworth (*Stipa charruana* Arechav.) (8,44%), *Paspalum quadrifarium* Lam. (3,58%) y *Saccharum angustifolius* (Nees) Trin. (*Erianthus angustifolius* Nees) (0,9%). Este sitio presenta el valor más alto en el TP T para este grupo (65,40%) lo cual es explicado principalmente por la presencia de *M. selloana* (23,87%), *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkworth (*Stipa setigera* J. Presl.) (19,94%) y *Piptochaetium stipoides* (Trin. & Rupr.) Hack. ex Arechav. (17,81%), pero esta presencia de TP T está afectada por el bajo porcentaje de CV (13,93%).

Por último, a la mayor distancia se agrupa la transecta CcSN, por similitud de los valores en los TP T y F (59,78 y 2,64%), siendo las especies tiernas más importantes *A. fissifolius* (33,98%), *P. notatum* (15%) y *Setaria setosa* (Sw.) P. Beauv. (*Setaria vaginata* Spreng.) (2,77%), mientras que la única especie fina relevada fue *Paspalum dilatatum* Poir. (2,64%). Este sitio tiene la particularidad de ser el que presenta la mayor distancia entre rodales lo cual provocó la similitud con los campos naturales de Bañados de Medina y de Paso Bonilla. Los campos naturales y el callejón corta fuego se caracterizan por presentar especies de tipo vegetativo estolonífero T adaptadas al pastoreo, en cambio el sitio bajo el rodal también las especies son de TP T pero presentan un tipo vegetativo cespitoso.

El grupo 2 está integrado por los campos naturales, un callejón corta fuego (E-O), rodales bajo *E. globulus* y un rodal (E-O) de la localidad de Paso Bonilla sitios que se agrupan debido a la cobertura similar de los TP T. Se asocian a menor distancia los rodales de *E. globulus* y *P. taeda* con una orientación E-O (MEgE y MPtE). Esta mayor similitud se debe principalmente a los TP MCS y F, (0,15 y 0,43%, respectivamente). El TP MCS relevado en el sitio MEgE *Baccharis trímera* (Less.) DC (1,06%), mientras que en el sitio MPtE fue *Erechthites hieraciifolia* (L.) Raf. (1,20%). Estos sitios presentan una diferencia mayor en el

TP T, (68,45 y 60,78%, MEggE y MPtE respectivamente) y donde las especies más asociadas a *E. globulus* (MEggE) fueron *A. fissifolius* (22,19%), *P. notatum* (21,69%), *Dichanthelium sabulorum* (Lam.) Gould & C.A. Clark (*Panicum sabulorum* Lam.) (11,59%) y *Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi (6,58%) y a *P. taeda* (MPtE) *Piptochaetium bicolor* (Vahl.) E. Desv. (24,59%), *P. montevidense* (16,81%) y *Andropogon ternatus* (Spreng.) Nees (8,51%).

Luego se agrupan los sitios CcSE y SCNN por la similitud en los TP F y D principalmente. La única especie de TP F para el sitio CcSE fue *P. dilatatum* (1,89%) y para el sitio SCNN *P. dilatatum* (1,21%) y *Digitaria aequiglumis* (Hack. & Arechav.) Parodi (0,20%). Las diferencias encontradas para los restantes TP no superan el 5,55%. A este subgrupo se asocia el sitio MEggN, debido a la similitud en los TP T y D (74,97 y 0,40%). Las especies más importantes de TP T fueron *A. fissifolius* (23,05%), *P. notatum* (22,62%), *P. montevidense* (8,68%), *S. setosa* (5,13%), *S. hians* (3,80%) y *Paspalum pumilum* Nees (3,70%) y para el TP D *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. (0,30%). La mayor diferencia en promedio se dio en el TP O (10,04% a favor del los sitios CcSE y SCNN). Por último a una distancia mayor se asocia el sitio SCNE, por la cobertura del TP F constituido por *P. dilatatum* (6,27%) y *D. aequiglumis* (1,77%), con el máximo valor relevado en este estudio y por la ausencia de MCS.

Este grupo fue el que presentó el mayor valor de cobertura promedio de los TP T ( $71,24\% \pm 5,85$ ), pero al igual que el primer grupo presentó un similar comportamiento en relación a la presencia de especies TP T pero de tipo vegetativo contrastantes entre sitios, es así que en ambientes más iluminados se destacan la presencia de especies estoloníferas adaptadas al pastoreo y en ambiente donde se podrían presentar mayores niveles de interceptación de la RFA el tipo vegetativo predominante es el cespitoso.

El grupo 3 está integrado por callejones corta fuego, un rodal de *P. taeda* (N-S) de la localidad Paso Bonilla, un callejón corta fuego (E-O) y un rodal de *E. grandis* (N-S) de Bañados de Medina, sitios que se agrupan debido a la cobertura similar del TP ME/MM ( $44,97\% \pm 11,23$ ) y T ( $33,37\% \pm 10,40$ ). Se asocian en primera instancia los callejones corta fuego con un ancho 4,66 m de los rodales de *P. taeda* (CcPN y CcPE), debido a la similitud en cobertura de TP T (diferencia de 0,07%), siendo las principales especies *P. montevidense* (13,85 y 9,54%), *P. bicolor* (8,87 y 8,68%), *P. notatum* (3,81 y 5,74%), *A. fissifolius* (3,46 y

5,63%) y *S. hians* (3,21 y 5,88%). Es de destacar la baja presencia de *A. fissifolius* y *P. notatum* en este ambiente menos iluminado lo cual es coincidente con lo reportado para *P. notatum* por Zarza (2002) y Berreta (1998). Así mismo se aprecia un cambio en el tipo funcional (metabolismo C<sub>3</sub> vs C<sub>4</sub>), con un aumento de las especies T C<sub>3</sub> como *P. montevidense* y *P. bicolor*, lo cual es debido al menor requerimiento de ATP en el ciclo C<sub>3</sub> (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999).

Para los restantes TP (MCS, ME/MM, D y O) las diferencias no superaron el 4,42%. A una mayor distancia se agrupan los sitios MBEgN y CcBE, por la menor diferencia en el TP MCS (0 y 2,27%) y por la ausencia de TP F. Las especies MCS solamente se relevaron en el sitio CcBE y fueron *Acanthostyles. buniifolium* (Hook. ex Arn.) R.M. King & H. Rob. (*Eupatorium buniifolium* (Hook.) ex Arn.) (1,86%), *Senecio selloi* (Spreng.) DC (0,26%) y *B. trímera* (0,15%). La diferencia más importante fue en el TP T, con una cobertura de 17,08% en el ambiente menos iluminado y de 33,25% en el callejón corta fuego. Este comportamiento podría ser explicado por los niveles de iluminación contrastantes, que provoca una mayor riqueza específica y un mayor porcentaje de cobertura de especies tiernas que duplicó al del ambiente más sombreado (MBEgN 5 especies con una cobertura de 16,18% y CcBE 15 especies con una cobertura de 33,25%). Por último se asocia el sitio MPtN, por menor diferencia en la cobertura de TP D (0,73%) y por la ausencia de TP F.

En última instancia se conforma el grupo 4 formado por un callejón corta fuego (CcBN), cuya particularidad es el valor máximo en cobertura del TP O (63,99%). En esta se destacan las especies *Carex sororia* Kunth (54,62%), *Cyperus meridionalis* Barros (3,91%) y otras Ciperáceas spp. (3,15%).

En la Figura 5 se presenta el diagrama Biplot correspondiente al análisis de componentes principales. Los CP1 y CP2 resumen el 60,8% de la variabilidad ocurrida al clasificar por tipos productivos (TP) la vegetación desarrollada bajo rodales, callejones corta fuego y campo natural.

Como se puede apreciar en la figura 5 se generan algunos grupos definidos, mientras que otros sitios se disponen en posiciones intermedias. Sobre el CP1 a valores positivos los sitios CcSE, CcSN y MEgN presentan una mayor tendencia hacia TP T, esta variable se asoció positivamente con el CP1 y negativamente con el CP2 (0,63; -0,19). Sobre el CP1 y hacia valores positivos los sitios BCNN y SCNE presentan mayor asociación con los TP F,

asociándose positivamente con el CP1 y el CP2 (0,43; 0,31). Se ubican en situaciones intermedias los sitios BCNE con una mayor proporción de especies de tipo productivo D y O; y SCNN con una proporción similar de especies F y T, pero con una mayor proporción de ME/MM y MCS que los sitios antes mencionados.

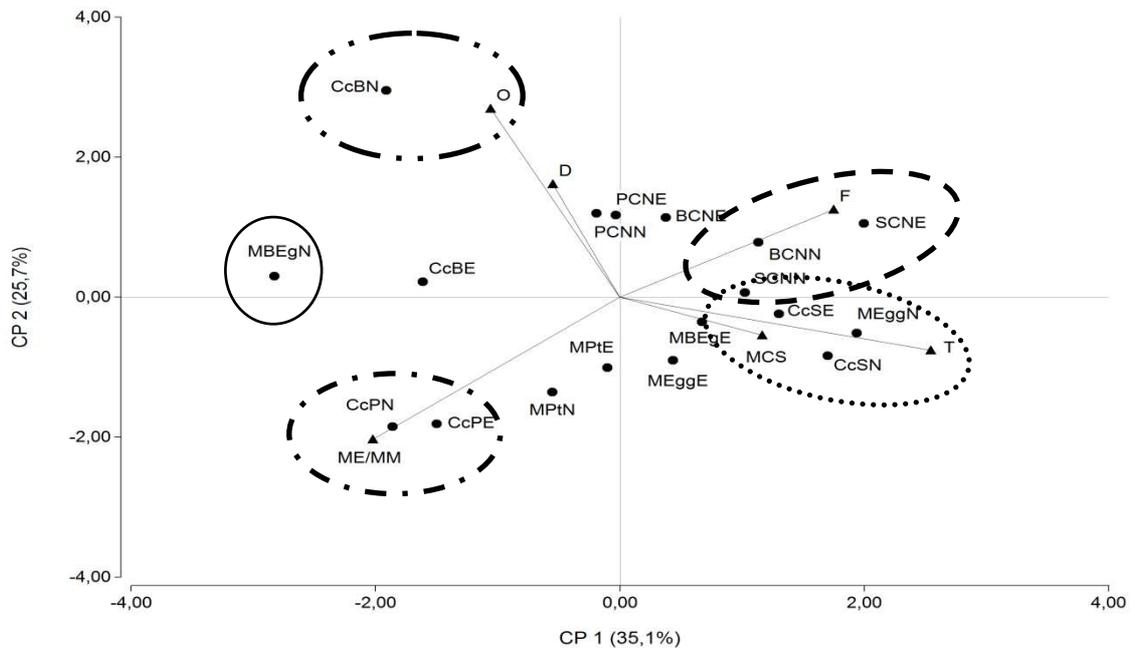


Figura 5: Biplot correspondiente al análisis de componentes principales basado en la cobertura de los tipos productivos (▲) según sitio (●).

Por otra parte sobre el CP2 y hacia valores negativos los sitios CcPN y CcPE presentan una clara asociación con ME/MM, lo cual puede estar relacionado a los anchos de los callejones corta fuego (4,66 m), generándose un ambiente con mayores restricciones lumínicas y donde exhiben una adaptación *Hypoxis decumbens* L., *D. microcalyx*, *Kyllinga odorata* Vahl. (*Cyperus sesquiflorus* (Torr.) Mattf. & Kük.) y *J. capillaceus*.

En última instancia sobre el CP2 y hacia valores positivos el sitio CcBN presentó una mayor correspondencia con tipos productivos O, lo cual es explicado por el alto porcentaje de especies de este TP relevadas (63,99%).

#### 2.4.4. Valor Pastoral Corregido (VPc)

La caracterización de los sitios de muestreo por el VPc permitió diferenciar dos grupos nítidos de sitios (Figura 6). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor: 0,285.

El grupo 1 presentó un VPc promedio de 4,22 (DE  $\pm$  1,06) y el grupo 2 correspondientes a plantaciones forestales de *E. grandis*, las plantaciones forestales y callejones corta fuego de *P. taeda*, con un VPc promedio de 0,69 (DE = 0,59).

En el grupo 1 se agruparon doce sitios, donde se relevaron un total de 150 (Ni) especies, lo cual representa un 87,2 % del total de especies. Dentro de este grupo podemos identificar dos sub grupos, el primero comprende a ocho sitios en los cuales se relevaron 141 especies (82 % del total de especies relevadas), de las cuales las más importantes son *Andropogon lateralis* Nees, *A. argentinus*, *A. fissifolius*, *C. meridionalis*, *C. sororia*, *M. selloana*, *C. dactylon*, *K. odorata*, *Cyperus sp.*, *Fimbristylis spadicea* (L.) Vahl, *S. hians*, *D. sabulorum*, *P. dilatatum*, *P. notatum*, *P. pumilum*, *P. montevidense*, *P. stipoides*, *S. setosa*, *N. charruana*, *Jarava plumosa* (Spreng.) S.L.W. Jacobs & J. Everett (*Stipa papposa* Nees) y *N. neesiana*.

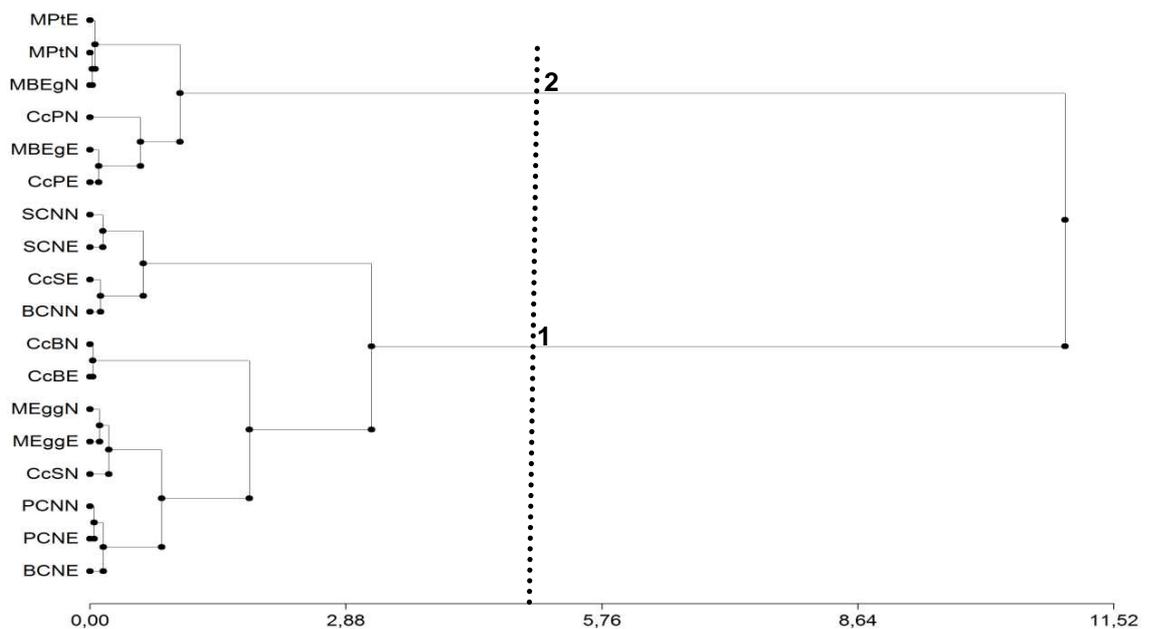


Figura 6: Dendrograma de sitios caracterizadas por el Valor Pastoral Corregido. Se diferencian dos grupos nítidos con un P-valor = 0,285.

El segundo subgrupo está integrado por cuatro sitios relevándose 81 especies (47,1 % del total de especies relevadas) siendo las principales especies que afectan al VPc *A. fissifolius*, *C. sororia*, *M. selloana*, *C. dactylon*, *C. meridionalis*, *K. odorata*, *Cyperus sp.*, *D. aequiglumis*, *D. sabulorum*, *Eragrostis bahiensis* Schrad. ex Schult., *F. spadicea*, *S. hians*, *P. dilatatum*, *P. notatum*, *Paspalum plicatulum* Michx., *P. pumilum*, *P. montevidense*, *P.*

*stipoides*, *S. setosa*, *N. charruana*, *J. plumosa* y *N. neesiana*. Este grupo (doce sitios) presentó valores de cobertura vegetal que oscilaron entre 60,47% (rodal de *E. globulus*) y 98,30% (campo natural de Paso Bonilla), debido a que incluye desde rodales de *E. globulus*, callejones corta fuego (Bañados de Medina y S<sup>dí</sup> del Quebracho) y campos naturales.

El grupo 1 se caracteriza por compartir dos especies entre los 12 sitios, *S. hians* y *J. capillaceus*, lo cual corresponde al 1,33% de las especies relevadas, pero si se excluye los sitios de campo natural de Paso Bonilla el número de especies en común asciende a 5, esto puede estar explicado por la mayor diferencia ecológica y ambiental que opera en estos sitios (PCNN y PCNE). El VPc de 4,22 obtenido para este grupo correspondería a un tipo productivo ordinario (Rosengurtt 1979), indicando que la cría de vacunos sería el destino adecuado para estas comunidades.

El grupo 2 lo integraron seis sitios, donde se relevaron 103 especies (Ni), lo cual representa un 59,9% del total de especies y una cobertura vegetal muy variable que oscilo entre 6,1 y 53,2%, correspondiendo a un rodal y un callejón corta fuego de *P. taeda* con orientación N-S respectivamente, se observan cambios en la composición botánica que no modifican el VPc. Solo *H. decumbens* L. y *D. microcalix* son comunes a los seis sitios (1,94% del total), por otro lado debemos enfatizar que el principal aspecto que determina el bajo Valor Pastoral corregido es el área de cobertura vegetal, lo cual en estos sitios está afectada principalmente por la superficie no recubierta por vegetación y donde los RF presentan una mayor cobertura, coincidiendo esto con Mead (2010) el cual afirma que los árboles afectan a las pasturas entre otros factores a través de los restos forestales (acículas) depositados sobre el suelo generando una interferencia física.

