

Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales

Silveira David*¹, Cadenazzi Mónica², Zanoniani Ramiro³, Boggiano Pablo³

¹ Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental Profesor Bernardo Rosengurt. Ruta 26, km 408, Cerro Largo, Uruguay

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

³ Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay

Recibido: 2014-09-01 Aceptado: 2018-01-03

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la composición específica, la riqueza, equidad y diversidad de comunidades de sotobosque, callejones cortafuego y campo natural. El estudio se realizó en tres localidades, en 18 transectas con direcciones N-S y E-O ubicadas en la entrefila, callejones cortafuego y campo natural, localizando 30 marcos de 0,25 m² en cada una. Fueron relevadas 172 especies 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. Los valores de riqueza y diversidad disminuyeron ante aumentos de la interferencia del dosel arbóreo y la mayor equidad se asoció a ambientes más sombreados. Plantaciones forestales comerciales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación E-O presentaron comunidades de sotobosque con menor riqueza y diversidad específica. Al aumentar la intensidad del disturbio producido por los rodales se generaron comunidades con los mayores niveles de equidad.

Palabras clave: riqueza, diversidad, ambiente lumínico, silvopastoreo

Herbaceous Community Structure in Areas with Forest Plantations

Summary

The objective of this work was 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 frames of 0,25 m² each. Were surveyed 172 species classified by family and gender, and calculated richness, equity, and calculated diversity for the vegetation of each site. Vegetation communities developed in environments where the forest stands do interfere show lower values in the number of families, gender, and species. Values of richness and diversity decreased with increases in tree canopy interference, and greater equity was associated with more shaded environments. Commercial forest plantations of *E. grandis* and *P. taeda*, E-W oriented, gave scrubland communities with low richness and specific diversity. By increasing the intensity of the disturbance produced by the stands, communities with the highest levels of equity were generated.

Keywords: richness, diversity, light environment, silvopasture

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 (Silveira, 2015). 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, Bush y Clark, 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, González y Reigosa, 1993; Ballester et al., 1982).

El impacto principal sobre la diversidad específica se debe a que la contribución de la vegetación campestre original pasa a ser prácticamente nula a partir del establecimiento y desarrollo de los rodales, si bien existe en parte una recomposición de algunas especies nativas y foráneas debido a la presencia de semillas y propágulos vegetativos que escapan 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, y de la densidad y de la velocidad de crecimiento de la especie arbórea considerada (Pillar, Boldrini y Lange, 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, condiciones hídricas, y adición 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, Mauricio y Andrade, 2001; Chen et al., 1997; Wilson y Ludlow, 1991; Chazdon, 1987; Ludlow, 1978).

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, lo cual influye sobre la actividad de microorganismos, meso y macrofauna (Ellum, 2009; González Torres, 2008; Zerbino, 2008; Pérez, Bemhaja y Gutiérrez, 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 exposición al viento, modificando la cobertura y estructura del sotobosque. Para el Uruguay 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 de este trabajo fue estudiar los cambios en la estructura de la vegetación a través de la riqueza, equidad y diversidad, bajo plantaciones forestales, callejones cortafuego y campo natural aledaño.

Materiales y métodos

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).

Los sitios de estudio abarcaron tres localidades:

1. Bañados de Medina, con plantaciones de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex Maiden) instaladas el año 1998, con una densidad de 1000 árboles.ha⁻¹ (lat.: 32° 21' 50" (S); long.: 54° 26' 15" (O), 186,5 msnm) sobre Typic/Albaquic Hapludalfs (Soil Survey Staff, 2010).
2. Sarandí del Quebracho, con plantaciones de *Eucalyptus globulus globulus* Labill. instaladas el año 1998, con una densidad de 1250 árboles.ha⁻¹ (lat.: 32° 44' 50" (S); long.: 54° 33' 16" (O), 318 msnm) sobre Typic/Pachic/Abruptic Argiudolls (Soil Survey Staff, 2010).
3. Paso Bonilla, con plantaciones de *Pinus taeda* L. instaladas el año 2001, con una densidad de 1333 árboles.ha⁻¹ (lat.: 32° 52' 45" (S); long.: 55° 53' 10" (O), 180 msnm), sobre Inceptic Hapludults (Soil Survey Staff, 2010).

En cada localidad se evaluó el estrato herbáceo en tres condiciones: bajo las plantaciones forestales, en los callejones cortafuego (con anchos que varían entre 4,66 y 26 m) 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 m² 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 en porcentaje (Braun-Blanquet, 1950) 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, 2015).

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 (C₄/C₃). 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 muestra. La diversidad de especies (H) fue calculada utilizando el índice de Shannon (Booth, Murphy y Swanton, 2003; Shannon y Weaver, 1964; Shannon, 1948).

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

donde

pi: abundancia relativa (ni/Ni).

ni: n° de individuos de una especie.

Ni: n° total de individuos de todas las especies presentes en la muestra.