La baja cobertura vegetal, sumada a bajas frecuencias de especies T y F (inferiores al 20%) provoca marcadas diferencias en las vegetaciones resultando en una base forrajera pobre y degradada. Dado el escaso valor para la producción ganadera las plantaciones forestales de *E. grandis* con poblaciones de 1000 árb. ha<sup>-1</sup>, *P. taeda* con poblaciones de 1333 árb. ha<sup>-1</sup> y callejones corta fuegos con anchos menores a 5 metros, no deberían considerarse como área de pastoreo efectiva y no deben considerarse al ajustar la carga del sistema pastoril.

Los VP calculados para los grupos oscilan entre 5,04 (Grupo 1) y 3,92 (Grupo 2), mostrando relativa similitud, pero al corregir por la cobertura vegetal se generan las

diferencias observadas entre los agrupamientos, reflejando el peso de la cobertura vegetal sobre la aptitud pastoril de las comunidades.

## 2.5. CONCLUSIONES

Existen diferencias en la cobertura del suelo entre los sitios relevados, las comunidades vegetales desarrolladas bajo plantaciones forestales de *E. grandis*, y *P. taeda* presentaron la menor cobertura vegetal. En los callejones corta fuego la cobertura vegetal es dependiente de las distancias entre rodales, dónde, las menores distancias provocan una reducción del área ocupada por la vegetación herbácea. Todas las comunidades presentan valores similares en el valor pastoral; cuando introducimos el área de cobertura vegetal para la estimación del VPC, se generan diferencias, indicando la importancia de la cobertura vegetal en la determinación de la aptitud pastoril de una comunidad herbácea, por lo que, comunidades desarrolladas bajo callejones corta fuego y rodales de *P. taeda* y de *E. grandis* presentaron una inferior aptitud ganadera al resto de las situaciones.

## 2.6. AGRADECIMIENTOS

A los Ing. Agr. (MSc) Silvana Noëll e Ing. Agr. (MSc) Ramiro Zanoniani por los aportes invalorable realizados.

Al Prof. Lic. Eduardo Marchesi, Dra. Ana González y al Bach. Andrés González del Laboratorio de Botánica de la Facultad de Agronomía en la determinación de especies herbáceas.

Al Ing. Agr. Yerú Pardiñas y personal de la Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurt por el apoyo recibido.

## 2.7. BIBLIOGRAFÍA

- Berendse F, Aerts R. 1987. Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition? *Functional Ecology*, 1: 293-296.
- Berreta EJ. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto: I. Especies Nativas. In. Berreta EJ. Ed. Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. Serie Técnica N° 102. Inia, Tacuarembó, Uruguay. pp. 99-111.

- Berreta EJ. 1989. Técnicas para evaluar la Dinámica de Pasturas Naturales en Pastoreo. In. XXI Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul – Grupo Campos. Lages, Santa Catarina, Brasil. pp. 129-147.
- Berretta EJ. 1981. Amélioration des parcours des causses par les sursemis. Thèse Docteur – Ingénieur en Ecologie Generale et Apliquée, Option: Ecologie Terrestre. Montpellier, Francia. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 241p.
- Braun – Blanquet. 1950. Sociología Vegetal: Estudio de las comunidades vegetales. Acme Agency. Buenos Aires. 444p.
- Caballé G, Fernández ME, Gyenge J, Rusch V, Lantschner V, Villancide J, Schlichter TM. 2009. Plantaciones densas vs. plantaciones ralas con pino ponderosa en el NO de Patagonia: Análisis de aspectos ambientales y productivos relevantes. En Actas: 1º Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. Posadas, 14 al 15 de mayo de 2009. pp. 156–164.
- Carrere R, Lohman L. 1996. El Papel del Sur: Plantaciones Forestales en la Estrategia Papelera Internacional. Londres, Zed Books. URL <http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/papel>.
- Carranza CA, Ledesma M. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. IDIA XXI Forestales. Ed. Inta. Año V, N° 8. pp. 240–246.
- Chen JMP, Blanken TA, Black M, Guilbeault M, Chen S. 1997. Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86: 107-125.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2013. InfoStat versión.2013 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eckstein RL, Karlsson PS. 1997. Above-ground growth and nutrient use by plants in a subarctic environment: effects of habitat, life-form and species. *Oikos*, 79 (2): 311-324.
- Fassola HE, Pachas N, Lacorte SM. 2005. Estimación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y niveles de sombra bajo el dosel de *Pinus taeda* en la Provincia de Misiones y NE de Corrientes. 3º Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes Argentina. pp. 1–10.

- Fernández ME, Gyenge JE, Dalla Salda G, Schlichter T. 2002. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. Growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different level of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems*, 55: 27–35.
- González DA. 2008. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – Udelar. 49p.
- Hale SE. 2003. The effect of thinning intensity on the below canopy light environment in a Sitka spruce plantation. *Forest Ecology Management*, 179: 341–349.
- Harris J y Stöcker H. 1998. Handbook of mathematics and computational science. Ed. Springer Verlag. N. Y. pp. 104.
- Hernández J, Del Pino A, Salvo L, Arrarte G. 2009. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258. pp. 92–99.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3): 259-263.
- Lacorte S y Esquivel J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del 1<sup>er</sup> Congreso de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina. pp. 70–82.
- Leblanc S, Chen J, Fernandes R, Deering D, Conley A. 2005. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129: 187–207.
- Martínez F, Pereyra F, Boggiano P, Alzugaray A. 1990. Silvopastoreo con ovinos. In 2<sup>o</sup> Seminario de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. pp. 359–365.
- Mead DJ. 2010. Results of 16 year of study in a Temperate Silvopastoral Experiments with *Pinus radiata* in New Zealand. In. Handbook on Agroforestry, Management Practices and Environmental Impact. Editor: Kellimore R. Nova Science Publishers, Inc. pp. 225–249.
- Montoya OJ. 1995. El Eucalipto. Ed. Mundi-Prensa. España. 1<sup>a</sup> Edición. 125p.
- Muñoz F, Espinosa M, Cancino J, Rubilar R, Herrera M. 2008. Efecto de poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. *Revista Bosque*, 29 (1): 44–51.

- Picasso V, Boggiano P, Cadenazzi M, Zarza R, Millot JC. 2003. Efecto del árbol en la composición botánica de pasturas naturales del litoral oeste del Uruguay. In Actas de las VII jornadas de Zoología del Uruguay. pp. 126.
- Pillar V, Boldrini I, Lange O. 2002. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27 (6): 753–761.
- Pillar V.D. 1997. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. Coenoses, 12: 145–148.
- Rosengurtt B. 1979. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86p.
- Rosengurtt B, Gallinal JP, Campal E, Bergalli L, Aragon L. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 5ª. Contribución. Montevideo, Rosgall. 473p.
- Sage RF, Weding DA, Li M. 1999. The Biogeography of C<sub>3</sub> Photosynthesis: Patterns and Controlling Factors. In. Sage RF y Monson RK. Ed. C<sub>4</sub> Plant Biology. Academic Press. pp. 313-373.
- Sampsons DA, Lee Allen H. 1998. Light attenuation in a 14 year old loblolly pine stand as influence by fertilization and irrigation. Tree, 13: 80–87.
- Soil survey staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Soil Conservation Service. USDA. 338p.
- Souto XC, Gonzáles L, Reigosa MG. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producidos por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso forestal español, Lourizan. Ponencias y comunicaciones. Tomo I. pp. 189-194.
- Zarza R. 2002. Efectos de la sombra sobre la composición botánica de pasturas naturales en Areniscas de Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 112p.

### 3. ESTRUCTURA DE LAS COMUNIDADES DE SOTOBOSQUE EN PLANTACIONES FORESTALES Y CAMPO NATURAL<sup>2</sup>

Silveira, David \*<sup>1</sup>, Cadenazzi, Mónica <sup>2</sup>, Boggiano, Pablo <sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Depto. de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt, Ruta 26, km 408, Cerro Largo, Uruguay.

<sup>2</sup> Depto. de Biometría Estadística y Cómputo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay.

<sup>3</sup> Depto. de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay.

Palabras clave: riqueza, equidad, diversidad, sistemas silvopastoriles

3.1. RESUMEN - Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la composición específica, la riqueza, equidad y diversidad de comunidades de sotobosque, callejones corta fuego y campo natural. El estudio se realizó en tres localidades, en 18 transectas con direcciones N-S y E-O ubicadas en la entre fila, callejones corta fuego y campo natural, localizando 30 marcos de 0,25m<sup>2</sup> en cada una. Fueron relevadas 172 especies las cuales fueron clasificadas por familia y género, y se calculó para la vegetación de cada sitio la Riqueza, Equidad y Diversidad. Vegetaciones desarrolladas en ambientes con mayor interferencia del dosel arbóreo presentaron menor número de familias, géneros y especies. Plantaciones forestales comerciales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación E-O presentan comunidades de sotobosque con menor Riqueza y Diversidad específica. Al aumentar la intensidad del disturbio producido por las plantaciones forestales se generan comunidades con los mayores niveles de Equidad.

<sup>2</sup> Artículo remitido a Agrociencia Uruguay

## Summary

### Community structure of understory in forest plantations and grassland

The objective of this work was to characterize the forested plantation effect into the specific composition, richness, equity and diversity of the scrubland communities, firebreak roads and natural grassland surfaces. The study was done in three locations, in 18 transects (direction N-S and E-W) located within the forest stands, firebreak and natural grassland, localizing 30 frames of 0.25 m<sup>2</sup> each one. There were sampled 172 species, which were classified by family and gender, determining for each one: covert, gender and family classification as well as richness, equity and diversity. Vegetation communities developed under environments with more interference than forest stands, lower values in: number of families, gender and species. Commercial forest plantations of *E. grandis* and *P. taeda*, E-W oriented, have scrubland communities with low richness and specific diversity. If the stand disturbance intensity increased because of forest plantations, so that communities with higher equity levels are generated.

Keywords: richness, equity, diversity, silvopastoral systems

## 3.2. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de plantaciones forestales comerciales (PFC) sobre ecosistemas de praderas naturales es una práctica que se ha venido produciendo en el Bioma Campos de América del Sur. La misma se inicia con la eliminación de las comunidades nativas en las áreas destinadas a los rodales, a través de herbicidas no selectivos y medios mecánicos, lo que trae aparejado una pérdida de biodiversidad difícil de recuperar. Los agroecosistemas que mantienen su diversidad son más estables frente a diversos factores de disturbio, y en este sentido, el mantenimiento de la diversidad requiere del conocimiento de ecología, de todas las especies afectadas y de la posibilidad de cuantificar los riesgos de cambios en la composición de la biodiversidad (Elliot y Swank 1994, Morris et al. 1993). Los disturbios a que son sometidas las comunidades de pradera natural cuando se instala una PFC afectan directamente la diversidad de especies de todo el sistema (Lusk 1996, Elliot y Swank 1994). Una vez establecida la PFC se origina un efecto de sombreado que sumado a la acumulación de restos forestales, algunos con efectos alelopáticos, la competencia por nutrientes y agua

así como los métodos silvícolas aplicados provoca que la flora bajo la PFC tenga escaso desarrollo produciendo un impacto en la biodiversidad (Mead 2010, Carrere y Lohman 1996, Montoya 1995, Souto et al. 1993, Ballester et al. 1982).

En un sistema silvopastoril (SSP) la vegetación de sotobosque integra la base de las redes alimentarias y el refugio de la micro y meso fauna, y la comunidad herbácea actúa de protección del suelo contra la erosión, en cambio en una PFC el uso de medios mecánicos y herbicidas no selectivos y la sustitución de la vegetación natural por especies forestales modifica las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, que influye sobre la actividad de microorganismos, meso y macrofauna (Ellum 2009, González, 2008, Zerbino 2008, Pérez et al. 2008, Lazo et al. 2007).

Según Thomas et al. (1999) y Kilinka et al. (1996) las características del dosel arbóreo modifican la intensidad de la radiación solar, intercepción de las precipitaciones y la exposición al viento, modificando la cobertura y estructura del sotobosque. Para nuestras condiciones no existe información que caracterice la vegetación del sotobosque y las áreas no plantadas, requiriendo de la misma para sustentar el desarrollo de futuros SSP. El objetivo del presente trabajo fue estudiar los cambios en la estructura de la vegetación, a través de la riqueza, diversidad y equidad, bajo plantaciones forestales, callejones corta fuego y campo natural aledaño.

Mediante la caracterización de la composición vegetal y de la obtención de indicadores como riqueza, equidad y diversidad se pretende generar información acerca de la diversidad vegetal presente en el sotobosque de PFC y el papel que juegan en el mantenimiento de la biodiversidad.

### 3.3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la región noreste del Uruguay abarcando tres localidades de los departamentos de Cerro Largo y Tacuarembó. Las localidades fueron: 1. Bañados de Medina, con plantaciones de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden), instalados el año 1998, con una densidad de 1000 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 21'50"(S); Long.: 54° 26'15" (W), 186,5 msnm) sobre Typic/Albaquic Hapludalfs (Soil Survey Staff 2010).

2. Sarandí del Quebracho, con plantaciones de *Eucalyptus globulus globulus* Labill., instalados el año 1998, con una densidad de 1250 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 44'50"(S); Long.: 54° 33'16" (W), 318 msnm) sobre Typic/Pachic/ Abruptic Argiudolls (Soil Survey Staff 2010).
3. Paso Bonilla, con plantaciones de *Pinus taeda* L., instalados el año 2001, con una densidad de 1333 árboles.ha<sup>-1</sup> (Lat.: 32° 52'45"(S); Long.: 55° 53'10" (W), 180 msnm), sobre Inceptic Hapludults (Soil Survey Staff 2010). El manejo del área donde se instalaron los rodales consistió en una aplicación de herbicida total y posterior laboreo de la línea de plantación.

El clima de la región es templado cálido (Subtropical húmedo) tipo Cf (Cfa) del sistema de clasificación de clima de Köppen – Geiger (Kottek et al. 2006).

En cada localidad se evaluó el estrato herbáceo en 3 condiciones: bajo las plantaciones forestales, en los callejones corta fuego (con anchos que varían entre 4,66 y 26m) y en el campo natural (CN). La combinación de tres localidades por tres condiciones y dos orientaciones (N–S y E–O), determinó un total de 18 sitios de muestreo. La estructura de la vegetación en cada sitio se describió a través de treinta cuadros de 0,25 m<sup>2</sup> distribuidos cada un metro sobre una transecta. Bajo el rodal los cuadros se dispusieron en el sentido de la entre fila de los árboles. En cada cuadro se determinó la cobertura en porcentaje (Braun - Blanquet 1950) de la cobertura vegetal (CV), correspondiendo al área de cada una de las especies relevadas en cada sitio, la cual fue llevada a una base 100% de cobertura verde (Silveira et al. 2014 s/p).

Los relevamientos florísticos se realizaron entre los meses de enero y marzo del 2010. Las especies fueron clasificadas a nivel de especie, género, familia y metabolismo fotosintético (C<sub>4</sub>/C<sub>3</sub>). Con la información relevada se caracterizaron los sitios por número de familias, géneros y especies y se estimó la riqueza, diversidad y equidad.

La riqueza (S) es el número de especies presentes en cada sitio.

La diversidad de especies (H) fue calculada utilizando el índice de Shannon (Booth et al. 2003, Shannon y Weaver 1964, Shannon 1948).

$$H = -\sum (p_i) \times \ln (p_i)$$

Donde: p<sub>i</sub> es la abundancia relativa (n<sub>i</sub>/N<sub>i</sub>).

n<sub>i</sub>: n° de individuos de una especie.

N<sub>i</sub>: n° total de individuos de todas las especies presentes en la muestra.

La equidad (E) fue calculada como:

$E = H/H'_{max}$ , dónde:

$H'_{max} = \ln S$

La equidad puede variar entre 0–1, en donde el 0 representa una comunidad donde una especie es la dominante y el 1 representa una situación donde no hay dominante.

La información se analizó mediante análisis multivariado de agrupamientos y de componentes principales. Los análisis de agrupamientos fueron realizados entre los 18 sitios, considerando las variables familia-género-especie, la riqueza, la equidad y diversidad en cada caso. En todos los agrupamientos, las variables fueron estandarizadas, restando la media de cada variable y dividiéndola por el desvío estándar de la misma. La unidad de distancia entre unidades de muestreo fue la distancia euclidiana con las variables estandarizadas, y el método de agrupamiento usado fue el de Ward. En todos los casos, se testó la existencia de un número de grupos nítidos en la estructura de los agrupamientos. La prueba de nitidez de los grupos fue realizada mediante test de aleatoriedad (bootstrap), utilizando 1000 repeticiones. Para los análisis se utilizaron los software MULTIV (Pillar, 1997) e Infostat (Di Rienzo et al. 2013).

### 3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.4.1. Familia, Géneros y Especies

Se registraron 172 especies herbáceas y arbustivas, pertenecientes a 104 géneros, de 33 familias, de las cuales una era pteridofita, seis monocotiledóneas y veintiséis dicotiledóneas. Las familias más importantes fueron Poaceae con 27 géneros y 57 especies, Asteraceae con 18 géneros y 27 especies, Cyperaceae con 6 géneros y 11 especies, Fabaceae con 5 géneros y 10 especies, Rubiaceae con 5 géneros y 7 especies, Plantaginaceae con 3 géneros y 6 especies y Oxilidaceae con un género y 5 especies.

La caracterización de los sitios de muestreo por número de familias, géneros y especies permitió identificar tres grupos nítidos (Figura 1). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor  $> 0,1$ .

El grupo 1 está integrado por cuatro sitios, donde se agrupan callejones corta fuego de las tres localidades con anchos (4,66 a 13m) y orientación (N-S y E-O) variables y un CN con orientación E-O (BCNE). Este grupo presentó el mayor número de familias, géneros y

especies, no observándose variaciones entre sitios. En los cuadros 1 y 2 se observan las especies relevadas por sitio con cobertura mayor a 3% (base CV 100%).