La equidad (E) fue calculada como:

$$E = H/H'_{\max}$$

donde H' max: Ln S.

La equidad puede variar entre 0 y 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. Los análisis fueron realizados entre los 18 sitios, considerando las variables familia-género-especie, la riqueza, la equidad y la 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 testeó 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.

Resultados y discusión

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 testeados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor > 0,1.

El grupo 1 está integrado por cuatro sitios. A la menor distancia se agruparon un callejón cortafuego de *E. grandis* con orientación E-O (CcBE) y un callejón cortafuego de *P. taeda* con orientación N-S (CcPN), que presentaron el mismo número de familias (20), 40 y 42 géneros y 56 y 54 especies respectivamente. En los Cuadros 1 y 2 podemos observar las especies relevadas por sitio con una cobertura mayor a 3 % (base CV 100 %). En estos sitios no se observaron variaciones entre localidad, orientación de los callejones cortafuego o ancho de los mismos (13 m vs 4,66 m).

A mayor distancia se agruparon el CN asociado a *E. grandis* con una orientación E-O (BCNE) y un callejón cortafuego del rodal de *E. globulus* con orientación N-S (CcSN), con 17 (BCNE) y 18 (CcSN) familias, 43 y 34 géneros y 52 y 49 especies, diferencia que se debe al menor número de especies de la familia Poaceae en este último sitio.

El grupo 1 se constituye por la similitud en el número de familias. Se observó una diferencia de nueve géneros a favor del CN, correspondiendo a seis de la familia Poaceae de las cuales tres son especies C₃. Esta diferencia en el número de géneros podría explicarse por las propiedades físico-químicas del suelo, lo cual coincide con May, Di Landro y Alvarez (1990), quienes afirman que el incremento en la presencia de pastos invernales se relaciona positivamente con el contenido de arcilla, la CIC, contenido de

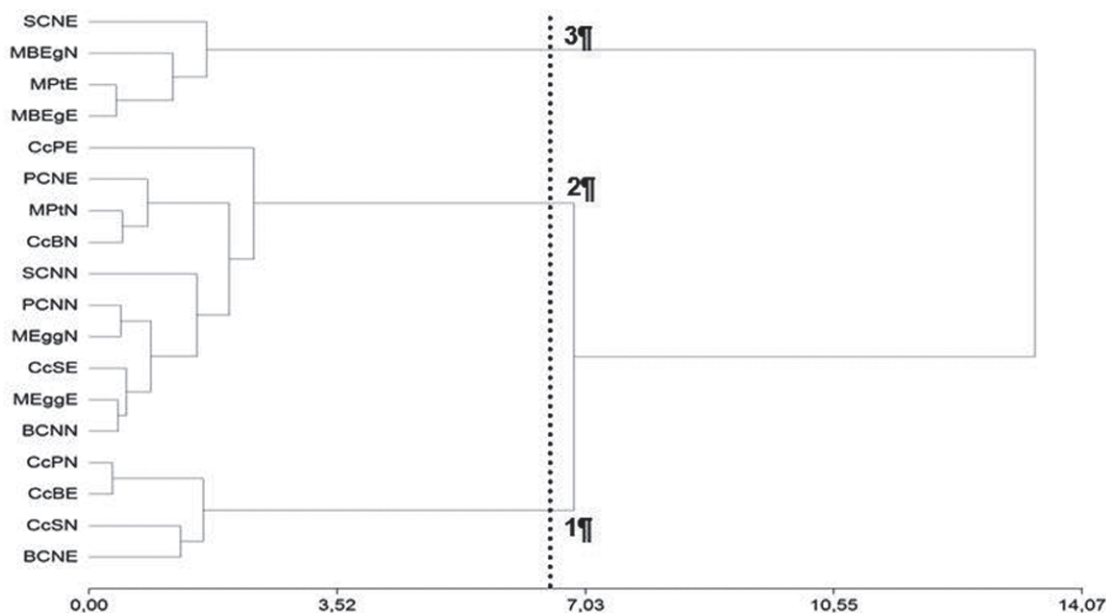


Figura 1. Dendrograma de los sitios en función del número de familias, géneros y especies. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,1. MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones corta fuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggN/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones corta fuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPtN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones corta fuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

calcio y materia orgánica, sumados a la mayor profundidad de arraigamiento del sitio BCNE, así como a mejores condiciones de iluminación en esa situación en relación al callejón cortafuego.

El grupo 2 está conformado por diez sitios donde se asocian un campo natural asociado a *E. grandis* 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 (un campo natural y una comunidad bajo un rodal de *E. globulus*) no logran producir cambios determinantes en el número de familias, géneros y especies, lo cual podría estar explicado por una menor interferencia del dosel arbóreo sobre la comunidad herbácea. A mayor distancia se le agrupa el sitio (CcSE) ubicado en un callejón cortafuego de *E. globulus* con orientación E-O, presentando 16 familias, 34 géneros y 46 especies. En segundo término se produce el agrupamiento entre un sitio ubicado bajo un rodal de *E. globulus* con orientación N-S (MEggN) y el CN asociado a *P. taeda* con orientación N-S (PCNN), con 15 y 14 familias, 36 y 34 géneros,

y 49 y 48 especies, respectivamente. El sitio correspondiente al CN asociado a *E. globulus* con una orientación N-S (SCNN), presenta 12 familias 35 géneros y 50 especies.