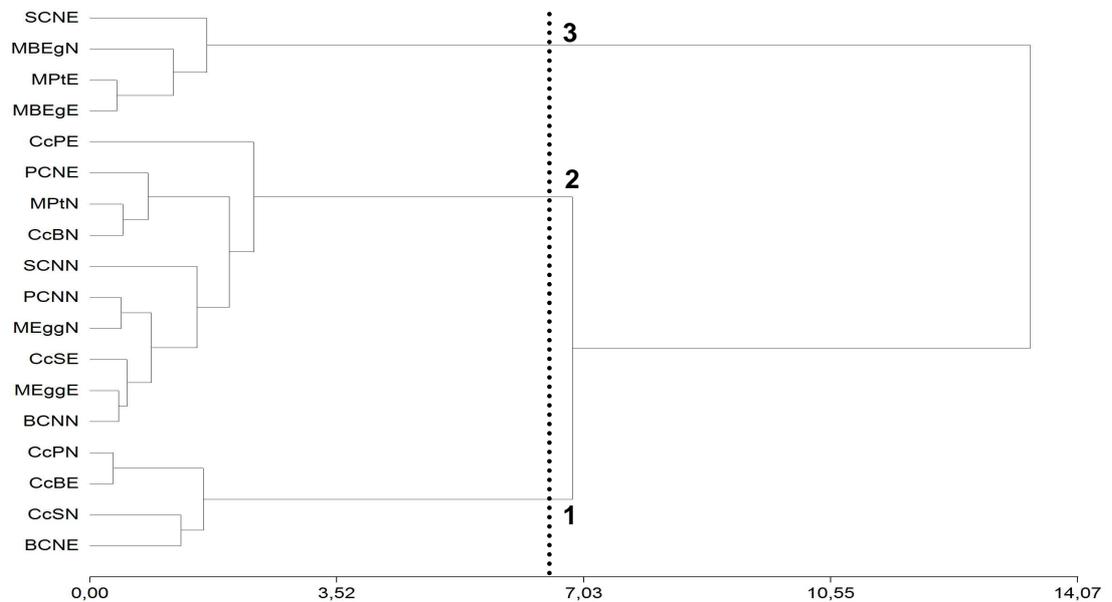


Figura 1: Dendrograma de los sitios en función del número de familias, géneros y especies. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,1.

Se observó una diferencia de 9 géneros a favor del CN, correspondiendo a seis de la familia Poaceae y dentro de estas tres son especies  $C_3$ , diferencia que podría explicarse por las propiedades físico – químicas del suelo y a la mayor profundidad de arraigamiento del sitio BCNE, lo cual estaría vinculado a lo reportado por May et al. (1990), los cuales afirman que el incremento de los pastos invernales se relaciona positivamente con el contenido de arcilla, la CIC, contenido de calcio y la materia orgánica, así como también a mejores condiciones de iluminación en esa situación en relación al callejón corta fuego.

En el segundo grupo está conformado por diez sitios donde se asocian un callejón corta fuego y un CN (N-S) de Bañados de Medina, los rodales de *E. globulus*, un callejón corta fuego (E-O) y un CN (N-S) de S<sup>dí</sup> de Quebracho, un rodal de *P. taeda* (N-S), un callejón corta fuego (E-O) y los CN de Paso Bonilla.

En primera instancia se agrupa un CN con orientación N-S (BCNN) y una comunidad vegetal bajo una plantación forestal de *E. globulus* (MEggE) con orientación E-O, presentando 15 familias cada uno, 33 y 36 géneros, respectivamente, e igual número de

especies (43). Si bien estos sitios son muy diferentes en relación al tipo de suelo y ambiente lumínico no logran producir diferencias en el número de familias, géneros y especies. A mayor distancia se le agrupa el sitio (CcSE) ubicado en un callejón corta fuego de *E. globulus* con orientación E-O, presentando 16 familias, 34 géneros y 46 especies. El agrupamiento producido entre el rodal de *E. globulus* (MEggN) y el CN (PCNN) con orientaciones N-S, con 15 y 14 familias, 36 y 34 géneros, y 49 y 48 especies respectivamente, puede ser explicado porque la restricción del ambiente lumínico bajo el rodal no serían tan marcadas, debido a las características dasométricas de la especie (Silveira et al. 2014 s/p, Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Fassola et al. 2004, Hale 2003, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997) y la orientación de las entre filas (Carbonneau y Cargnello 2004). Por último, se agrupa un CN con orientación N-S de S<sup>dí</sup> de Quebracho (SCNN), que presenta 12 familias 35 géneros y 50 especies.

Posteriormente se agrupan un callejón corta fuego N-S (CcBN) y un sitio ubicado bajo una plantación de *P. taeda* N-S (MPtN), con igual número de familias (14), 31 y 33 géneros y 40 y 36 especies respectivamente. A mayor distancia se agrupa un CN E-O (PCNE), el cual presenta 13 familias, 30 géneros y 44 especies. El último sitio en agruparse es un callejón corta fuego de *P. taeda* (CcPE) con orientación E-O, cuyo ancho es de 4,66 m, y que presenta 18 familias, 31 géneros y 35 especies.

El segundo grupo si bien está integrado por CN de las tres localidades, callejones corta fuego de distinto ancho y orientaciones, rodales de *E. globulus* y *P. taeda* con orientación N-S (MPtN), las asociaciones encontradas entre los CN y los cortafuegos podría deberse por compartir un ambiente lumínico similar que no permiten discriminarlos, en tanto la asociación de los rodales de *E. globulus* se explicaría por presentar menor longitud de copa verde (LCV) y menor diámetro basal de copa (DBC) reduciendo la interferencia del rodal sobre el ambiente lumínico que afecta a la comunidad de sotobosque (Silveira et al. 2014 s/p, Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Fassola et al. 2004, Hale 2003, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997). Por otro lado, el rodal de *P. taeda* presenta orientación N-S determinando una mayor insolación, mejorando el ambiente lumínico para el desarrollo de la comunidad herbácea de sotobosque (Carbonneau y Cargnello 2004).

Cuadro 1. Características de la cobertura y las especies predominantes en la comunidad de sotobosque de *E. globulus*, *E. grandis*, *P. taeda*, callejones corta fuego y campo natural, en las tres localidades en estudio.

Cobertura vegetal en el sotobosque (%) y especies herbáceas dominantes

Localidad	Sitio	CV (%)	Arbórea	Herbáceas
Bañados de Medina	MBEgN	6,68	<i>E. grandis</i>	<i>Mnesithea selloana</i> (Hack.) de Koning & Sosef, <i>Paspalum quadrifarium</i> Lam., <i>Piptochaetium stipoides</i> (Trin. & Rupr.) Hack. ex Arechav., <i>Carex bonariensis</i> Desf. ex Poir., Cyperaceas spp., <i>Aspilia montevidensis</i> var. <i>Setosa</i> (Griseb.) Cabrera, <i>Krapovickasia flavescens</i> (Cav.) Fryxell, <i>Salvia procurrens</i> Benth., <i>Chrysolaena flexuosa</i> (Sims) H. Rob., <i>Pfaffia gnaphaloides</i> (L. f.) Mart.
	MBEgE	13,96	<i>E. grandis</i>	<i>M. selloana</i> , <i>P. quadrifarium</i> , <i>P. stipoides</i> , <i>Nassella charruana</i> (Arechav.) Barkworth, <i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth, <i>Cyperus meridionalis</i> Barros, Cyperaceas spp., <i>A. montevidensis</i> , <i>Juncus capillaceus</i> Lam., <i>Eryngium horridum</i> Malme.
	CcBN	64,28	.	<i>P. notatum</i> , <i>P. stipoides</i> , <i>Carex sororia</i> Kunth, <i>C. meridionalis</i> , Cyperaceas spp., <i>A. montevidensis</i> , <i>J. capillaceus</i> .
	CcBE	66,62	.	<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin / (Steud.), <i>Piptochaetium montevidense</i> (Spreng.) Parodi, <i>P. stipoides</i> , <i>Jarava plumosa</i> (Spreng.) S.L.W. Jacobs & J. Everett, <i>N. neesiana</i> , Cyperaceas spp., <i>C. sororia</i> , <i>C. meridionalis</i> , <i>A. montevidensis</i> , <i>Menodora integrifolia</i> (Cham. & Schldl.) Steud., <i>K. flavescens</i> , <i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris.
	BCNN	99,64	.	<i>Axonopus fissifolius</i> (Raddi) Kuhl., <i>M. selloana</i> , <i>C. dactylon</i> , <i>Steinchisma hians</i> (Elliott) Nash, <i>Paspalum dilatatum</i> Poir., <i>Paspalum notatum</i> Alain ex Flügge, <i>P. quadrifarium</i> , <i>N. charruana</i> , <i>Eryngium horridum</i> Malme.
	BCNE	98,64	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>M. selloana</i> , <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>S. hians</i> , <i>P. notatum</i> , <i>P. quadrifarium</i> , <i>N. charruana</i> , <i>E. horridum</i> , <i>Kyllinga odorata</i> Vahl.

Lista de las especies arbustivas, subarbustivas y herbáceas que presentaron una cobertura mayor al 3% (cobertura vegetal base 100%).

El tercer grupo está compuesto por cuatro sitios, dos bajo rodales de *E. grandis*, *P. taeda* (E-O) y un CN de la localidad de S<sup>dí</sup> de Quebracho. A menor distancia se agrupan *E. grandis* (MBEgE) y *P. taeda* (MPtE), ambos con orientación E-O con 11 y 12 familias, 21 y 20 géneros y 26 y 27 especies, respectivamente. A mayor distancia se agrupan *E. grandis* (MBEgN) N-S, con 11 familias, 16 géneros, 19 especies y un CN (SCNE) E-O, con similar número de familias (11), mayor número de géneros (24) y especies (36).

El tercer grupo de sitios presentan diferencias en orientación así como también en el ambiente dónde se ubicaron; similares regímenes de iluminación sobre el sotobosque determinó una reducción en el número de familias, géneros y especies. Esto podría deberse a una absorción selectiva de la RFA por el dosel arbóreo que ocasiona cambios en el espectro de la radiación que llega al sotobosque. (Silveira et al. 2014 s/p, Hernández et al. 2009,

González 2008, Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Fassola et al. 2004, Hale 2003, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997).

Cuadro 2. Características de la cobertura y las especies predominantes en la comunidad de sotobosque de *E. globulus*, *E. grandis*, *P. taeda*, callejones corta fuego y campo natural, en las tres localidades en estudio.

Cobertura vegetal en el sotobosque (%) y especies herbáceas dominantes

Localidad	Sitio	CV (%)	Cobertura vegetal en el sotobosque (%) y especies herbáceas dominantes	
			Arbórea	Herbáceas
Sarandí del Quebracho	MEggn	62,35	<i>E. globulus</i>	<i>A. fissifolius</i> , <i>S. hians</i> , <i>P. dilatatum</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Paspalum pumilum</i> Nees., <i>Setaria setosa</i> (Sw.) P. Beauv., <i>Hypoxis decumbens</i> L.
	MEgge	70,71	<i>E. globulus</i>	<i>A. fissifolius</i> , <i>Dichanthelium sabulorum</i> (Lam.) Gould & C.A. Clark, <i>P. notatum</i> , <i>P. montevidense</i> , <i>Cyperaceas spp.</i> , <i>H. decumbens</i> .
	CcSN	85,70	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>C. dactylon</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Cyperaceas spp.</i> , <i>H. decumbens</i> .
	CcSE	95,08	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>P. notatum</i> , <i>P. pumilum</i> , <i>P. montevidense</i> , <i>Cyperaceas spp.</i>
	SCNN	99,83	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>P. notatum</i> , <i>C. sororia</i> .
	SCNE	96,94	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>Eragrostis bahiensis</i> Schrad. ex Schult., <i>S. hians</i> , <i>P. dilatatum</i> , <i>P. notatum</i> , <i>K. odorata</i> .
Paso Bonilla	MPtN	6,08	<i>P. taeda</i>	<i>S. hians</i> , <i>D. sabulorum</i> , <i>Paspalum plicatulum</i> Michx., <i>P. montevidense</i> , <i>Desmodium affine</i> Schldl., <i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf., <i>H. decumbens</i> , <i>J. capillaceus</i> , <i>Phyla canescens</i> (Kunth) Greene, <i>Tibouchina gracilis</i> (Bonpl.) Cogn., <i>Chrysolaena flexuosa</i> (Sims) H. Rob.
	MPtE	6,36	<i>P. taeda</i>	<i>Andropogon lateralis</i> L., <i>Andropogon ternatus</i> (Spreng.) Nees, <i>S. hians</i> , <i>Piptochaetium bicolor</i> (Vahl) E. Desv., <i>P. montevidense</i> , <i>Adiantopsis chlorophylla</i> (Sw.) Fée, <i>H. decumbens</i> , <i>J. capillaceus</i> , <i>D. microcalyx</i> .
	CcPN	54,85	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>S. hians</i> , <i>P. notatum</i> , <i>P. bicolor</i> , <i>P. montevidense</i> , <i>Hydrocotyle pusilla</i> A. Rich., <i>H. decumbens</i> , <i>D. microcalyx</i> .
	CcPE	29,00	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>S. hians</i> , <i>P. notatum</i> , <i>P. bicolor</i> , <i>K. odorata</i> , <i>E. hieracifolia</i> , <i>H. pusilla</i> , <i>H. decumbens</i> , <i>J. capillaceus</i> , <i>D. microcalyx</i> .
	PCNN	99,25	.	<i>A. lateralis</i> , <i>A. fissifolius</i> , <i>Axonopus argentinus</i> Parodi, <i>C. dactylon</i> , <i>S. hians</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Fimbristylis spadicea</i> (L.) Vahl.
	PCNE	100	.	<i>A. lateralis</i> , <i>A. fissifolius</i> , <i>A. argentinus</i> , <i>C. dactylon</i> , <i>P. notatum</i> , <i>K. odorata</i> , <i>F. spadicea</i> .

Lista de las especies arbustivas, subarbustivas y herbáceas que presentaron una cobertura mayor al 3% (cobertura vegetal base 100%).

También se ubicó en este grupo un CN el cual presentó el menor número de especies, donde predominan las especies más adaptadas al pastoreo como *A. fissifolius* (35,62%) y *P. notatum* (24,33%) (Milot et al. 1987, Rosengurt 1943) sugiriendo condiciones de sobrepastoreo.

### 3.4.2. Riqueza

La caracterización de los sitios por la Riqueza de especies permitió identificar tres grupos nítidos (Figura 2). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor  $> 0,1$ .

En el primer grupo se relevaron 149 especies (Ni) y está conformado por siete sitios, presentando una Riqueza promedio de 51 especies ( $DE \pm 2,75$ ).

Las especies que presentaron una cobertura mayor al 3% (base 100% cobertura verde) se presentan en los cuadros 1 y 2. En éste se agrupó un rodal de *E. globulus* lo cual puede estar explicado por factores como menor LCV, DBC, VC (Silveira et al. 2014 s/p) y la mayor relación biomasa fuste/copa (González 2008), así como por la orientación de sus hileras (N-S), aspectos que podrían generar un mayor pasaje de la RFA hacia la comunidad de sotobosque, con lo cual las especies  $C_4$  se verían beneficiadas (Sage et al. 1999). También se ubicaron en éste grupo callejones corta fuego de las tres localidades, donde dos de ellos presentaron una orientación N-S, favoreciendo un mayor pasaje de la radiación hacia la comunidad herbácea (Carbonneau y Cargnello 2004, Carbonneau 1980), en cambio el sitio CcBE con orientación E-O, presentó un mayor número de especies lo cual podría estar explicado por las mejores condiciones físico-químicas del suelo (May et al. 1990).

Al agrupar las especies por su metabolismo fotosintético hay predominio de especies  $C_4$ , (relación  $C_4/C_3 = 1,68$ ), y aunque se asociaron sitios con diferencias en tipos de suelos, orientaciones y ambiente lumínico (sitio bajo una plantación forestal de *E. globulus*) no lograron generar diferencias entre ellos.

El segundo grupo presenta una Riqueza promedio de 40 especies ( $DE \pm 4,16$ ) y se relevaron 132 especies (Ni). En este grupo se observan sitios pertenecientes a localidades, orientaciones y ambientes lumínicos distintos.

Se agruparon tres callejones corta fuego de las tres localidades, dos de los cuales presentaron orientación E-O, que podría determinar un ambiente lumínico más restrictivo para la comunidad herbácea. En cambio el callejón corta fuego con orientación N-S no se diferencia, siendo explicado posiblemente por diferencias en las propiedades físicas del suelo (menor permeabilidad) que determinan un ambiente donde la comunidad herbácea es dominada por una sola especie *C. sororia* (54,62%). La participación del rodal de *E. globulus* en éste grupo se explica por su menor LCV, DBC y VC (Silveira et al. 2014 s/p), y la de *P.*

*taeda* por la orientación de sus hileras (N-S), que genera un mayor pasaje de la RFA, permitiendo el desarrollo de una comunidad herbácea con mayor riqueza. La asociación a éste grupo de campos naturales se explica por la predominancia de especies asociadas a condiciones de plena luz y más adaptadas al pastoreo como *A. fissifolius* (35,62%) y *P. notatum* (24,33%) (Milot et al. 1987, Rosengurtt 1943). Al igual que en el grupo 1 al caracterizar las especies por su metabolismo fotosintético hay predominio de especies C<sub>4</sub>, (relación C<sub>4</sub>/C<sub>3</sub> = 1,50), si bien se asociaron sitios que presentan diferencias en suelos, orientaciones y ambiente lumínico. Bajo el rodal de *E. globulus* dadas sus características dasométricas permite un mayor pasaje de radiación beneficiando a las especies C<sub>4</sub>, mientras que en el rodal de *P. taeda* con mayor LCV, DBC y VC la orientación N-S de las hileras determina la mayor entrada de radiación.

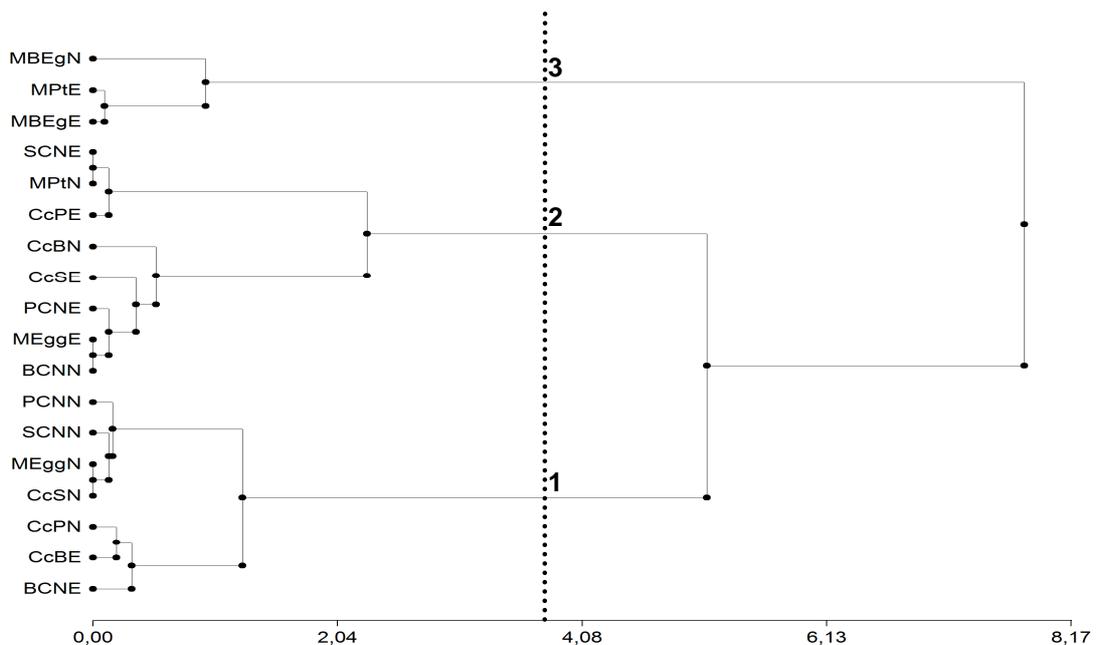


Figura 2: Dendrograma de los 18 sitios caracterizados por la Riqueza específica. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,1.

En el tercer grupo se asociaron dos sitios bajo plantación de *E. grandis* (MBEgN y MBEgE) y uno bajo *P. taeda* (MPtE), los cuales presentaron una Riqueza promedio de 24 especies (DE ± 3,56). En este agrupamiento se registraron un total de 52 especies (Ni) y las especies con cobertura mayor al 3% se presentan en los cuadros 1 y 2. Este agrupamiento presentó el menor número de especies, debido a un ambiente lumínico que limitaría el desarrollo de especies sensibles al sombreado, lo cual puede observarse en la relación de

cobertura entre metabolismos fotosintéticos  $C_4/C_3$  con un valor de 0,46, explicado por los menores requerimientos de energía de las especies  $C_3$  en el proceso de fotosíntesis (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999).

Una comunidad herbácea (sotobosque) que se caracteriza por poseer una menor Riqueza específica en ambientes que provocan una mayor intercepción de la radiación esta explicado por la LCV, DBC, VC y por el índice de área foliar (IAF), el cual es un buen indicador de la capacidad de la copa para absorber la RFA (Silveira et al. 2014 s/p, González 2008, Smethurst et al. 2003, Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999, Cherry et al. 1998, Silva 1998, Perry 1994).

Las diferentes relaciones  $C_4/C_3$  asociadas a los ambientes lumínicos observados entre los grupos 1, 2 y 3 se deben a los mayores requerimientos de ATP de las especies  $C_4$  para metabolizar una molécula de  $CO_2$ . La mayor disponibilidad de energía se traduce en una abundancia mayor de las especies  $C_4$  en ambientes a cielo abierto, callejones corta fuego, plantaciones forestales de *E. globulus*, así como también en rodales de *P. taeda* con orientación N-S, frente a ambientes sombríos, donde se adaptan las especies con metabolismo  $C_3$  (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999).

### 3.4.3. Diversidad

Las asociaciones encontradas entre los sitios de muestreo y la diversidad de especies estimada a través del Índice de Shannon (Booth et al. 2003, Shannon y Weaver 1964, Shannon 1948) (H), permitió identificar tres grupos nítidos (Figura 3). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto, siendo el p-valor:  $> 0,1$ .

El primer grupo presentó un valor de diversidad promedio  $H = 3,44$  ( $DE \pm 0,07$ ), el segundo grupo presentó una  $H = 3,25$  ( $DE \pm 0,05$ ) y el grupo 3 una  $H = 2,89$  ( $DE \pm 0,15$ ).

Dentro de estos grupos se aprecia que sitios con orientación N-S (por ej. transectas CcBN y MPtN) correspondientes a situaciones de ambientes con menores limitaciones al pasaje de la RFA presentaron valores de diversidad que las asocian a ambientes con mayores niveles de RFA disponible para el estrato herbáceo. Esto puede estar indicando que las orientaciones N-S permiten desarrollar una vegetación más diversa en relación a las E-O a igual situación de rodal o callejón corta fuego.

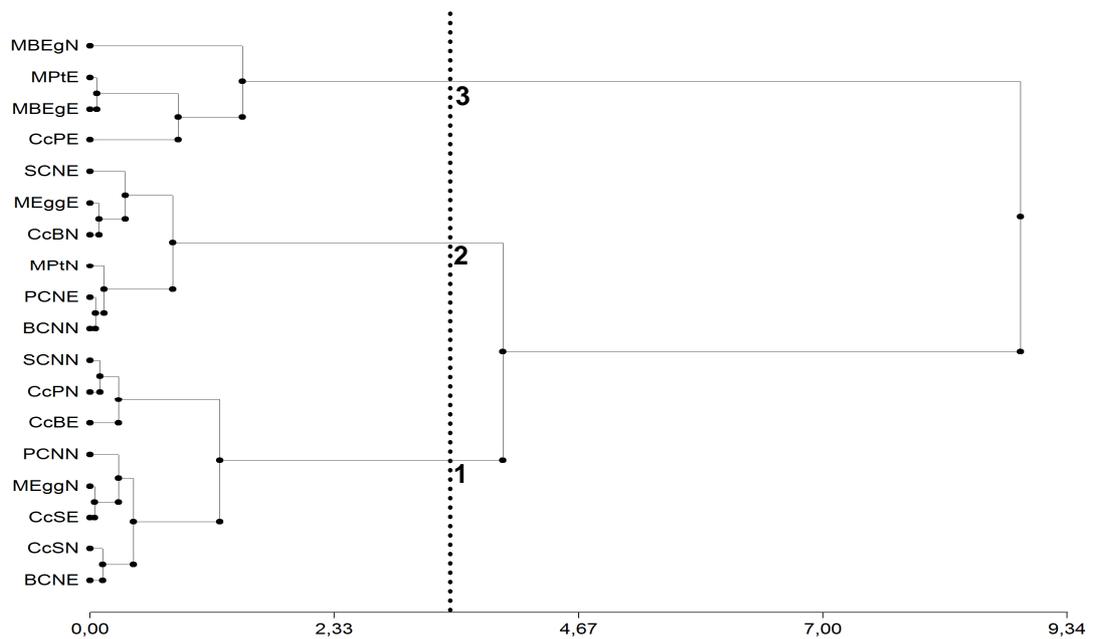


Figura 3: Dendrograma de los 18 sitios caracterizadas por el Índice de Shannon (H). Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,10.

Los menores valores de H se detectaron bajo los rodales de *E. grandis* y *P. taeda*, esto puede ser explicado por una mayor intercepción de la radiación por un mayor cerramiento del dosel arbóreo que provoca la exclusión de especies sensibles al sombreado. Bajo un dosel cerrado, las intensidades de luz son extremadamente bajas provocando que la capacidad fotosintética y las tasas de crecimiento sean bajas y además existe una fuerte diferencia en la relación R/RL y disminución de la luz azul debido a la absorción selectiva de algunas longitudes de onda provocado por el dosel arbóreo, lo cual interfiere con las respuestas de la vegetación de sotobosque (Wilson y Ludlow 1991, Chazdon 1987).

#### 3.4.4. Equidad

Las asociaciones entre los sitios con base en la Equidad (E), permitió identificar tres grupos nítidos (Figura 4). Los agrupamientos fueron testados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor: > 0,1.

La Equidad promedio de los grupos 1, 2 y 3 fueron 0,87 (DE±0,011), 0,88 (DE±0,007) y 0,92 (DE±0,005), respectivamente.

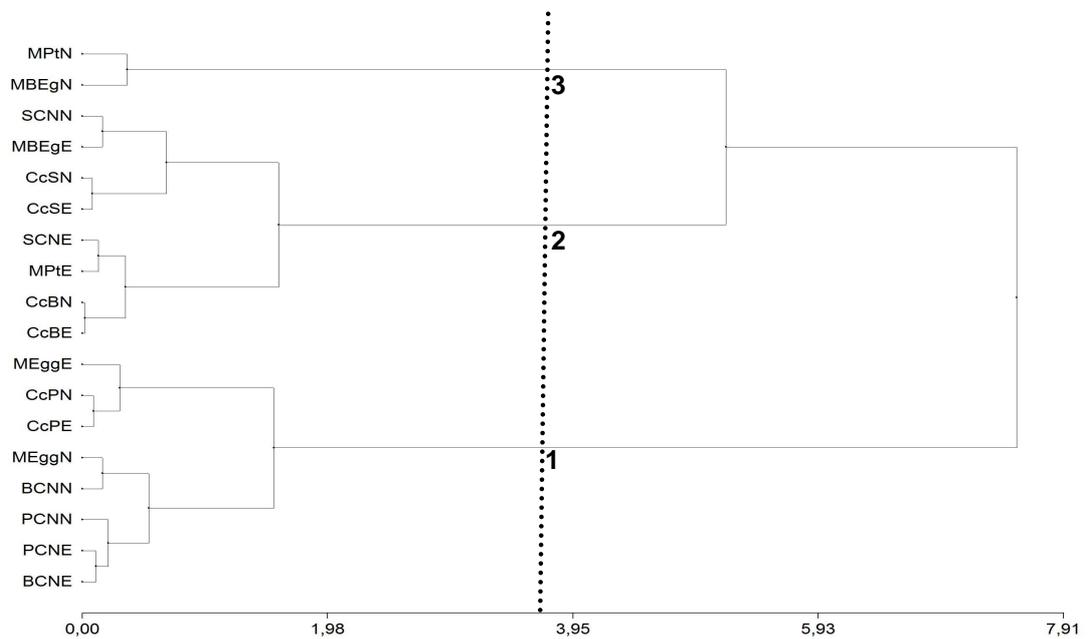


Figura 4: Dendrograma de los 18 sitios caracterizados por el valor de Equidad. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,10.

Hay una tendencia al aumento de la Equidad en ambientes más sombríos que determina comunidades herbáceas con una composición de especies más proporcionada sin dominancias (rodales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación N-S), frente a las comunidades desarrolladas bajo los rodales de *E. globulus*, callejones corta fuego de menor ancho (4,66 m) (grupo 1) y los campos naturales, independientemente de la localidad (grupos 1 y 2). El valor de equidad obtenido para estos sitios (MBEgN y MPtN) es el más cercano a 1, considerándolos como ambientes uniformes, es decir existe una máxima diversidad de especies para el sitio y además no hay ninguna especie dominante. Comunidades de CN presentan mayores riquezas, pero en ambientes más sombríos es donde se presenta la mayor Equidad. Esto puede estar explicado porque en estas comunidades de CN pastoreado existe una dominancia de especies que presentan hábito de crecimiento estolonífero o rizomatoso como *A. fissifolius*, *A. argentinus*, *P. nicorae* y *P. notatum*, adaptadas al pastoreo (Millot et al. 1987, Rosengurtt 1943).

Doseles arbóreos más abiertos como los de *E. globulus* mostraron el desarrollo de comunidades herbáceas con los menores niveles de Equidad, pero más adaptadas al pastoreo, es decir estarían operando aquí los mismos mecanismos adaptativos que se dan en el campo natural, lo cual podría derivar en estrategias de manejo apuntando a lograr la

diversificación de los PFC, incorporando a la actividad ganadera al observarse un mayor Valor Pastoral Corregido en estas comunidades (Silveira et al. 2014 s/p).

La variación detectada en la Equidad puede deberse a que ambientes que presentan un menor flujo de radiación determinan variaciones de la composición botánica que llevan a la mayor presencia de los metabolismos fotosintéticos C<sub>3</sub> y/o especies planófilas que tienen una mayor habilidad para captar los pulsos de radiación que pasan través del dosel arbóreo (Pillar et al., 2002, Sage et al. 1999, Silva, 1998).

### 3.5. CONCLUSIONES

Los mayores valores en el número de familias, géneros y especies se asociaron a ambientes más lumínicos. Las orientaciones de las hileras en los rodales de *E. grandis* y *P. taeda* condicionaron el número de familias, géneros y especies.

Rodales de *E. globulus* independientemente de sus orientaciones generan vegetaciones con valores intermedios en el número de familias, géneros y especies.

Las vegetaciones desarrolladas en ambientes más sombreados presentan menores relaciones C<sub>4</sub>/C<sub>3</sub>.

Vegetaciones desarrolladas en ambientes más iluminados presentaron mayores valores de Riqueza y Diversidad y la menor expresión de Dominancia se asocio a ambientes más sombreados.

### 3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Ballester A, Arias AM, Cobián B, López Calvo E, Vieitez E. 1982. Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. Pastos, 12 (2): 239-254.
- Booth BD, Murphy SD, Swanton CJ. 2003. Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems. CABI Publishing. UK. 303p.
- Braun – Blanquet. 1950. Sociología Vegetal: Estudio de las comunidades vegetales. Acme Agency. Buenos Aires. 444p.
- Carbonneau A, Cargnello G. 2004. Architectures de la vigne et systèmes de conduite. Dunod – Iris. Paris, France. 187p.

- Carbonneau A. 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse Dr. Ing. Université de Bordeaux II., n° ordre 6.
- Carrere, R. y L. Lohman. 1996. El Papel del Sur: Plantaciones Forestales en la Estrategia Papelera Internacional. Londres, Zed Books. URL <http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/papel>.
- Chazdon R. 1987. Aspectos importantes para el estudio de los regímenes de luz en bosques tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 35: 191-196.
- Chen JM, Blanken TA, Black M, Guilbeault M. Chen S. 1997. Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86: 107-125.
- Cherry M, A Hingston, M Battaglia, C Beadle. 1998. Calibrating the LI-COR LAI-2000 for estimating leaf area index in eucalypt plantations. *Tasforests*, 10: 75-82.
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2013. InfoStat versión.2013 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Elliot, K Swank, W. 1994. Changes in tree species diversity after successive clearcuts in the southern Appalachians. *Vegetatio*, 115: 11-18.
- Ellum D. 2009. Floristic Diversity in Managed Forests: Demography and Physiology of Understory Plants Following Disturbance in Southern New England Forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 28: 132-151.
- Fassola HE, Lacorte SM, Pachas AN, Piezzuti R. 2005. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jesuiticus* Valls, bajo dosel de *Pinus taeda* L. en el nordeste de Corrientes. *RIA*, 34 (3): 21-38.
- Fassola HE, Lacorte SM, Pachas AN, Keller A. 2004 Experiencias sobre Manejo Silvopastoril en Misiones y NE de Corrientes, Argentina. In Simposio Latino - americano sobre manejo Florestal. Anais 3º Simposio Latino - americano sobre manejo Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós - graduação em engenharia Florestal. pp. 450-460.
- González Torres DA. 2008. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – Udelar. 49p.

- Hale SE. 2003. The effect of thinning intensity on the below canopy light environment in a Sitka spruce plantation. *Forest Ecology Management*, 179: 341-349.
- Hernández J, Del Pino A, Salvo L, Arrarte G. 2009. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258: 92-99.
- Kilinka K, Chen H, Wang Q, Montigny L. 1996. Forest Canopies and Their Influence on Understory Vegetation in Early-Seral Stands on West Vancouver's land. *North. Sci.*, 70:193-200.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3): 259-263.
- Lazo JL, Valdéz NV, Sampaio RA, Demolin GL. 2007. Diversidade zoológica associada a um silvopastoreo leucaena-guinea com diferente idade de estabelecimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42 (12): 1667-1674.
- Leblanc S, Chen J, Fernandes R, Deering D, Conley A. 2005. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129: 187-207.
- Lusk, C. 1996. Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forest of the coast range summit plateau. Valdivia, Chile. *Revista Chilena de historia natural*, 69: 401-411.
- May H, Di Landro E, Alvarez C. 1990. Avances en la caracterización de sitios en el estudio integrado de pasturas naturales y suelos en la Estancia Palleros. In 2º Seminario de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. pp. 11-33.
- Mead DJ. 2010. Results of 16 year of study in a Temperate Silvopastoral Experiments with *Pinus radiata* in New Zealand. In. *Handbook on Agroforestry, Management Practices and Environmental Impact*. Editor: Kellimore R. Nova Science Publishers, Inc. pp. 225-249.
- Millot JC, Methol R, Risso D. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo: MGAP. CHPA. FUCREA. 195p.
- Montoya OJ. 1995. *El Eucalipto*. Ed. Mundi-Prensa. España. 1ª Edición. 125p.
- Morris, LA, Bush, P, Clark, J. 1993. Ecological impacts and risk associated with forest management In *Predicting ecosystems risk*. (Eds., Cairns J, Niederlehner, B, Orvos,

- D.). *Advances in modern environmental Toxicology*. Princeton Scientific Publishing, 20: 153-213.
- Pérez E, Bemhaja M, Gutiérrez F. 2008. Evaluación de la vegetación, biomasa radicular y propiedades físico-químicas del suelo en sistemas pastoriles y forestales en suelos arenosos de Tacuarembó. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 186-187.
- Perry D. 1994. *Forest ecosystem*. Baltimore, USA. The Johns Hopkins University Press. 649p.
- Pillar V, Boldrini I, Lange O. 2002. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27 (6). 753-761.
- Pillar, V.D. 1997. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses*, 12: 145-148.
- Rosengurtt B. 1943. *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay*. 3ª Contribución. Montevideo, Barreiro y Ramos. 281p.
- Sage RF, Weding DA, Li M. 1999. The Biogeography of C3 Photosynthesis: Patterns and Controlling Factors. In. Sage RF y Monson RK. Ed. *C4 Plant Biology*. Academic Press. pp. 313-373.
- Sampsons DA, Lee Allen H. 1998. Light attenuation in a 14 year old loblolly pine stand as influence by fertilization and irrigation. *Tree*, 13: 80-87.
- Silva J. 1998. *Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por Eucalyptus saligna e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul*. Departamento de Zootecnia – UFV. Viçosa/MG. Tese de Doutorado. 174p.
- Silveira ED, Cadenazzi M, Boggiano P. 2014. Cambios en el valor pastoral de la vegetación en condiciones silvopastoriles y campo natural. Remitido a *Revista Agrociencia Uruguay* (21/08/2014).
- Shannon CE, Weaver W. 1964. *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 125p.
- Shannon CE. 1948. The mathematical theory of communication. *The Bell Systems Technical Journal*, 27: 379-423/623-656.
- Smethurst P, Baillie C, Cherry M, Holz G. 2003. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. *Forest Ecology and Management*, 176: 531–554.