Posteriormente se agrupan un callejón cortafuego asociado a un rodal de *E. grandis* con orientación N-S (CcBN) y un sitio ubicado bajo una plantación forestal de *P. taeda* con orientación 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 asociado a un rodal de *P. taeda* con orientación E-O (PCNE), el cual presenta 13 familias, 30 géneros y 44 especies. El último sitio en agruparse es un callejón cortafuego asociado a un rodal de *P. taeda* con orientación E-O (CcPE), cuyo ancho es de 4,66 m, y que presenta 18 familias, 31 géneros y 35 especies.

El segundo grupo está integrado por campos naturales de las tres localidades, con callejones cortafuego de distinto ancho y orientaciones y rodales de *E. globulus* y *P. taeda* con orientación N-S (MPtN). Las asociaciones entre los CN y los cortafuegos son dadas 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

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

Localidad	Cobertura vegetal en el sotobosque (%), especies herbáceas y subarborescentes dominantes			
	Sitio	CV (%)	Arbórea	Especies herbáceas y subarborescentes
Baños 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., <i>Cyperaceae</i> sp., <i>Aspilia montevidensis</i> var. <i>Setosa</i> (Griseb.) Cabrera, <i>Krapovickasia flavescens</i> (Cav.) Fryxell, <i>Salvia procurrens</i> Benth., <i>Chrysolea 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, <i>Cyperaceae</i> sp., <i>A. montevidensis</i> , <i>Juncus capillaceus</i> Lam., <i>Eryngium horridum</i> Malme.
	CcBN	64,28	.	<i>Paspalum notatum</i> Alain ex Flügge, <i>P. stipoides</i> , <i>Carex sororia</i> Kunth, <i>C. meridionalis</i> , <i>Cyperaceae</i> sp., <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> , <i>Cyperaceae</i> sp., <i>C. sororia</i> , <i>C. meridionalis</i> , <i>A. montevidensis</i> , <i>Menodora integrifolia</i> (Cham. & Schtdl.) 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>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., <i>Steinichisma hians</i> (Elliott) Nash, <i>Paspalum dilatatum</i> Poir., <i>P. notatum</i> , <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>C. dactylon</i> , <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.
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.
	MEggnE	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>Cyperaceae</i> sp., <i>H. decumbens</i> , <i>Baccharis trimera</i> (Less.) DC..
	CcSN	85,70	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>C. dactylon</i> , <i>P. notatum</i> , <i>Cyperaceae</i> sp., <i>H. decumbens</i> .
	CcSE	95,08	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>P. notatum</i> , <i>P. pumilum</i> , <i>P. montevidense</i> , <i>Cyperaceae</i> sp., <i>B. trimera</i> .
	SCNN	99,83	.	<i>A. fissifolius</i> , <i>P. notatum</i> , <i>C. sororia</i> , <i>B. trimera</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 plicatum</i> Michx., <i>P. montevidense</i> , <i>Desmodium affine</i> Schtdl., <i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf., <i>H. decumbens</i> , <i>J. capillaceus</i> , <i>Phylla canescens</i> (Kunth) Greene, <i>Tibouchina gracilis</i> (Bonpl.) Cogn., <i>Chrysolea flexuosa</i> (Sims) H. Rob., <i>B. trimera</i> .
	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 spadicca</i> (L.) Vahl.
	PCNE	100,00	.	<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. spadicca</i> .

Lista de las especies herbáceas que presentaron una cobertura mayor al 3 % (cobertura vegetal base 100 %). MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggn/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPTN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

diámetro basal de copa (DBC) reduciendo la interferencia del rodal sobre el ambiente lumínico que afecta a la comunidad de sotobosque (Silveira, 2015; Leblanc et al., 2005; Fassola et al., 2005, 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 del sotobosque (Carbonneau y Cargnello, 2004).

El grupo 3 está compuesto por cuatro sitios, un rodal de *E. grandis* con orientación E-O (MBEgE) y un rodal de *P. taeda* (MPtE), con 11 y 12 familias, 21 y 20 géneros y 26 y 27 especies, respectivamente. A mayor distancia se agrupa un rodal de *E. grandis* con orientación N-S (MBEgN), con 11 familias y un menor número de géneros (16) y

especies (19). Por último se agrupa un CN asociado a un rodal de *E. globulus* con orientación E-O (SCNE), con similar número de familias (11) a los anteriores y mayor número de géneros (24) y especies (36).