- Soil survey staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Soil Conservation Service. USDA. 338p.
- Souto XC, Gonzáles L, Reigosa MG. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producidos por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso forestal español, Lourizan. Ponencias y comunicaciones. Tomo I. pp. 189-194.
- Thomas SC, Halpern CB, Falk DA, Liguori DA, AUSTIN KA. 1999. Plant Diversity in Managed Forests: Understory Responses to Thinning and Fertilization. *Ecological Application*, 9 (3): 864-879.
- Wilson J, Ludlow M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings No. 32. Camberra, Australia. pp. 10-24.
- Zerbino ME. 2008. Efecto de la forestación en una pradera natural en el noreste del Uruguay sobre la macro fauna del suelo. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 186.

#### 4. DISCUSION GENERAL

El presente estudio permitió cuantificar el valor forrajero de las comunidades herbáceas de sotobosque, callejones corta fuego y campos naturales aledaños. Para lograr el objetivo de calificar a las comunidades se utilizaron diferentes estrategias. En primera instancia se midieron las variables dasométricas de los rodales, características que se relacionan con el dosel arbóreo, el cual a través de su incidencia modifica el régimen de la trasmisión de la radiación a través del mismo (Macedo et al. 2010). *E. globulus* fue la especie forestal que presentó los menores DAP, DBC y VC, características que afectan fuertemente el pasaje de la radiación solar directa. Estos resultados concuerdan con trabajos nacionales acerca de la distribución de la biomasa para distintas especies del género *Eucalyptus* (Hernández et al. 2009, González 2008). Los rodales de *E. grandis* y *P. taeda* presentan mayores valores y similitud en las variables LCV, DBC y VC, características que generan una mayor competencia por luz que afectan a la comunidad de sotobosque. El descenso o la extinción de la radiación solar es expresada por la ley de Beer, la cual fue adaptada por Monsi y Saeki (1953) donde el nivel de radiación solar próximo al nivel del suelo es una variable relacionada al índice de área foliar (IAF), y que en SSP es afectado por la estructura de copa y del dosel (características morfofisiológicas), la especie arbórea utilizada, la densidad del rodal, la edad, la altura, la distribución espacial de los árboles, así como resultado del manejo forestal aplicado (Aussenac 2000, Fucks 1999), determina así la intensidad de la competencia del estrato forestal sobre la vegetación herbácea del sotobosque por los recursos del medio, entre ellos la radiación. La dirección de las hileras de los árboles en función de la orientación este – oeste o norte - sur permite mayor o menor incidencia luminosa en la vegetación del sotobosque (Pachas et al. 2009). El régimen de luz y su naturaleza (directa o difusa) sobre el dosel de las plantas forrajeras es influenciado por el tamaño y la estructura del canopy forestal, cuando la luz pasa a través de un dosel con característica multiestrato se ve alterada en cuanto a su calidad y se genera una heterogeneidad horizontal en su cantidad, por lo que la radiación incidente sobre el estrato inferior es reducida sensiblemente (Ludlow 1978).

Esta heterogeneidad horizontal en cantidad y calidad genera cambios en la comunidad de sotobosque modificando la cobertura de las especies que se adaptan a condiciones de sombreado. Al cuantificar la cobertura del suelo a través de la CV, SD, M+H y los RF se logro caracterizar los sitios relevados generándose a través del análisis de componentes

principales cuatro grupos definidos donde la CV fue la variable de mayor peso para discriminar los distintos ambientes. Es así que los mayores valores de CV se localizaron en los campos naturales y en los callejones corta fuego de mayor ancho promedio entre rodales (18,7m), siendo los ambientes con menores restricciones por el factor luz. Los rodales de *E. globulus* y callejones corta fuego de *E. grandis* presentaron un comportamiento promedio para todas las variables que determinan la cobertura del suelo, lo cual puede ser explicado por los menores niveles de residuos forestales depositados por *E. globulus* debido a la mayor relación fuste/copa frente a *E. grandis*. La asociación entre estos sitios (rodales de *E. globulus* y callejones corta fuego de *E. grandis*) estaría explicado por los mayores niveles de RF volcados por *E. grandis* bajo el rodal (mayor volumen de copa, corteza caduca y mayor tasa de recambio foliar) y la deriva de estos RF hacia los callejones corta fuego, así como también por el menor ancho promedio de los mismos (13m) ejerciendo el rodal una mayor influencia en el régimen de iluminación del mismo independientemente de su orientación (Hernández et al. 2009, González 2008, Eckstein y Karlsson 1997, Berendse y Aerts 1987).

Los callejones corta fuego pertenecientes a los rodales de *P. taeda* presentaron un ancho promedio de 4,66 m, distancia que determinó una alta incidencia del rodal sobre su ambiente lumínico, que estaría explicando la asociación a valores crecientes de SD y de H+M. Es necesario destacar la diferencia existente en CV entre los callejones corta fuego según su orientación, donde la orientación de las hileras N-S presentó una CV 25,85% superior a la orientación E-O, denotando la influencia de la orientación en el régimen de iluminación en los callejones corta fuego. Finalmente los rodales de *E. grandis* y *P. taeda* se caracterizaron por presentar los mayores niveles de superficie del suelo no recubierta por vegetación y donde el principal componente fue la cobertura de RF con valores de 90,85 % ( $DE \pm 3,56$ ) y donde la CV fue de 8,27 % ( $DE \pm 3,80$ ). Este resultado concuerda con lo reportado para las variables dasométricas, donde *E. grandis* y *P. taeda* presentan las menores diferencias entre ellos y los mayores valores de DAP, DBC, LCV y VC que las reportadas para *E. globulus*. Los rodales de *E. grandis* y *P. taeda* se asociaron a un alto recubrimiento de restos forestales lo cual está explicado por un mayor recambio foliar, desrame y descortezado y recambio de acículas y caída de estructuras reproductivas (conos), respectivamente. Especies forestales diferentes pueden mantener biomasa de diferente longevidad, asociados a una alta productividad y menor duración de vida de la biomasa

vegetal (Mead 2010, Hernández et al. 2009, González 2008, Eckstein y Karlsson 1997, Berendse y Aerts 1987). Las diferencias específicas en la distribución de materia seca de las estructuras que conforman el árbol varían según las especies, *E. globulus* presenta 78 % de la materia seca aérea alojada en el fuste, siendo el resto ramas menores y hojas, mientras en *E. grandis* se aloja en el fuste menos del 73%, por lo que aumenta la incidencia de los tejidos con mayor tasa de recambio, afectando los volúmenes de restos senescentes que son depositados sobre el suelo (Hernández et al. 2009, González 2008). En este mismo sentido, el área foliar proyectada o el índice de área foliar aumenta hasta 800 árboles ha<sup>-1</sup> y disminuye con densidades mayores, debido a la menor proporción de biomasa localizada en la copa (Muñoz et al. 2008). Estos resultados explicarían que en rodales de *E. globulus* con poblaciones de 1250 árboles ha<sup>-1</sup> permitiría un mayor pasaje de radiación hacia el sotobosque determinando una mayor cubierta vegetal en comparación a las encontradas en *E. grandis* y *P. taeda*.

Al analizar la cobertura vegetal y la composición de la misma a través del número de familias, géneros y especies se observó que las familias más importantes fueron: Poaceae con 27 géneros y 57 especies, en segundo término la familia Asteraceae con 18 géneros y 27 especies, seguida por Cyperaceae con 6 géneros y 11 especies, Fabaceae con 5 géneros y 10 especies, Rubiaceae con 5 géneros y 7 especies, Plantaginaceae con 3 géneros y 6 especies y Oxilidaceae con un género y 5 especies, a través de los sitios relevados.

Del análisis de estas variables surgen tres grupos, el primero presentó 19 (DE±1,50) familias, 40 (DE±4,03) géneros y 53 (DE±2,99) especies, donde se agruparon callejones corta fuego de localidades distintas y de diferente ancho (26 m a 4,66 m) y un campo natural. Este agrupamiento se produjo por la similitud en el número de familias, observándose una diferencia de 9 géneros que correspondió a seis de la familia Poaceae que se relevaron en el campo natural. Esta diferencia puede deberse a las mejores condiciones de iluminación en esta situación, la ausencia de disturbio que se genera en los callejones corta fuego (pasaje de maquinaria y vehículos), a las propiedades físico – químicas de los suelos (May et al. 1990) y a la mayor profundidad de arraigamiento en el suelo del sitio BCNE.

El segundo grupo de sitios presentó 15 (DE±1,65) familias, 33 (DE±2,11) géneros y 43 (DE±5,17) especies, incluyendo situaciones de campo natural hasta rodales de *P. taeda*. Para los sitios ubicados bajo el rodal de *E. globulus* este resultado puede ser explicado por

las características de las copas, donde la interferencia provocada en el ambiente lumínico permiten que dominen pocas familias con metabolismo fotosintético C<sub>4</sub>. En cambio para el sitio ubicado bajo un rodal de *P. taeda* (N-S) puede ser explicado por un cambio en la composición florística, donde predominan pocas familias con metabolismos fotosintéticos C<sub>3</sub> (relación C<sub>4</sub>/C<sub>3</sub>=0,35) (Silveira et al. 2014 s/p, Hernández et al. 2009, González 2008, Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Fassola et al. 2004, Hale 2003, Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997).

El tercer agrupamiento presentó 11 (DE±0,50) familias, 20 (DE±3,30) géneros y 27 (DE±6,98) especies, donde existe una mayor similitud entre sitios que presentan similar régimen de iluminación sobre la comunidad de sotobosque que determina una reducción del número de familias, géneros y especies. Este comportamiento se debe a la interferencia que ejerce la plantación forestal de *E. grandis* y *P. taeda* sobre el componente herbáceo, producido por las mayores LCV, mayor DBC y mayor VC, ocasionando una absorción selectiva de la radiación fotosintéticamente activa, provocando cambios en el espectro de la radiación que llega a la comunidad de sotobosque. (Silveira et al. 2014 s/p, Hernández et al. 2009, González 2008, Leblanc et al. 2005, Fassola et al. 2005, Fassola et al. 2004, Hale 2003, Sampson y Lee Allen 1998, Chen et al. 1997). En este grupo se ubicó un campo natural, dentro de los posibles factores que estarían operando para que este sitio se agrupe con rodales serían la menor profundidad del suelo combinado con el efecto de una mayor presión de pastoreo que simplificó su flora, predominando especies más adaptadas al pastoreo como *A. fissifolius* (35,62%) y *P. notatum* (24,33%) (Millot et al. 1987, Rosengurt 1943).

Cuando relacionamos las especies relevadas con sus tipos productivos (Rosengurt 1979 y 1946) y se ordenan a través de los sitios se generan cuatro grupos, en el cuadro 1 se presentan los valores promedios de cada grupo según los tipos productivos (TP).

El primer grupo se caracteriza por presentar las menores diferencias en porcentaje de cobertura (base 100% verde) en el total de los TP, donde se destaca como TP predominante el T (55,82%), donde predominan especies de metabolismo C<sub>4</sub>, con tipos vegetativos estolonífero y rizomatoso como *A. argentinus*, *A. fissifolius* y *P. notatum*. En este grupo se destaca la presencia del TP MCS, el cual fue el más importante a través de los grupos formados (7,31%).

Cuadro 1. Caracterización de los grupos de sitios por la cobertura promedio (base 100% verde) y su desvío estándar según su tipo productivo.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Tipo Productivo	Prom.±DE	Prom.±DE	Prom.±DE	Prom.±DE
F	1,49±1,20	1,82±1,16	0,00	2,75±0,00
T	55,82±6,58	71,24±5,85	33,37±10,48	15,17±0,00
O	14,74±6,30	9,42±5,25	14,00±10,40	63,99±0,00
D	14,07±7,94	1,79±2,13	4,75±7,26	3,62±0,00
ME/MM	6,57±4,44	13,03±9,75	44,96±11,23	13,77±0,00
MCS	7,31±3,93	2,70±2,16	2,92±3,22	0,70±0,00

F: fino; T: tierno; O: ordinario; D: duro; ME/MM: maleza enana/maleza menor; MCS: maleza de campo sucio.

El segundo grupo se destaca sobre el resto por presentar los valores máximos de especies con TP T (71,24%), donde la participación de especies con metabolismos C<sub>4</sub> y C<sub>3</sub> varía de acuerdo al nivel de restricción lumínica impuesto por el rodal, para el caso de los sitios bajo rodales de *E. globulus* existe una dominancia de especies de metabolismo C<sub>4</sub> (*P. notatum*, *A. fissifolius* y *D. sabulorum*), en cambio sitios bajo rodales de *P. taeda* domina el metabolismo C<sub>3</sub> (*P. bicolor* y *P. montevidense*).

El tercer grupo presentó rodales de *E. grandis* (N-S) y *P. taeda* (N-S) que poseen los valores mayores en las variables dasométricas (LCV, DBC y VC) y que podían explicar las mayores interferencias en el régimen de RFA de esos sitios, también integran este grupo callejones corta fuego que presentan un ancho promedio de 4,66m (CcPN y CcPE) y otro con un ancho de 13 m (CcBE), grupo que se caracteriza por presentar los mayores valores de los TP ME/MM, siendo predominantemente especies que presentan una estructura de planta planófilas sumado a la predominancia de metabolismos fotosintéticos C<sub>3</sub> mejor adaptados a regímenes de iluminación más restrictivos (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999, Kephart et al. 1992) y TP T donde predominan gramíneas perennes de ciclo invernal C<sub>3</sub> (*P. montevidense* y *P. bicolor*) (Cuadro 1).

El cuarto grupo lo integra un solo sitio, callejón corta fuego (CcBN), el cual presenta los valores máximos en cobertura del TP O (63,99%), correspondiendo a las especies *Carex sororia* Kunth (54,62%), *Cyperus meridionalis* Barros (3,91%) y otras Ciperáceas spp. (3,15%). El motivo de la predominancia de la familia Ciperaceae en este sitio se explica debido a condiciones particulares del suelo donde podría presentar un mayor contenido de humedad.

Al considerar la Riqueza específica se observaron tres grupos de sitios, el primero conformado con localidades, orientaciones y ambientes lumínicos distintos, que presentaron el máximo valor de Riqueza ( $S=51$  ( $DE\pm 2,75$ )), donde se agrupó un rodal de *E. globulus* lo cual puede estar explicado por factores como la menor LCV, DBC y VC, así como por la orientación de sus hileras (N-S), aspectos que podrían generar un ambiente lumínico más propicio para el desarrollo de la comunidad herbácea de sotobosque, también se ubicaron en este grupo callejones corta fuego de las tres localidades, donde dos de ellos presentaron una orientación N-S, esta orientación permite una iluminación de la comunidad herbácea (Carbonneau y Cargnello 2004), en cambio el sitio CcBE con orientación E-O, presentó una riqueza que permitió agruparlo con los sitios anteriormente mencionados, posiblemente explicado por las mejores condiciones físico-químicas del suelo favoreciendo la presencia de un número mayor de especies.

El segundo grupo de sitios se caracterizó al igual que el anterior por pertenecer a localidades, orientaciones y ambientes lumínicos distintos, obteniéndose una  $S=40$  ( $DE\pm 4,16$ ), donde se agruparon callejones corta fuego de las tres localidades relevadas, dos de los cuales presentaron una orientación E-O, lo cual podría generar un menor pasaje de la RFA a la comunidad herbácea, en cambio, el restante callejón corta fuego aunque presentando una orientación N-S no logra diferenciarse de los anteriores, lo cual podría estar explicado por las propiedades físicas del suelo, generando un ambiente donde la comunidad herbácea fue dominada por una sola especie (*C. sororia* con una cobertura de 54,62%). Los sitios ubicados bajo rodales corresponden a *E. globulus* siendo explicado por su menor LCV, DBC y VC, y *P. taeda* por la orientación de sus hileras (N-S), aspectos que podrían generar un mayor pasaje de luz (Carbonneau y Cargnello 2004), generando el desarrollo de la comunidad herbácea con una mayor riqueza que la orientación E-O. La asociación en este grupo de campos naturales se explica por la predominancia de especies más adaptadas al pastoreo como *A. fissifolius* (35,62%) y *P. notatum* (24,33%) (Millot et al. 1987, Rosengurt 1943). Al igual que en el grupo anterior al caracterizar las especies por su metabolismo fotosintético hay predominio de especies  $C_4$ , (grupo 1 relación  $C_4/C_3=1,68$ ; grupo 2 relación  $C_4/C_3=1,50$ ), si bien se asociaron sitios que presentan diferencias en suelos, orientaciones y ambiente lumínico. Para el caso del rodal de *E. globulus* el cual presenta características de copa que permiten un mayor pasaje de RFA se benefician las especies  $C_4$ , en cambio la

explicación del agrupamiento del rodal de *P. taeda* (mayor LCV, DBC y VC) podrá estar dado por la orientación de las hileras (N-S), que permitiría el pasaje de una mayor proporción de la RFA y mas homogénea que las orientaciones E-O (Pachas et al. 2009, Carbonneau y Cargnello 2004).

Un ambiente lumínico limitante perjudicaría el desarrollo de especies sensibles al sombreado, lo cual puede observarse en el tercer grupo, donde la relación de cobertura entre metabolismos fotosintéticos es  $C_4/C_3=0,46$ , indicando una dominancia de especies  $C_3$  debido a los menores requerimientos de energía en el proceso de fotosíntesis (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999). Las diferentes relaciones  $C_4/C_3$  asociadas a los ambientes lumínicos observados entre los grupos 1, 2 y 3 se deberían a los mayores requerimientos de ATP de las especies  $C_4$  para metabolizar una molécula de  $CO_2$ . Esta mayor demanda de energía se traduce en una abundancia mayor de las especies  $C_4$  en ambientes a cielo abierto, callejones corta fuego, plantaciones forestales de *E. globulus*, así como también en rodales de *P. taeda* con orientación N-S, frente a ambientes sombríos, donde se adaptan las especies con metabolismo  $C_3$  (Pillar et al. 2002, Sage et al. 1999, Cherry et al. 1998, Sampsom y Lee Allen 1998, Silva 1998, Perry 1994, Kephart et al. 1992).

El mayor valor de diversidad fue de 3,44 ( $H = 3,44 (DE\pm 0,07)$ ), donde se agruparon campos naturales (BCNN, SCNN y PCNN), callejones corta fuego (CcBE, CcSN, CcSE y CcPN) y un rodal de *E. globulus* (MEggN), conformando el primer grupo, sitios donde no existe o es mínima la interferencia de los rodales. En este grupo se ubican callejones corta fuego de diferente ancho y orientación, que van desde los 5 m hasta los 18,7 m. La asociación de callejones corta fuego de menor ancho se asocian a orientaciones N-S, lo cual podría explicar mejores condiciones lumínicas (Carbonneau y Cargnello 2004, Carbonneau 1980), sin embargo resultados obtenidos en plantaciones de Pino híbrido no lograron detectar diferencias en la RFA total anual acumulada según la orientación (N-S y E-O) (Pachas et al. 2009). Un rodal de *E. globulus* también se asoció a este grupo, siendo explicado por las características dasométricas que generan un ambiente que no afecta la diversidad de especies, además la orientación de las hileras de árboles (N-S) coincide con lo expuesto por Carbonneau y Cargnello (2004).

El segundo grupo de sitios presentó valores promedios de diversidad de  $H = 3,25 (DE\pm 0,05)$  y correspondió a campos naturales (BCNN, SCNE y PCNE), un callejón corta

fuego (CcBN) y rodales de *E. globulus* (MEggE) y *P. taeda* (MPtN). Sitios con orientación N-S (CcBN y MPtN) aún en ambientes con mayores limitaciones al pasaje de la RFA presentaron valores de diversidad que las agrupan con ambientes de mayor luminosidad. Esto puede estar indicando que las orientaciones N-S permiten desarrollar una vegetación más diversa en relación a las E-O a igual situación de rodal o callejón corta fuego.

Los menores valores de diversidad ( $H = 2,89$  ( $DE \pm 0,15$ )) se detectaron bajo los rodales de *E. grandis*, *P. taeda* y un callejón corta fuego (E-O) esto puede ser explicado por una mayor interceptación de la radiación por un más denso dosel arbóreo que provoca la exclusión de especies sensibles al sombreado (Wilson y Ludlow 1991, Chazdon 1987).

La Equidad en ambientes más sombríos tendió a aumentar determinando comunidades herbáceas con una composición de especies más proporcionada, sin dominancias (en rodales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación N-S, frente a las comunidades desarrolladas bajo los rodales de *E. globulus*, callejones corta fuego de menor ancho (4,66 m) y los campos naturales, independientemente de la localidad. El valor de equidad obtenido para los sitios ubicados bajo rodales de *E. grandis* y *P. taeda* (N-S) es cercano a 1, considerándolos como ambientes uniformes, es decir existe una máxima diversidad de especies para ese ambiente y además no hay ninguna especie dominante. En este mismo sentido cuando comparamos estas comunidades con las desarrolladas en campos naturales estos últimos presentan mayores riquezas específicas, pero en ambientes más sombríos es donde se presenta la mayor equidad. Esto puede estar explicado porque en estas comunidades de campo pastoreado existe una dominancia de especies que presentan hábitos de crecimiento estolonífero o rizomatoso como *A. fissifolius*, *A. argentinus*, *P. nicorae* y *P. notatum*, adaptadas al pastoreo (Millot et al. 1987, Rosengurt 1943).

Doseles arbóreos más abiertos como los de *E. globulus* mostraron el desarrollo de comunidades herbáceas con los menores niveles de equidad, pero más adaptadas al pastoreo, dominado los tipos vegetativos que se dan en el campo natural, lo cual podría derivar en estrategias de manejo apuntando a lograr la diversificación de los PFC, incorporándolos a la actividad ganadera al observarse un mayor Valor Pastoral corregido (VPc) en estas comunidades (Silveira et al. 2014 s/p). La variación detectada en la Equidad puede deberse a que ambientes que presentan un menor flujo de radiación determinan variaciones de la composición botánica que llevan a la dominancia de los metabolismos

fotosintéticos C<sub>3</sub> y/o especies planófilas que tienen una mayor habilidad para captar los pulsos de radiación que pasan través del dosel arbóreo (Pillar, et al., 2002, Sage et al. 1999, Silva 1998).

Se realizó una valoración de las comunidades herbáceas a los efectos de caracterizar su aptitud ganadera, lo cual requiere la realización de un inventario de las especies y asociarlo al los tipos productivos de cada una de ellas para determinar su valor pastoral. El valor pastoral calculado para los sitios del presente estudio varió entre 5,98 y 2,77 mostrando diferencias entre comunidades con distintas composiciones florísticas. Al corregirlo por la cobertura vegetal se generan mayores diferencias entre los sitios, reflejando el peso de la cobertura vegetal sobre la aptitud pastoril de las comunidades. En el presente estudio se determinó que los sitios están afectados principalmente por la superficie no recubierta por vegetación y donde los RF a través de su cobertura afectan a las pasturas principalmente por una interferencia física y la generación de sustancias alelopáticas (Mead 2010, Souto et al. 1993, Ballester et al. 1982). La baja cobertura vegetal en las plantaciones forestales de *E. grandis* y *P. taeda*, sumada a bajas frecuencias de especies T y F (inferiores al 20 %) resultan en una base forrajera pobre y degradada siendo el valor pastoral corregido (VPc) promedio en estas situaciones de 0,69 (DE±0,59). El VPc promedio obtenido para los campos naturales, rodales de *E. globulus* y callejones corta fuego de ambas plantaciones forestales fue de 4,22, correspondiéndose a un tipo productivo ordinario (Rosengurtt 1979) lo cual está indicando que la cría de vacunos sería el destino más adecuado para estas comunidades. Por lo antes expuesto y dado el escaso valor para la producción ganadera las plantaciones forestales de *E. grandis*, *P. taeda* y callejones corta fuegos con anchos menores a 5 metros, no deberían integrar el área efectiva de pastoreo, por lo que no deben considerarse al ajustar la carga del sistema pastoril.

## 5. CONCLUSIONES

La cobertura vegetal estuvo asociada a las características y nivel de interferencia de los rodales así como al ancho de los callejones corta fuego. Existen diferencias en la cobertura del suelo entre los sitios relevados, donde las comunidades vegetales desarrolladas bajo plantaciones forestales de *E. grandis*, y *P. taeda* presentaron la menor cobertura vegetal. En los callejones corta fuego la cobertura vegetal es dependiente de las distancias entre rodales, donde, las menores distancias provocan una reducción del área ocupada por la vegetación herbácea.

El número de familias géneros y especies sigue un gradiente lumínico, reduciéndose con las mayores interferencias del rodal. Los mayores valores en el número de familias, géneros y especies se observaron en campos naturales y callejones corta fuego con orientaciones N-S. Las vegetaciones desarrolladas en ambientes más sombreados bajo rodales de *E. grandis* y *P. taeda* generaron los menores valores en el número de familias, géneros y especies. Orientaciones N-S de las hileras en rodales de *P. taeda* generaron mejores condiciones de iluminación que permiten el desarrollo de una vegetación con mayor número de géneros y especies. Rodales de *E. globulus* independientemente de sus orientaciones generan vegetaciones con valores intermedios en el número de familias, géneros y especies, al igual que callejones corta fuegos con orientación E-O y campos naturales degradados donde predominaron especies estoloníferas y rizomatosas.

La Riqueza y Diversidad acompañan un gradiente lumínico, donde las vegetaciones desarrolladas en ambientes menos iluminados presentan menores valores de Riqueza y Diversidad. La menor expresión de Dominancia se asoció a ambientes más sombreados.

El valor pastoral corregido fue dependiente de la cobertura vegetal, disminuyendo su valor al disminuir ésta. El Valor Pastoral corregido de las comunidades desarrolladas en callejones corta fuego y rodales de *P. taeda* y rodales de *E. grandis* presentaron los valores menores indicando una inferior aptitud ganadera al resto de las situaciones.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acciaresi H, Ansin OE, Marlats RM. 1994. Sistemas silvopastoriles: efectos de la densidad arbórea en la penetración solar y producción de forraje en rodales de Álamo (*Populus deltoides* Marsh). *Agroforestería de las Américas*. Turrialba, Costa Rica. 1 (4): 6 - 9.
- Adami P, Mezzalira J, Sator L, Soares A, Fonseca L, Migliorini F. 2006. Produção de forrageiras de espécies perennes de verão em sistema silvipastoril. In. XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul – Grupo Campos. Pelotas - Rio Grande do Sul, Brasil. Versión en CD rom 2 - 03.
- Andrade CM, Garcia R, Couto L, Pereira OG. 2002. Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. *Revista Árvore*, Viçosa, 26 (1): 19 - 23.
- Aussenac G. 2000. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, Versailles, 57: 287 - 301.
- Bahamonde HA, Peri PL, Álvarez R, Barneix A. 2012. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. *Ecología Austral*. 22: 62 – 73.
- Bahamonde HA, Peri PL, Martínez Pastur G, Lencinas V. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. In Primer congreso silvopastoril, Posadas, Misiones, Argentina mayo de 2009. Actas. pp. 289 - 296.
- Ballester A, Arias AM, Cobián B, López Calvo E, Vieitez E. 1982. Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus radiata* D. *Pastos*, 12 (2): 239-254.
- Barro RS, Varella A, Lemaire G, Medeiros R, Saibro JC, Nabinger C, Vangel F, Carassal I. 2012. Forage yield and nitrogen nutrition dynamics of warm-season native forage genotypes under two shading levels and in full sunlight. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41: 1589–1597.
- Barro P, Saibro J, Medeiros R, Silva J, Varella A, Brambilla D. 2008. Níveis de radiação solar e rendimento de matéria seca de gramíneas y leguminosas de ciclo hibernal em sub-bosques de *Pinus elliottii* no Litoral Norte de Rio Grande do Sul. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 265.

- Barro P, Saibro J, Silva J, Varella A, Brambilla D. 2006. Valor nutritivo de gramíneas anuais de inverno sob duas densidades de *Pinus elliottii* e sol pleno no RS. In. XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul – Grupo Campos. Pelotas - Rio Grande do Sul, Brasil. Versión en CD rom 5 - 04.
- Belsky AJ. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understory gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands*. 26: 12-20.
- Bellow JC, Nair PKR. 2003. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded-perennial agroforestry system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 114: 197 – 211.
- Berendse F, Aerts R. 1987. Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition? *Functional Ecology*, 1: 293 - 296.
- Berreta EJ. 1998. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto: I. Especies Nativas. In. Berreta EJ. Ed. Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. Serie Técnica N° 102. Inia, Tacuarembó, Uruguay. pp. 99 - 111.
- Berreta EJ. 1989. Técnicas para evaluar la Dinámica de Pasturas Naturales en Pastoreo. In. XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul – Grupo Campos. Lages, Santa Catarina, Brasil. pp. 129 - 147.
- Berretta EJ. 1981. Amélioration des parcours des causses par les sursemis. Thèse Docteur – Ingénieur en Ecologie Generale et Appliquée, Option: Ecologie Terrestre. Montpellier, Francia. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. 241p.
- Bird PR, Bicknell D, Bluman PA, Burke SA. 1992. The role of shelter in Australia for protecting soil, plants and livestock. *Agroforestry Systems*, 20: 59 – 86.
- Boggiano P. 2010. El Campo Natural. In. Manual de buenas prácticas para promover la biodiversidad y la producción. Ed. Susana González – Montevideo Hemisferio Sur / ICN, 210. pp. 10 - 19.
- Boggiano P, Zanoniani R, Millot J. 2005. Respuestas del campo natural a manejos con niveles crecientes de interacción. In: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural. INIA. Serie Técnica N° 151. pp. 105–113.
- Bone, R.; M. Lawrence y Z. Magombo. 1997. The effect of an *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. *Forest Ecology and Management*, 99: 83 - 99.

- Booth BD, Murphy SD, Swanton CJ. 2003. Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems. CABI Publishing. UK. 303p.
- Braun – Blanquet. 1950. Sociología Vegetal: Estudio de las comunidades vegetales. Acme Agency. Buenos Aires. 444p.
- Burley J, Wood J. 1995. Agroforestry. Developing World Agriculture. Grosvenor Press Int., LTD. Netherlands, NL. 78p.
- Burslem DF. 1996. Differential responses to nutrients, shade and drought among tree seedlings of lowland tropical forest in Singapore. In: Swaine MD, ed. The Ecology of Tropical Forest Tree Seedlings. UNESCO & Parthenon. pp. 211-244.
- Caballé G, Fernández ME, Gyenge J, Rusch V, Lantschner V, Villancide J, Schlichter TM. 2009. Plantaciones densas vs. plantaciones ralas con pino ponderosa en el NO de Patagonia: Análisis de aspectos ambientales y productivos relevantes. En Actas: 1º Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. Posadas, 14 al 15 de mayo de 2009. pp. 156 – 164.
- Caldentey J, Promis A, Schmidt H, Ibarra M. 1999. Variación microclimática causada por una corta de protección en un bosque de Lengua (*Nothofagus pumilio*). Ciencias Forestales, 14: 51-59.
- Calil F, Schumacher V, Santos E, Witschoreck R. 2004. Biomassa em um sistema silvipastoril com *Acacia mearnsii* de Wild. Na Região Sul do Brasil. Biomassa & Energía. 1 (2): 165–171.
- Callaway RM, Walker LR. 1997. Competition and facilitation: a synthetic approach to interactions in plant communities. Ecology, 78: 1958 – 1965.
- Cameron D, Rance S, Edwards DC, Jones D. 1994. Árboles y pasturas: un estudio sobre los efectos del espaciamiento. Agroforestería en las Américas. Costa Rica, 1: 18-20.
- Candan F, Broquen P, Pellegrini V. 2006. Cambios en el sotobosque asociados al reemplazo de la vegetación por *Pinus ponderosa* Dougl. con diferentes manejos. Investigaciones Agrarias: Sistemas y Recursos Forestales, 15 (1): 50-65.
- Carbonneau A, Cargnello G. 2004. Architectures de la vigne et systèmes de conduite. Dunod – Iris. Paris, France. 187p.

- Carbonneau A. 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse Dr. Ing. Université de Bordeaux II., n° ordre 6.
- Carlson DW, Groot A. 1997. Microclimate of clear-cut, forest interior, and small openings in trembling aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 87: 313-329.
- Carranza CA, Ledesma M. 2009. Bases para el manejo de Sistemas Silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. 9 pp.
- Carranza CA, Ledesma M. 2005. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. IDIA XXI Forestales. Ed. INTA. Año V (8): 240-246.
- Carrere R, Lohman L. 1996. El Papel del Sur: Plantaciones Forestales en la Estrategia Papelera Internacional. Londres, Zed Books. URL <http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/papel>.
- Carvalho M, Freitas V, Almeida D, Villaça H. 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composição mineral da foragem em pastagem de braquiária. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 23 (5): 709–719.
- Casas J, Djemai I. 2002. Canopy architecture and multitrophic interactions. Chapter 8. In: *Multitrophic Level Interactions*. Eds. Teja Tschardt and Bradford Hawkins. Cambridge University Press. pp. 174–196.
- Castro CRT, Paciullo DSC, Gomide CAM, Araujo VBF, Souza VF, Sobrino FS. 2009. Producción y calidad fisiológica de semillas y aparición de plantas nuevas de *Brachiaria decumbens* Stapf cv Basilisk en una pastura en un sistema silvopastoril. En actas: 1° Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. INTA, Posadas. Misiones, Argentina. 14 al 16 de Mayo de 2009. pp. 164-170.
- Cavagnaro JB, Trione SO. 2007. Physiological and biochemical responses to shade of *Trichloris crinita*, a forage grass from the arid zone of Argentina. *Journal of Arid Environments*, 68: 337-347.
- Chazdon R. 1987. Aspectos importantes para el estudio de los regímenes de luz en bosques tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 35: 191–196.
- Chen JMP, Blanken TA, Black M, Guilbeault M, Chen S. 1997. Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86: 107-125.