En este agrupamiento se encuentran sitios que presentan diferencias en orientación, así como también en el ambiente donde se ubicaron, con mayor similitud entre sitios con similar régimen de iluminación sobre el sotobosque, que determinó una reducción en el número de familias, géneros y especies. Esto se debe a la interferencia que ejerce el rodal sobre el componente herbáceo, dado por mayores LCV, DBC y volumen de copa (VC), que ocasiona una absorción selectiva de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), provocando cambios en el espectro de la

Cuadro 2. Porcentaje de cobertura vegetal (CV), Riqueza (S), Diversidad Máxima (H'), Diversidad (H) y Equidad (E) en los sitios relevados bajo rodales de *E. grandis*, *E. globulus*, *P. taeda*, callejones cortafuego y campos naturales.

Sitio	% CV	Riqueza (S)	Diversidad Máxima (H')	Diversidad Shannon (H)	Equidad (E)
MBEgN	6,68	19	2,94	2,70	0,92
MBEgE	13,96	26	3,26	2,92	0,90
CcBN	64,29	40	3,69	3,24	0,88
CcBE	66,63	56	4,03	3,53	0,88
BCNN	99,64	43	3,76	3,28	0,87
BCNE	98,64	52	3,95	3,42	0,87
MEggN	62,36	49	3,89	3,40	0,87
MEggE	70,72	43	3,76	3,22	0,86
CcSN	85,70	49	3,89	3,45	0,89
CcSE	95,08	46	3,83	3,39	0,89
SCNN	99,83	50	3,91	3,49	0,89
SCNE	96,94	36	3,58	3,16	0,88
MPtN	6,09	36	3,58	3,31	0,92
MPtE	6,37	27	3,30	2,90	0,88
CcPN	54,85	54	3,99	3,43	0,86
CcPE	29,01	34	3,56	3,06	0,86
PCNN	99,26	48	3,87	3,35	0,86
PCNE	100,00	44	3,78	3,29	0,87

MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggN/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPtN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

radiación que llega al sotobosque (Silveira, 2015; Hernández et al., 2009; González Torres, 2008; Leblanc et al., 2005; Fassola et al. 2005, 2004; Hale, 2003; Sampson y Lee Allen 1998; Chen et al., 1997). También se ubicó un sitio sobre campo natural con menor número de especies, donde predominan las especies más adaptadas al pastoreo como *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kuhl. (35,62 %) y *Paspalum notatum* Alain ex Flügge (24,33 %) (Millot, Methol y Risso, 1987; Rosengurt, 1943) sugiriendo condiciones de sobrepastoreo.

Riqueza

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

En el primer grupo se relevaron 149 especies (Ni). Está conformado por siete sitios, presentando una riqueza promedio de 51 especies (DE \pm 2,75) (Cuadro 2).

Las especies que presentaron una cobertura mayor al 3 % (base 100 % cobertura verde) se muestran en el Cuadro 1. En este se agrupó un rodal de *E. globulus*, lo cual puede explicarse por factores como menor LCV, DBC y VC (Silveira, 2015), 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 cortafuego de las tres localidades; 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 presentó una orientación E-O, lo cual podría estar explicado por mejores condiciones físico-químicas del suelo (contenido de arcilla, CIC, calcio y materia orgánica) favoreciendo la presencia de un número mayor de especies.

Al agrupar las especies por su metabolismo fotosintético hubo predominio de las especies C_4 (relación $C_4/C_3 = 1,68$). Aunque se asociaron sitios con diferencias en tipos de suelos, orientaciones y ambiente lumínico (sitio bajo una plantación forestal de *E. globulus*), no hubo diferencias entre ellos. Este comportamiento podría deberse a que el rodal de *E. globulus* (MEggN) presentó los menores LCV, DBC, VC (Silveira, 2015) y a que la mayor relación de biomasa fuste/copa redundó en un mayor pasaje de la RFA hacia la comunidad de sotobosque (González Torres, 2008; Sage, Weding y Li, 1999), con lo cual las especies C_4 se verían beneficiadas.

El segundo grupo presentó una riqueza promedio de 40 especies (DE \pm 4,16) (Cuadro 2) y se relevaron 132 especies (Ni). En este grupo se observan sitios pertenecientes a localidades, orientaciones y ambientes lumínicos distintos. Se agruparon tres callejones cortafuego 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 cortafuego con orientación N-S no se diferencia, 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: *Carex sororia* Kunth. (54,62 %). La participación del rodal de *E. globulus* en este grupo se explica por su menor LCV, DBC y VC (Silveira, 2015), 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 este 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 %) (Millot, Methol y Risso, 1987; Rosengurt, 1943). Al igual que en el grupo 1, al caracterizar las especies por su metabolismo fotosintético hay predominio de especies C_4 (relación $C_4/C_3 = 1,50$), si bien se asociaron sitios que presentan diferencias en suelos, orientaciones y ambiente lumínico. El rodal de *E. globulus*, dadas sus características dasométricas, permite un mayor pasaje de radiación beneficiando a las especies C_4 , 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.