- Cherry M, A Hingston, M Battaglia, C Beadle. 1998. Calibrating the LI-COR LAI-2000 for estimating leaf area index in eucalypt plantations. *Tasforests*, 10: 75-82.
- Del Puerto O. 1969. Hierbas del Uruguay. Montevideo, Casa Editora Aljanati. Colección Nuestra Tierra N° 19. 68p.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2012. Producción [En línea] Anuario Estadístico Agropecuario 2012. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 24 de setiembre 2013 Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2012/DIEA-Anuario-2012web.pdf>
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. 2013. InfoStat versión. 2013 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Douglas GB, Walcroft AS, Hurst SE, Potter JF, Foote AG, Fung LE, Edwards WR, Dijssel C. 2006. Interactions between Widely Spaced Young Poplars (*Populus* spp.) and the Understorey Environment. *Agroforestry Systems*, 67 (2): 177–186.
- Durr PA, Rangel J. 2000. The response of *Panicum maximum* to a simulated subcanopy environment. 1. Soil x shade interaction. *Tropical Grasslands*, 34: 110-117.
- Eckstein RL, Karlsson PS. 1997. Above-ground growth and nutrient use by plants in a subarctic environment: effects of habitat, life-form and species. *Oikos*, 79 (2): 311-324.
- Elliot K, Swank W. 1994. Changes in tree species diversity after successive clearcuts in the southern Appalachians. *Vegetatio*, 115: 11-18.
- Ellum D. 2009. Floristic Diversity in Managed Forests: Demography and Physiology of Understorey Plants Following Disturbance in Southern New England Forests. *Journal of Sustainable Forestry*, 28: 132-151.
- Fassola HE, Pachas N, Lacorte SM. 2005. Estimación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y niveles de sombra bajo el dosel de *Pinus taeda* en la Provincia de Misiones y NE de Corrientes. 3° Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes Argentina. pp. 1–10.
- Fassola HE, Lacorte SM, Pachas AN, Keller A. 2004 Experiencias sobre Manejo Silvopastoril en Misiones y NE de Corrientes, Argentina. In Simposio Latino - americano sobre manejo Forestal. Anais 3° Simposio Latino - americano sobre manejo Forestal,

- Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós - graduação em engenharia Florestal. pp. 450-460.
- Fassola HE, Ferrere P, Lacorte S, Rodríguez A. 2002. Predicción de la producción de un pastizal bajo distintas estructuras de canopia de *Pinus taeda* L. en el noreste de Corrientes, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 31 (2): 73–96.
- Fernández ME, Gyenge JE, Dalla Salda G, Schlichter T. 2002. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. Growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different level of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforestry Systems*, 55: 27–35.
- Ferrere P, Fassola H, Lacorte S, Allegranza D. 2003. Producción forrajera de um pastizal bajo distintos grados de cobertura del dosel em uma plantación de *Pinus taeda* L. Informe Técnico N° 44. Inta EEA Montecarlo. 10p.
- Fletcher N, Oberbauer S, Rojas G, Strain B. 1987. Efectos del régimen de luz sobre la fotosíntesis y el crecimiento de plántulas de arboles en un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 35: 97–110.
- Fucks LFM. 1999. Dinâmica da pastagem nativa, desempenho de ovinos e desenvolvimento arbóreo em sistema silvipastoril com três populações de *Eucalyptus saligna*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 174p.
- Gallinal JP, Campal E, Bergalli L, Aragone L., Rosengurt B. 1938. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 1ª. Contribución. Montevideo, Imp. Germano Uruguayo. 208p.
- Gallo LA, Somarriba E, Ibrahim M, Galloway G. 1999. Crecimiento de *Panicum maximum* bajo *Pinus caribaea*. *Agroforestería en las Américas*, 6 (23): 57–59.
- García MA, González OA, Queheille F. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* Presl. en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 141p.
- García R, Mauricio C, Andrade CM. 2001. Sistemas Silvipastoris na Região Sudeste. En: *Sistemas Agroflorestais Pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. Ed. M. Carvalho, M. Alvim y J.Costa. Brasil. 173p.
- Gliessman SR. 1989. Integrating trees into agriculture: the home garden agroecosystem as an example of agroforestry in the tropics. In: *Gliessman, S.R. Agroecology: Researching*

- the Ecological Basis for Agriculture. Ecological Studies 78. Springer-Verlag, Press. USA, pp. 160-161.
- Gómez-Aparicio L, Valladares F, Zamora R. 2006. Differential light responses of Mediterranean tree saplings: linking ecophysiology with regeneration niche in four co-occurring species. *Tree Physiology*, 26 (7): 947-958.
- Gómez Sanz V. 2004. Cubiertas forestales y respuesta microclimática. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, fuera de serie, pp. 84-100. [http://www.inia.es/gcontrec/pub/084-100-\(04\)-Cubiertas\\_1162210233484.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/084-100-(04)-Cubiertas_1162210233484.pdf) (consultado el 16/08/12).
- González DA. 2008. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía – Udelar. 49p.
- Hale SE. 2003. The effect of thinning intensity on the below canopy light environment in a Sitka spruce plantation. *Forest Ecology Management*, 179: 341–349.
- Halffter G, Moreno CE, Pineda E. 2001. Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biósfera. CYTED, UNESCO, S.E.A. 82p.
- Harris J y Stöcker H. 1998. Handbook of mathematics and computational science. Ed. Springer Verlag. N. Y. pp. 104.
- Hawke MF, Wedderburn ME. 1994. Microclimate changes under *Pinus radiata* agroforestry regimes in New Zealand. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, 71: 1433-1455.
- Healey KD, Rickert KG, Hammer GL, Bange MP. 1998. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49: 665 – 672.
- Hernández J, Del Pino A, Salvo L, Arrarte G. 2009. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. *Forest Ecology and Management*, 258: 92–99.
- Hernández M, Sánchez S, Guelmes L. 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Tropical*, 26 (3): 319–321.
- Jackson LE, Strauss RB, Firestone MK, Bartolome JW. 1990. Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna. *Agricultural Ecosystems and Environmental*, 32 (1-2): 89–105.

- Kephart KD, Dwayne R, Buxton S, Taylor E. 1992. Growth of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Perennial grasses under reduced irradiance. *Crop Science*, 32: 1033-1038.
- Kilinka K, Chen H, Wang Q, Montigny L. 1996. Forest canopies and their influence on understory vegetation in early-seral stands on west Vancouver's land. *North. Sci.*, 70:193-200.
- Kirchner R, Sator LR, Brugnara A, Costa A, Adami PF, Migliorini F. 2008. Produção e valor nutritivo de espécies forrageiras hibernais em sistema silvipastoril. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 264.
- Knowles RL, West GG. 1986. The use of crown length to predict the effects of pruning and thinning in *Pinus radiata*. Crown and canopy structure in relation to productivity. IUFRO. Edited by Fujimory T. and Witthead D. Forestry and Forest products Research Institute, Ibaraki, Japan. pp-104-117.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15 (3): 259-263.
- Lacorte S, Esquivel J. 2009. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. Actas del 1er Congreso de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina. pp. 70–82.
- Lambers H, Chapin FS, Pons TL. 1998. Plant physiological ecology. Springer-Verlag, N York, 540p.
- Lazo JL, Valdéz NV, Sampaio RA, Demolin GL. 2007. Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Pesquisa. Agropecuária. Brasileira*, 42 (12): 1667-1674.
- Leblanc S, Chen J, Fernandes R, Deering D, Conley A. 2005. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129: 187–207.
- Liechty HO, Holmes MJ, Reed DD, Mroz G.D. 1992. Changes in microclimate after stand conversion in two northern hardwood stands. *Forest Ecology and Management*, 50: 253–264.
- Lin CH, McGraw RL, George MF, Garrett HE. 1999. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Agroforestry Systems*, 44: 109-119.

- Lucas NM. 2004. Desempenho animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (*Acacia mearnsii* de wild.) e rendimento de matéria seca de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de Luz solar. Departamento de Zootecnia – UFRGS. Porto Alegre/RS. Tese de Doutorado. 131p.
- Ludlow M. 1978. Light relations of pasture plants. In Plants relations in pastures. Ed. Wilson, J. CSIRO. pp. 35–49.
- Lusk C. 1996. Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forest of the coast range summit plateau. Valdivia, Chile. Revista Chilena de historia natural, 69: 401 - 411.
- Macedo RL, Do Vale AB, Venturini N. 2010. Eucalipto em Sistemas Agroflorestais. Larvas – Ufla – MG, Brasil. 331p.
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179p.
- Martínez F, Pereyra F, Boggiano P, Alzugaray A. 1990. Silvopastoreo con ovinos. In 2º Seminario de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. pp. 359–365.
- May H, Di Landro E, Alvarez C. 1990. Avances en La caracterización de sitios en el estudio integrado de pasturas naturales y suelos en la Estancia Palleros. In 2º Seminario de Campo Natural. Tacuarembó, Uruguay. Ed. Hemisferio Sur. pp. 11–33.
- Mead DJ. 2010. Results of 16 year of study in a Temperate Silvopastoral Experiments with *Pinus radiata* in New Zealand. In. Handbook on Agroforestry, Management Practices and Environmental Impact. Editor: Kellimore R. Nova Science Publishers, Inc. pp. 225–249.
- Mead DJ. 2009. Biophysical interactions in silvopastoral systems. A New Zealand perspective. INTA Posadas, Misiones, Argentina. Conferencia: Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles I. 2009. 14 – 16 de Mayo de 2009. pp. 10–26.
- Melo A. 2008. O que ganhamos confundindo riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? Biota Neotropical, 8 (3): 21-27.
- Millot JC, Methol R, Risso D. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo: MGAP. CHPA. FUCREA. 195p.

- Monsi M, Saeki T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Japanese Journal of Botany*, 14: 22–52.
- Montagnini F. 1992. *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos*. 2da. Ed. Organización para Estudios Tropicales (OTS). San José, Costa Rica. 622p.
- Montoya OJ. 1995. *El Eucalipto*. Ed. Mundi-Prensa. España. 1ª Edición. 125p.
- Morais S, Lima D, Moreira G. 2006. Influencia do sombreamento artificial sobre a composição bromatológica da *Bracharia decumbens* cv. Basilisk e *Panicum máximum* cv. Colonião. In Reunião anual da sociedade brasileira de Zootecnia, Nº 43. Joao Pessoa, PB. Anais SBZ. CD – ROM.
- Morecroft MD, Taylor ME, Oliver HR. 1998. Air and Soil microclimates of deciduos woodland compared to an open site. *Agricultural and Forest Meteorology*, 90: 141-156.
- Moreira G, Saliba E, Mauricio R, Sousa L, Figueiredo M, Gonçalves L, Rodriguez N. 2009. Avaliação da *Bracharia brizantha* cv. Marandú em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61 (3): 706–713.
- Moreno CE. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. M&T, Manuales y Tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza., España. 84p.
- Morris, LA, Bush, P, Clark, J. 1993. Ecological impacts and risk associated with forest management In *Predicting ecosystems risk*. (Eds., Cairns J, Niederlehner, B, Orvos, D.). *Advances in modern environmental Toxicology*. Princeton Scientific Publishing. 20: 153-213.
- Moscovich F, Martiarena R, Keller H, Fernández R. 2002. Definición de indicadores de sustentabilidad: componente vegetal. En: *Novenas Jornadas Técnicas Forestales*. El Dorado, Misiones, Argentina. 5p.
- Muñoz F, Espinosa M, Cancino J, Rubilar R, Herrera M. 2008. Efecto de poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. *Revista Bosque*, 29 (1): 44–51.
- Nabinger C, Carvalho PC. 2009. Ecofisiología de Sistemas Pastoriles: Aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia Uruguay*, 13 (3): 18–27.
- Nabinger C. 2006. Manejo e produtividade das pastagens nativas do subtropico brasileiro. In: *Simpósio de forrageiras e produção animal: Importância e potencial produtivo da pastagem nativa*. Porto Alegre, RS, 1. Anais... Canoas, RS: Editora da ULBRA. pp. 25-76.

- Oliveira T, Macedo R, Venturin N, Botelho S, Higashikawa E, Magalhaes W. 2007. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. *Cerne*, Lavras, 13 (1): 40–50.
- Ovalle C, Avendaño J. 1984 (a). Utilización silvopastoral del espinal. I. Influencia del espino (*Acacia caven* Mol.) sobre la productividad de la pradera natural. *Agricultura Técnica*, Santiago, 44 (4): 339-345.
- Ovalle C, Avendaño J. 1984 (b). Utilización silvopastoral del espinal. II. Influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Hook et Arn.) sobre algunos elementos del medio. *Agricultura Técnica*, Santiago, 44 (4): 353-362.
- Pachas AN, Goldfarb MC, Pinazo MA. 2009. Caracterización de la radiación fotosintéticamente activa disponible en el sotobosque de plantaciones de “Pino híbrido” con diseño de callejones. In: In Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Posadas, Misiones Argentina. pp. 205–212.
- Pachas A, Colcombet L, Correa M, Henning H. 2008. Producción forrajera de *Axonopus catarinensis* Valls bajo diferentes densidades de *Eucalyptus grandis* en sistemas silvopastoriles. XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNAM – EEA Montecarlo, INTA. El Dorado, Misiones, Argentina. 7p.
- Paritsis JM, Aizen A. 2008. Effects of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal beetles and birds in *Nothofagus dombeyi* forests. *Forest Ecology Management*, 255: 1575–1583.
- Pearcy RW, Valladares F, Wright SJ, De Paulis EL. 2004. A functional analysis of the crown architecture of tropical forest Psychotria species: do species vary in light capture efficiency and consequently in carbon gain and growth?. *Oecologia*, 139: 163-177.
- Pearcy R. 1999. Responses of Plants to Heterogeneous Light Environments. In Pugnaire, R. y Valladares, R. eds. *Handbook of Functional Ecology*. Marcel Dekker, NY. pp. 269 - 314.
- Peloché D. 2012. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la estructura de un campo natural reestablecido de la Unidad San Manuel. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87p.
- Pereira JM, Rezende CP. 1996. Sistemas silvopastoris: fundamentos agroecológicos e estado da arte no Brasil. In Simposio sobre manejo de pastagem. FELAQ. pp. 199–219.

- Pérez E, Bemhaja M, Gutiérrez F. 2008. Evaluación de la vegetación, biomasa radicular y propiedades físico-químicas del suelo en sistemas pastoriles y forestales en suelos arenosos de Tacuarembó. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 186-187.
- Peri PL. 2005. Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system. In A case study of plant physiology and agronomy. Ed. Dunken. Buenos Aires, Argentina. 319p.
- Peri PL, Moot DJ, McNeill LD. 2003. An integrated model for predicting maximum net photosynthetic rate of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) leaves in silvopastoral systems. *Agroforestry systems*, 58: 173–183.
- Peri PL, McNeill LD, Moot DJ, Varella AC, Lucas RJ. 2002. Net photosynthetic rate of cocksfoot leaves under continuous and fluctuating shade conditions in the field. *Grass and Forage*, 57: 157–170.
- Peri PL. 2002. Leaf and canopy photosynthesis models for cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) grown in a silvopastoral system. Tesis PhD. Lincoln University. New Zeland. Canterbury. 291p.
- Perry D. 1994. Forest ecosystem. Baltimore, USA. The Johns Hopkins University Press. 649p.
- Pezo D, Ibrahim M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Modulo de enseñanza agroforestal N° 2. Ed. Turrialba, CR: CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 276p.
- Picasso V, Boggiano P, Cadenazzi M, Zarza R, Millot JC. 2003. Efecto del árbol en la composición botánica de pasturas naturales del litoral oeste del Uruguay. In *Actas de las VII jornadas de Zoología del Uruguay*. pp. 126.
- Pielou EC. 1975. Ecological diversity. Wiley, New York. 165p.
- Pillar V, Boldrini I, Lange O. 2002. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesq. Agropecuaria Brasileira*, 37 (6): 753–761.
- Pillar V.D. 1997. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses*, 12: 145-148.
- Poorter H, Van Der Werf A. 1998. Is inherent variation in RGR determined by LAR at low irradiance and by NAR at High irradiance? A review of herbaceous species. En H Lambers, H Poorter y M M I Van Vuuren (Eds), *Inherent variation in plant Growth*, Backhuys publishers, Leiden. pp. 309-336.

- Potter BE, Teclaw RM, Zasada JC. 2001. The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 106:331–336.
- Promis A, Caldentey J, Ibarra M. 2010. Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque*, 31 (2): 129–139.
- Ricalde SC.; Dhillion SS, García VG. 2004. Phenology, seed production and germination of seven endemic Mimosa species of de Tehuacan-Cuicatlan Valley, México. *Journal of Arid Environments*, 58: 423-437.
- Rios N, Andrade H, Ibrahim M. 2008. Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. *Zootecnia Tropical*, 26 (3): 183–186.
- Rios N, Cardenas A, Andrade H, Ibrahim M, Jimenez F, Sancho F, Ramirez E, Reyes B, Woo A. 2007. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45: 66 – 71.
- Rosengurtt B. 1979. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86p.
- Rosengurtt B, Gallinal JP, Campal E, Bergalli L, Aragon L. 1946. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 5ª. Contribución. Montevideo, Rosgall. 473p.
- Rosengurtt B, 1943. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay. 3ª Contribución. Montevideo, Barreiro y Ramos. 281p.
- Sage RF, Weding DA, Li M. 1999. The Biogeography of C3 Photosynthesis: Patterns and Controlling Factors. In: Sage RF y Monson RK. Ed. *C4 Plant Biology*. Academic Press. pp. 313-373.
- Sampsons DA, Lee Allen H. 1998. Light attenuation in a 14 year old loblolly pine stand as influence by fertilization and irrigation. *Tree*, 13: 80–87.
- Sator L, Mezzalira J, Soares A, Adami P, Fonseca L, Migliorini F. 2006. Produção de forrageiras hibernais em sistema silvipastoril. In: XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul – Grupo Campos. Pelotas - Rio Grande do Sul, Brasil. Versión en CD rom 2-04.

- Silva J. 1998. Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul. Departamento de Zootecnia – UFV. Viçosa/MG. Tese de Doutorado. 174p.
- Silveira ED, Cadenazzi M, Boggiano P. 2014. Cambios en el valor pastoral de la vegetación en condiciones silvopastoriles y campo natural. Remitido a Revista Agrociencia Uruguay (21/08/2014).
- Shannon CE, Weaver W. 1964. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 125p.
- Shannon CE. 1948. The mathematical theory of communication. The Bell Systems Technical Journal, 27: 379-423/623-656.
- Smethurst P, Baillie C, Cherry M, Holz G. 2003. Fertilizer effects on LAI and growth of four *Eucalyptus nitens* plantations. Forest Ecology and Management, 176: 531–554.
- Soares de Andrade CM, Ferreira J, Costa J, Vaz A. 2004. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. Pesquisa. Agropecuária Brasileira, 39 (3): 263–270.
- Soil survey staff. 2010. Keys to soil taxonomy. Soil Conservation Service. USDA. 338p.
- Souto XC, Gonzáles L, Reigosa MG. 1993. Estudio de los efectos alelopáticos producidos por partes aéreas de distintas especies arbóreas (*Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Quercus robur*, *Pinus radiata*) en descomposición en el suelo. Congreso forestal español, Lourizan. Ponencias y comunicaciones. Tomo I. pp. 189-194.
- Steckel LE, Sprague CL, Hager AG, Simmons FW, Bollero GA. 2003. Effects of shading on common waterhemp (*Amaranthus rudis*) growth and development. Weed Science, 51: 898 - 903.
- Thomas SC, Halpern CB, Falk DA, Liguori DA, AUSTIN KA. 1999. Plant Diversity in Managed Forests: Understory Responses to Thinning and Fertilization. Ecological Application, 9 (3): 864-879.
- Valls JMF, Boldrini IL, Longhi-Wagner HM, Miotto ST. 2009. O patrimônio florístico dos Campos: potencialidades de uso e a conservação de seus recursos genéticos In: PILLAR V. D. ; Muller SC, Souza ZM, Avila AV. (Ed.) Campos Sulinos, conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, pp.139-154.

- Villafuerte L, Arze J, Ibrahim M. 1999. Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Americas*, 6 (23): 54–56.
- Whalley RD, Hardy MB. 2000. Measuring botanical composition of grassland. In. Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Ed. 't Mannelje L y Jones RM. Cabi Publishing, UK. pp. 67-102.
- Williams MC, Wardle GM. 2005. The invasion of two native Eucalypt forest by *Pinus radiata* in the Blue Mountains, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 125: 55-64.
- Wilson J., Ludlow M. 1991. The environment and potential growth of herbage under plantations. En Shelton H.M. y W.W. Stür (Eds.) *Forages for Plantations Crops*. ACIAR Proceedings N°. 32. Camberra, Australia. pp. 10-24.
- Zanoniani R, Boggiano P, Cadenazzi M. 2012. Respuesta poblacional invernal de dos gramíneas nativas a la fertilización nitrogenada y oferta de forraje. *Agrociencia Uruguay*, 16 (2): 103–109.
- Zanoniani R, Boggiano P, Cadenazzi M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia Uruguay*, 15 (1): 115–124.
- Zanoniani R. 2009. Efecto de la oferta de forraje y la fertilización nitrogenada sobre la productividad otoño invernal de un campo natural del litoral. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77p.
- Zarza, R. 2002. Efectos de la sombra sobre la composición botánica de pasturas naturales en Areniscas de Tacuarembó. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 112p.
- Zerbino ME. 2008. Efecto de la forestación en una pradera natural en el noreste del Uruguay sobre la macro fauna del suelo. In. XXII Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur, Bioma Pampas. Minas, Uruguay. pp. 186.
- Zhuang X. 1997. Rehabilitation and development of forest on degraded hills of Hong Kong. *Forest Ecology Management*, 99: 197-201.

## 7. ANEXOS

### 7.1. LISTA DE ESPECIES RELEVADAS, SU HÁBITO DE VIDA, CICLO DE CRECIMIENTO, TIPO PRODUCTIVO E ÍNDICE PASTORAL.

Especies	Habito de Vida	Ciclo	Tipo Productivo	Indice Pastoral
<b>Acanthaceae</b>				
<i>Stenandrium dulce</i> (Cav.) Nees	P	E	ME/MM	1
<b>Amaranthaceae</b>				
<i>Pfaffia gnaphaloides</i> (L. f.) Mart.	P	E	ME/MM	1
<i>Pfaffia sericea</i> (Moq.) Kunth	P	E	ME/MM	1
<b>Amaryllidaceae</b>				
<i>Iphion vittatum</i> (Griseb.) Traub	P	E	ME/MM	1
<i>Nothoscordum inodorum</i> (Aiton) G. Nicholson	P	I	ME/MM	1
<i>Nothoscordum</i> sp. Kunth	P	I	ME/MM	1
<b>Apiaceae</b>				
<i>Cyclospermum leptophyllum</i> (Pers.) Sprague ex Britton & P. Wilson	A	I	O	4
<i>Eryngium horridum</i> Malme	P	Ind.	MCS	0
<i>Eryngium nudicaule</i> Lam.	P	I	ME/MM	1
<i>Eryngium sanguisorba</i> Cham. & Schltdl.	P	I	ME/MM	1
<b>Araliaceae</b>				
<i>Hydrocotyle pusilla</i> A. Rich.	P	E	ME/MM	1
<b>Asparagaceae</b>				
<i>Clara ohipogonoides</i> Kunth	P	E	ME/MM	1
<b>Asteraceae</b>				
<i>Acanthostyles buniifolius</i> (Hook. ex Arn.) R.M. King & H. Rob.	P	E	MCS	0
<i>Aspilia montevidensis</i> var. <i>Setosa</i> (Griseb.) Cabrera	P	E	ME/MM	1
<i>Aster squamatus</i> (Spreng.) Hieron.	P	E	ME/MM	1
<i>Baccharis coridifolia</i> DC.	P	E	MCS	0
<i>Baccharis</i> sp. L.	P	E	MCS	0
<i>Baccharis spicata</i> (Lam.) Baill.	P	E	MCS	0
<i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC.	P	E	MCS	0
<i>Chaptalia exscapa</i> (Pers.) Baker	P	I	ME/MM	1
<i>Chaptalia piloselloides</i> (Vahl) Baker	P	I	ME/MM	1
<i>Chaptalia runcinata</i> Kunth	P	I	ME/MM	1
<i>Chevreulia acuminata</i> Less.	P	I	ME/MM	1
<i>Chevreulia sarmentosa</i> (Pers.) S.F. Blake	P	I	ME/MM	1
<i>Chrysoaena flexuosa</i> (Sims) H. Rob.	P	E	ME/MM	1
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	A	E	O	4
<i>Conyza glandulifera</i> Cabrera	A	E	O	4
<i>Conyza</i> sp. Less.	A	E	O	4
<i>Dicotiledónea s/identificar</i>	P	E	ME/MM	1
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf.	A	E	MCS	0
<i>Eupatorium subhastatum</i> Hook. & Arn.	P	E	O	4
<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Weddell	P	I	ME/MM	1
<i>Gamochaeta</i> spp. L.	P	I	ME/MM	1
<i>Hypochoeris</i> sp. L.	P	I	ME/MM	1
<i>Micropsis spathulata</i> (Pers.) Cabrera	A	I	ME/MM	1

<b>Asteraceae</b>				
<i>Pterocaulon balansae</i> Chodat	P	E	ME/MM	1
<i>Senecio grisebachii</i> Baker	A	I	MCS	0
<i>Senecio selloi</i> (Spreng.) DC.	A	I	MCS	0
<i>Solidago chilensis</i> Meyen	P	E	T - O	6
<b>Campanulaceae</b>				
<i>Aikinia hederacea</i> (L.) Salisb. ex Fourr.	P	E	ME/MM	1
<i>Lobelia hederacea</i> Cham.	P	E	ME/MM	1
<i>Wahlenbergia linarioides</i> (Lam.) A. DC.	P	I	ME/MM	1
<b>Caryophyllaceae</b>				
<i>Spergula ramosa</i> (Cambess.) D. Dietr.	P	I	ME/MM	1
<b>Commelinaceae</b>				
<i>Commelina erecta</i> L.	P	E	ME/MM	1
<b>Convolvulaceae</b>				
<i>Dichondra microcalyx</i> (Hallier f.) Fabris	P	E	ME/MM	1
<i>Evolvulus sericeus</i> Sw.	P	E	ME/MM	1
<b>Cyperaceae</b>				
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B. Clarke	A	I	O	4
<i>Carex bonariensis</i> Desf. ex Poir.	P	I	O	4
<i>Carex sororia</i> Kunth	P	I	O	4
<i>Cyperaceas</i> sp.	P	E	O	4
<i>Cyperus eragrostis</i> Lam.	P	E	O	4
<i>Cyperus lanceolatus</i> Poir.	P	E	O	4
<i>Cyperus meridionalis</i> Barros	P	E	O	4
<i>Eliocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	P	E	T	7
<i>Fimbristylis autumnalis</i> (L.) Roem. & Schult.	P	E	O	4
<i>Fimbristylis spadicea</i> (L.) Vahl	P	E	O	4
<i>Kyllinga odorata</i> Vahl	P	E	O	4
<b>Euphorbiaceae</b>				
<i>Tragia geraniifolia</i> Klotzsch ex Baill.	P	E	ME/MM	1
<b>Fabaceae</b>				
<i>Desmanthus acuminatus</i> Benth.	P	E	O	4
<i>Desmodium affine</i> Schtdl.	P	E	T - F	8
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.	P	E	T - F	8
<i>Lathyrus parodii</i> Burkart	P	I	T - F	8
<i>Lathyrus</i> sp. L.	P	I	T - F	8
<i>Mimosa flagelaris</i> Benth.	P	E	O	4
<i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw.	P	E	D - O	3
<i>Stylosanthes leiocarpa</i> Vogel	P	E	D - O	3
<i>Stylosanthes montevidensis</i> Vogel	P	E	O	4
<i>Trifolium polymorphum</i> Poir.	P	I	T	7
<b>Hypoxidaceae</b>				
<i>Hypoxis decumbens</i> L.	P	E	ME/MM	1

<b>Iridaceae</b>				
<i>Herbertia lahue</i> (Molina) Goldblatt	P	I	O	4
<i>Sisyrinchium platense</i> I.M. Johnst	P	I	ME/MM	1
<b>Juncaceae</b>				
<i>Juncus capillaceus</i> Lam.	P	E	ME/MM	1
<i>Juncus</i> sp. L.	P	E	ME/MM	1
<b>Lamiaceae</b>				
<i>Condea floribunda</i> (Briq. ex Micheli) Harley & J.F.B. Pastore	P	E	ME/MM	1
<i>Salvia procurrens</i> Benth.	P	E	ME/MM	1
<b>Lythraceae</b>				
<i>Cuphea glutinosa</i> Cham. & Schtdl.	P	E	ME/MM	1
<i>Heimia myrtifolia</i> Cham. & Schtdl.	A	E	ME/MM	1
<i>Heimia salicifolia</i> Link	P	E	ME/MM	1
<b>Malvaceae</b>				
<i>Krapovickasia flavescens</i> (Cav.) Fryxell	P	E	ME/MM	1
<i>Sida rhombifolia</i> L.	P	E	ME/MM	1
<i>Sida spinosa</i> L.	P	E	ME/MM	1
<b>Melastomataceae</b>				
<i>Tibouchina gracilis</i> (Bonpl.) Cogn.	P	E	ME/MM	1
<b>Moraceae</b>				
<i>Dorstenia brasiliensis</i> Lam.	P	E	ME/MM	1
<b>Myrtaceae</b>				
<i>Psidium salutare</i> var <i>Mucronata</i> (Kunth) O. Berg	P	E	ME/MM	1
<b>Oleaceae</b>				
<i>Menodora integrifolia</i> (Cham. & Schtdl.) Steud.	P	E	ME/MM	1
<b>Onagraceae</b>				
<i>Oenothera indecora</i> Cambess.	P	I	ME/MM	1
<b>Oxalidaceae</b>				
<i>Oxalis bipartita</i> A. St-Hil.	P	I	ME/MM	1
<i>Oxalis brasiliensis</i> G. Lodd.	P	I	ME/MM	1
<i>Oxalis perdicaria</i> (Molina) Bertero	P	I	ME/MM	1
<i>Oxalis sellowiana</i> Zucc.	P	I	ME/MM	1
<i>Oxalis</i> spp. L.	P	I	ME/MM	1
<b>Plantaginaceae</b>				
<i>Mecardonia tenella</i> (Cham. & Schtdl.) Pennell	P	E	ME/MM	1
<i>Plantago lanceolata</i> L.	P	I	ME/MM	1
<i>Plantago myosurus</i> Lam.	A	I	ME/MM	1
<i>Plantago</i> sp.	P	I	ME/MM	1
<i>Plantago tormentosa</i> Lam.	P	I	ME/MM	1
<i>Stemodia verticillata</i> (Mill.) Hassl.	P	E	ME/MM	1
<b>Poaceae</b>				
<i>Agrostis montevidensis</i> Spreng. ex Nees	P	I	T	7
<i>Andropogon lateralis</i> L.	P	E	D	2

**Poaceae**

<i>Andropogon macrothrix</i> Trin.	P	E	D - O	3
<i>Andropogon selloanus</i> (Hack.)	P	E	O	4
<i>Andropogon ternatus</i> (Spreng.) Nees	P	E	T - O	6
<i>Anthraenantia lanata</i> (Kunth) Benth	P	E	T	7
<i>Aristida murina</i> Cav.	P	I	O	4
<i>Axonopus argentinus</i> Parodi	P	E	T	7
<i>Axonopus fissifolius</i> (Raddi) Kuhlms.	P	E	T - O	6
<i>Axonopus suffultus</i> (Mikan ex Trin.) Parodi	P	E	T - O	6
<i>Bothriochloa laguroides</i> (DC.) Herter	P	E	O	4
<i>Briza minor</i> L.	A	I	T - O	6
<i>Briza parodiana</i> Roseng., Arrill. & Izag.	P	I	O	4
<i>Briza</i> sp. L.	P	I	O	4
<i>Briza subaristata</i> Lam.	P	I	O	4
<i>Bromus auleticus</i> Trin. ex Nees	P	I	F	10
<i>Calamagrostis viridiflavescens</i> var. <i>Montevidensis</i> (Nees) Kämpf	P	I	T	7
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	P	E	O	4
<i>Danthonia montevidensis</i> Hack. & Arechav.	P	I	T	7
<i>Dichantherium sabulorum</i> (Lam.) Gould & C.A. Clark	P	E	T	7
<i>Digitaria aequiglumis</i> (Hack. & Arechav.) Parodi	A	E	F	10
<i>Eragrostis bahiensis</i> Schrad. ex Schult.	P	E	O	4
<i>Eragrostis lugens</i> Nees	P	E	O	4
<i>Eragrostis neesii</i> Trin.	P	E	O	4
<i>Eragrostis retinens</i> Hack. & Arechav.	P	E	O	4
<i>Eustachys retusa</i> (Lag.) Kunth.	P	E	T - F	8
<i>Graminea</i> sin <i>identif</i>	P	E	O	4
<i>Jarava plumosa</i> (Spreng.) S.L.W. Jacobs & J. Everett	P	I	O	4
<i>Melica rigida</i> Cav.	P	I	D - O	3
<i>Mnesithea selloana</i> (Hack.) de Koning & Sosef	P	E	T	7
<i>Nassella charruana</i> (Arechav.) Barkworth	P	I	D - O	3
<i>Nassella hyalina</i> (Nees) Barkworth	P	I	T	7
<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth	P	I	T - F	8
<i>Paspalum quadrifarium</i> Lam.	P	E	D	2
<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	P	E	F	10
<i>Paspalum nicorae</i> Parodi	P	E	O - T	5
<i>Paspalum notatum</i> Alain ex Flügge	P	E	T	7
<i>Paspalum plicatulum</i> Michx.	P	E	O - T	5
<i>Paspalum pumilum</i> Nees.	P	E	T	7
<i>Piptochaetium bicolor</i> (Vahl) E. Desv.	P	I	T - F	8
<i>Piptochaetium confusum</i> Parodi	P	I	T	7
<i>Piptochaetium montevidense</i> (Spreng.) Parodi	P	I	T - O	6
<i>Piptochaetium stipoides</i> (Trin. & Rupr.) Hack. ex Arechav.	P	I	T	7
<i>Piptochaetium uruguense</i> var. <i>Uruguense</i> Griseb.	P	I	T - F	8

<b>Poaceae</b>				
<i>Saccharum angustifolium</i> (Nees) Trin / (Steud.)	P	E	D	2
<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees	P	E	O	4
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham.) Roseng., Arrill. & Izag.	P	E	D	2
<i>Schizachyrium plumigerum</i> (Ekman) Parodi	P	E	O	4
<i>Schizachyrium salzmannii</i> (Trin. ex Steud.) Nash	P	E	T	7
<i>Schizachyrium spicatum</i> (Spreng.) Herter	P	E	O	4
<i>Schizachyrium tenerum</i> Nees	P	E	O	4
<i>Setaria geniculata</i> P. Beauv.	P	E	T	7
<i>Setaria setosa</i> (Sw.) P. Beauv.	P	E	T	7
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	P	E	D - O	3
<i>Sporobolus platensis</i> Parodi	P	E	O	4
<i>Steinchisma hians</i> (Elliott) Nash	P	E	T	7
<i>Trachypogon spicatus</i> (L. f.) Kuntze	P	E	O	4
<b>Polygonaceae</b>				
<i>Rumex</i> sp. L.	P	I	ME/MM	1
<b>Pteridaceae</b>				
<i>Adiantopsis chlorophylla</i> (Sw.) Fée	P	I	ME/MM	1
<b>Rubiaceae</b>				
<i>Borreria eryngioides</i> Cham. & Schtdl.	P	E	ME/MM	1
<i>Galianthe fastigiata</i> Griseb.	P	E	ME/MM	1
<i>Mitracarpus megapotamicus</i> (Spreng.) Kuntze	P	E	ME/MM	1
<i>Relbunium hirtum</i> (Lam.) K. Schum.	P	I	ME/MM	1
<i>Relbunium richardianum</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Hicken	P	I	ME/MM	1
<i>Richardia humistrata</i> (Cham. & Schtdl.) Steud.	P	E	ME/MM	1
<i>Richardia stellaris</i> (Cham. & Schtdl.) Steud.	P	E	ME/MM	1
<b>Solanaceae</b>				
<i>Bouchetia anomala</i> (Miers) Britton & Rusby	P	E	ME/MM	1
<i>Jaborosa runcinata</i> Lam.	P	E	ME/MM	1
<i>Solanum chenopodioides</i> Lam.	P	E	ME/MM	1
<b>Verbenaceae</b>				
<i>Glandularia selloi</i> (Spreng.) Tronc.	P	E	ME/MM	1
<i>Lippia</i> sp. L.	P	E	ME/MM	1
<i>Phyla canescens</i> (Kunth) Greene	P	E	ME/MM	1
<i>Verbena littoralis</i> Kunth	P	E	ME/MM	1