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 \pm 3,56) (Cuadro 2). En este agrupamiento se registraron un total de 52 especies (Ni). Las especies con cobertura mayor al 3 % se presentan en el Cuadro 1. 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, Boldrini y Lange, 2002; Sage, Weding y Li 1999). Una comunidad herbácea (sotobosque) que se caracteriza por poseer una menor riqueza específica en ambientes que provocan una mayor intercepción de la radiación, se explica por la LCV, DBC, VC y por el

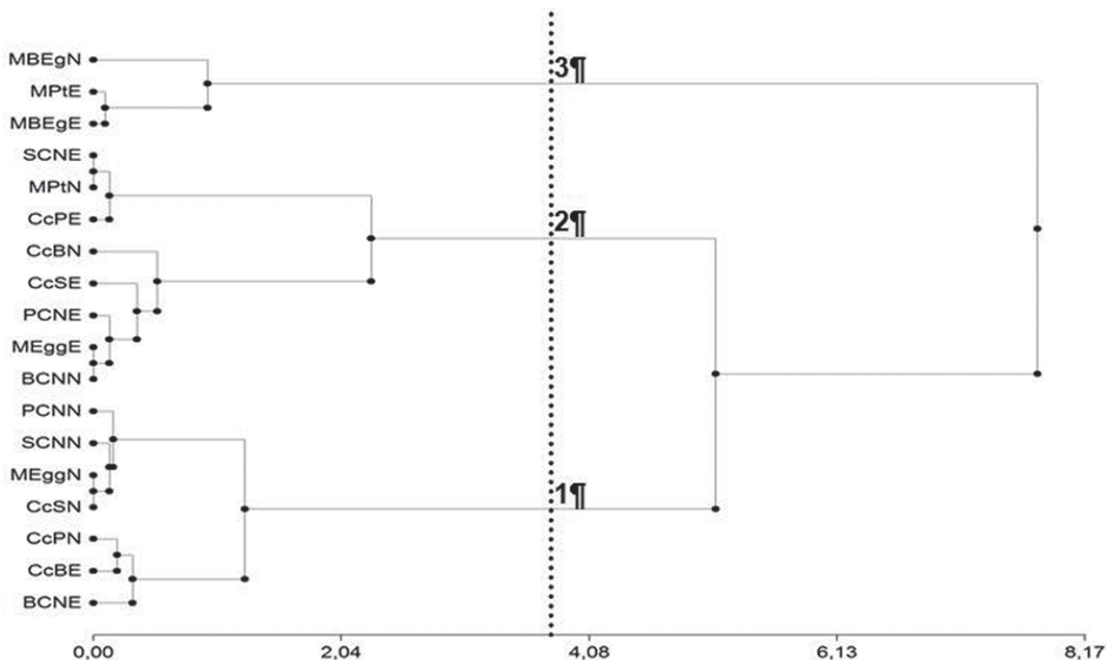


Figura 2. Dendrograma de los 18 sitios caracterizadas por la riqueza específica. Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor > 0,1. MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggN/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPtN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

índice de área foliar (IAF), el cual es un buen indicador de la capacidad de la copa para absorber la RFA (Smethurst et al., 2003; Pillar, Boldrini y Lange, 2002; Sage, Weding y Li, 1999; Cherry et al., 1998; Silva, 1998; Perry, 1994).

Las diferentes relaciones C_4/C_3 asociadas a los ambientes lumínicos observadas 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 . Esta mayor demanda de energía se traduce en una abundancia mayor de las especies C_4 en ambientes a cielo abierto, callejones cortafuego y 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, Boldrini y Lange, 2002; Sage, Weding y Li, 1999).

Diversidad

Las asociaciones encontradas entre los sitios de muestreo y la diversidad de especies estimada a través del índice de Shannon (Booth, Murphy y Swanton, 2003; Shannon y Weaver, 1964; Shannon, 1948) (H), se presentan la Figura 3.

Los agrupamientos fueron testeados no rechazándose el número de grupos previsto siendo el p-valor: > 0,1.

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

Dentro de estos grupos se aprecia que sitios con orientación N-S (por ejemplo 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 cortafuego.

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

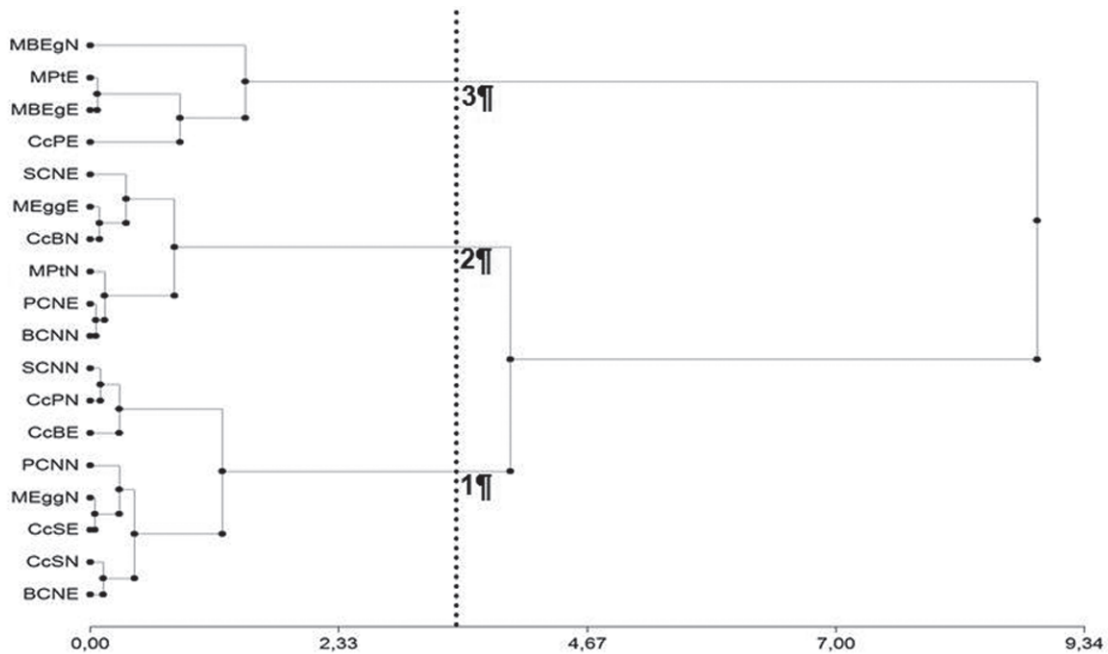


Figura 3. Dendrograma de los 18 sitios caracterizados por el Índice de Shannon (H). Se diferencian tres grupos nítidos con un P-valor $> 0,10$. MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggN/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPtN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

crecimiento sean bajas. 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 provocada por el dosel arbóreo, lo cual interfiere con las respuestas de la vegetación de sotobosque (Chazdon, 1987; Wilson y Ludlow, 1991).

Equidad

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

La equidad promedio de los grupos 1, 2 y 3 fue 0,87 (DE $\pm 0,011$), 0,88 (DE $\pm 0,007$) y 0,92 (DE $\pm 0,005$), respectivamente. 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 (en rodales de *E. grandis* y *P. taeda* con orientación N-S), frente a las comunidades desarrolladas bajo los rodales de *E. globulus*, callejones cortafuego de menor ancho (4,66 m) (grupo 1) y campos naturales, independientemente

de la localidad (grupos 1 y 2). El valor de equidad obtenido para estos sitios (MBEgN y MPtN) es cercano a 1, considerándolos como ambientes uniformes, es decir que existe una máxima diversidad de especies para el sitio y además no hay ninguna especie dominante.

En este mismo sentido, se observa que comunidades de CN presentan mayores riquezas, pero en ambientes más sombríos es donde se presenta la mayor equidad. Esto se puede explicar porque en estas comunidades de CN pastoreado existe una dominancia de especies que presentan hábito de crecimiento estolonífero o rizomatoso como *A. fissifolius*, *Axonopus argentinus* Parodi, *Paspalum nicorae* Parodi y *P. notatum*, adaptadas al pastoreo (Milot, Methol y Risso, 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, 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,

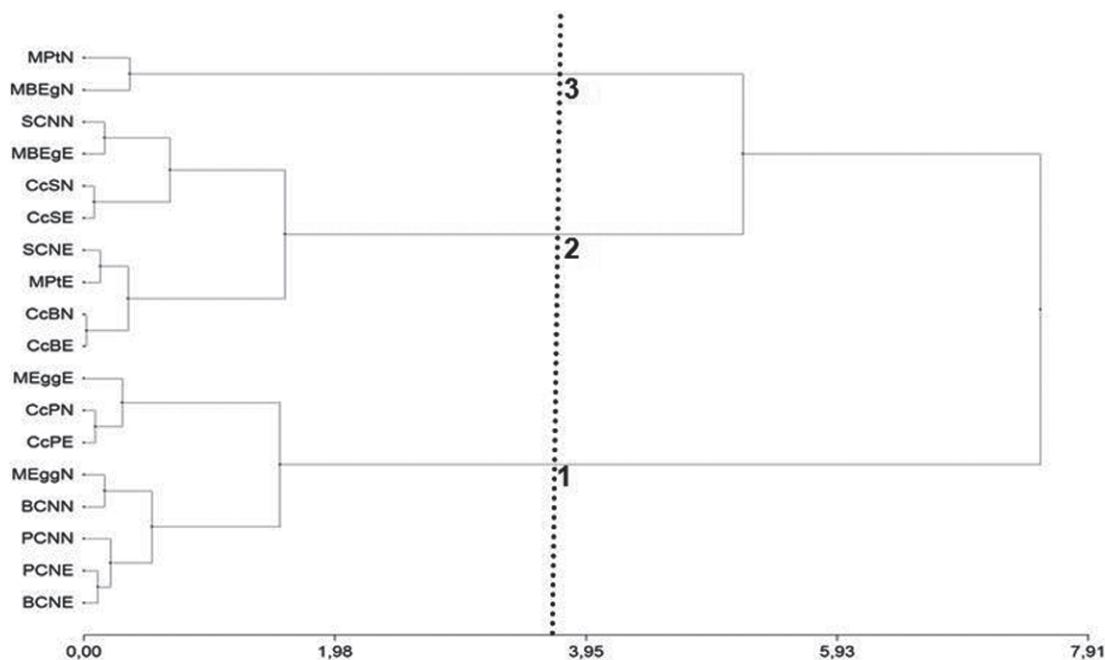


Figura 4. Dendrograma de los 18 sitios caracterizados por el valor de equidad. Se diferencian tres grupos nítidos con un p -valor $> 0,10$. MBEgN/E: rodales de *E. grandis* con orientación N-S y E-O; CcBN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; BCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MEggN/E: rodales de *E. globulus* con orientación N-S y E-O; CcSN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O; SCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O; MPtN/E: rodales de *P. taeda* con orientaciones N-S y E-O; CcPN/E: callejones cortafuego con orientaciones N-S y E-O y PCNN/E: campos naturales con orientación N-S y E-O.

incorporando la actividad ganadera al observarse un mayor Valor Pastoral Corregido en estas comunidades (Silveira, 2015). 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_3 y/o especies planófilas que tienen una mayor habilidad para captar los pulsos de radiación que pasan través del dosel arbóreo (Pillar, Boldrini y Lange, 2002; Sage, Weding y Li, 1999; Silva, 1998).

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.

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

El ambiente lumínico condicionó la relación C_4/C_3 , siendo menor a medida que aumentó el sombreado.

Vegetaciones desarrolladas en ambientes más iluminados presentaron mayores valores de riqueza y diversidad. La menor expresión de dominancia se asoció a ambientes más sombreados.

Bibliografía

- Andrade, C. M., Garcia, R., Couto, L. y Pereira, O. G. (2002). Transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. *Revista Árvore*, 26(1), 19-23.
- Ballester, A., Arias, A. M., Cobián, B., López Calvo, E. y 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, B. D., Murphy, S. D. y Swanton, C. J. (2003). *Weed ecology in natural and agricultural systems*. UK: CABI Publishing.
- Braun-Blanquet, J. (1950). *Sociología vegetal: Estudio de las comunidades vegetales*. Buenos Aires: Acme Agency.
- 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* (tesis doctoral). Université de Bordeaux II, Bordeaux.

- Carboneau, A. y Cargnello, G.** (2004). *Architectures de la vigne et systèmes de conduite*. Paris: Dunod-Iris.
- Carranza, C. A. y Ledesma, M.** (2009). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. Trabajo presentado en Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://ecaths1.s3.amazonaws.com/forrajicultural/ManejoSistemasSilvopastoriles.pdf>
- Carrere, R. y Lohman, L.** (1996). *El Papel del Sur: Plantaciones forestales en la estrategia papelera internacional*. Recuperado de http://wrm.org.uy/es/files/2013/04/El_papel_del_Sur.pdf
- Chazdon, R.** (1987). Aspectos importantes para el estudio de los regímenes de luz en bosques tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 35, 191-196.
- Chen, J. M., Blanken, T. A., Black, M., Guilbeault, M. y Chen, S.** (1997). Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86, 107-125.
- Cherry, M., Hingston, A., Battaglia, M. y Beadle, C.** (1998). Calibrating the LICOR LAI-2000 for estimating leaf area index in eucalypt plantations. *Tasforests*, 10, 75-82.
- Elliot, K. y 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, H. E., Lacorte, S. M., Pachas, A. N. y Keller, A.** (2004). Experiencias sobre Manejo Silvopastoril en Misiones y NE de Corrientes, Argentina. En *Simposio Latino-Americano sobre manejo Forestal* (pp. 450-460). Santa María, RS: Universidade Federal de Santa María.
- Fassola, H. E., Lacorte, S. M., Pachas, A. N. y Piezzuti, R.** (2005). Factores que influyen 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.
- García, R., Mauricio, C. y Andrade, C. M.** (2001). Sistemas silvopastoriles na Região Sudeste. En M. Carvalho, M. Alvim y J. Costa (eds.). *Sistemas Agroflorestais Pecuaríos: Opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais* (p. 173). Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite.
- González Torres, D. A.** (2008). *Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de Eucalyptus globulus y Eucalyptus maidenii* (tesis de maestría). Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Hale, S. E.** (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. y 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. y Montigny, L.** (1996). Forest canopies and their influence on understory vegetation in early-seral stands on West Vancouver Island. *Northwest science*, 70, 193-200.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F.** (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259-263.
- Lazo, J. L., Valdéz, N. V., Sampaio, R. A. y Demolin, G. L.** (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. y Conley, A.** (2005). Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129, 187-207.
- Ludlow, M.** (1978). Light relations of pasture plants. En J. Wilson (ed.). *Plants relations in pastures* (pp. 35-49). Melbourne: CSIRO press.
- Lusk, C.** (1996). Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forest of the coast range summit plateau. *Revista Chilena de historia natural*, 69, 401-411.
- May, H., Di Landro, E. y Alvarez, C.** (1990). Avances en la caracterización de sitios en el estudio integrado de pasturas naturales y suelos en la Estancia Palleros. En *2º Seminario de Campo Natural* (pp. 11-33). Tacuarembó: Hemisferio Sur.
- Mead, D. J.** (2010). Results of 16 year of study in a temperate silvopastoral experiments with *Pinus radiata* in New Zealand. En R. Kellimore (ed.). *Handbook on Agroforestry, Management Practices and Environmental Impact* (pp. 225-249). New York: Nova Science Publishers.
- Millot, J. C., Methol, R. y Risso, D.** (1987). *Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay*. Montevideo: MGAP.
- Montoya, O. J.** (1995). *El Eucalipto*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Morris, L. A., Bush, P. y Clark, J.** (1993). Ecological impacts and risk associated with forest management. En J. Cairns, B. Niederlehner y D. Orvos (eds.). *Predicting ecosystems risk* (pp. 153-213). Princeton: Princeton Scientific Publishing. (Advances in modern environmental Toxicology, 20)
- Oliveira, T., Macedo, R., Venturin, N., Botelho, S., Higashikawa, E. y Magalhaes, W.** (2007). Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvopastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. *Cerne*, 13(1), 40-50.
- Pérez, E., Bemhaja, M. y 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. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bemhaja, H. Saravia, D. Formoso y P. Boggiano (eds.). *BIOMA CAMPOS: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: XXII Reunión del Grupo Técnico en forrajeras del Cono Sur* (p. 186-187). Minas: Grupo Campos.
- Perry, D.** (1994). *Forest ecosystem*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Pillar, V. D.** (1997). Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. *Coenoses*, 12, 145-148.
- Pillar, V., Boldrini, I. y Lange, O.** (2002). Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27(6), 753-761.
- Rosengurt, B.** (1943). *Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 3ª Contribución*. Montevideo: Barreiro y Ramos.
- Sage, R. F., Weding, D. A. y Li, M.** (1999). The biogeography of C_3 photosynthesis: Patterns and controlling factors. En R. F. Sage y R. K. Monson (ed.). *C_4 Plant Biology* (pp. 313-373). San Diego: Academic Press.
- Sampsons, D. A. y Lee Allen, H.** (1998). Light attenuation in a 14 years old loblolly pine stand as influence by fertilization and irrigation. *Tree*, 13, 80-87.
- Shannon, C. E.** (1948). The mathematical theory of communication. *The Bell Systems Technical Journal*, 27(3), 379-423, 623-656.
- Shannon, C. E. y Weaver, W.** (1964). *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL: The University of Illinois Press.
- Silva, J.** (1998). *Produtividade de componentes de um sistema silvopastoril constituído por Eucalyptus saligna e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul* (tesis de doctorado) Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Silveira, E. D.** (2015). *Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural* (tesis de maestría). Facultad de Agronomía. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Smethurst, P., Baillie, C., Cherry, M. y 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*. Washington: USDA.

- Souto, X. C., Gonzáles, L. y Reigosa, M. G.** (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. En F. J. Silva-Pando y G. Vega-Alonso (eds.). *Congreso forestal español Lourizan 1993: Ponencias y comunicaciones* (Vol. 1, pp. 189-194). Pontevedra: Xunta de Galicia. Recuperado de <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/view/3169/3134>
- Thomas, S. C., Halpern, C. B., Falk, D. A., Liguori, D. A. y Austin, K. A.** (1999). plant diversity in managed forests: Understorey responses to thinning and fertilization. *Ecological Application*, 9(3), 864-879.
- Wilson, J. y Ludlow, M.** (1991). The environment and potential growth of herbage under plantations. En H. M. Shelton y W. W. Stür (eds.) *Forages for plantations crops* (pp. 10-24). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR Proceedings, 32).
- Zerbino, M. E.** (2008). Efecto de la forestación en una pradera natural en el noreste del Uruguay sobre la macro fauna del suelo. En W. Ayala, F. Lezama, E. Barrios, M. Bernhaja, H. Saravia, D. Formoso y P. Boggiano (eds.). *BIOMA CAMPOS: Innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: XXII Reunión del Grupo Técnico en forrajeras del Cono Sur* (p. 164). Minas: Grupo Campos.