



## Diferencias en cobertura y valor pastoral de la vegetación en condiciones silvopastoriles y campo natural

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

<sup>1</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Depto. de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurt, Ruta 26, km 408, Cerro Largo, Uruguay. <sup>2</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Depto. de Biometría Estadística y Cómputo. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay. <sup>3</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Depto. de Producción Animal y Pasturas. Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3, km 363, Paysandú, Uruguay. \*Email: edsilveira@fagro.edu.uy

Recibido: 21-08-2014

Aceptado: 31-10-2018

### 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 cortafuego y campo natural, localizando 30 marcos de 0,25 m<sup>2</sup> en cada una. Se determinó la cobertura de 172 especies y utilizando la clasificación de tipos productivos se estimó el valor pastoral corregido por cobertura vegetal. Las comunidades desarrolladas bajo plantaciones forestales presentaron menor cobertura vegetal. El valor pastoral de las comunidades desarrolladas en callejones cortafuego y plantaciones de *Pinus taeda* y *Eucalyptus grandis* fueron inferiores al resto de las situaciones.

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

## Changes in the Pastoral Value of the Vegetation in Silvopastoral Systems and Grassland

### Summary

The objective of the work was to study the effect of forest plantation on the soil cover, the productive types and the pastoral value of the herbaceous stratum. The study was carried out in three locations, in 18 transects located in the row between, short fire alleys and natural grassland, locating 30 frames of 0.25 m<sup>2</sup> in each. The coverage of 172 species was determined and, using the classification of productive types, the pastoral value corrected for vegetation cover was estimated. The communities developed under forest plantations had lower vegetation cover. The pastoral value of the communities developed in alleys of fire cutting and plantations of *Pinus taeda* and *Eucalyptus grandis* were inferior to the rest of the situations.

**Keywords:** productive types, soil cover, native communities

## Introducción

El uso del suelo es un aspecto central para el desarrollo agropecuario y tiene influencia sobre la matriz de alternativas productivas y aspectos económicos. Las plantaciones forestales comerciales (PFC) ocupan porciones muy relevantes en la región de pastizales de la cuenca del Río de la Plata, actualmente, el área de PFC en el Uruguay supera las 990.774 ha<sup>(1)(2)(3)</sup> y los impactos sobre el ecosistema campestre han sido poco estudiados.

El establecimiento de las PFC comienza 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 entrelínea<sup>(4)</sup>. 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 esta atraviesa, de la densidad de plantación, su altura y edad<sup>(5)(6)</sup>. Las prácticas silviculturales afectan la competencia, al modificar principalmente el porcentaje de cobertura de copas y otros parámetros estructurales del canopy como el Índice de Área Foliar (IAF)<sup>(6)(7)(8)</sup>. 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<sup>(9)(10)</sup>. 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<sup>(11)(12)</sup>.

Las propiedades químicas del suelo son modificadas por la introducción de los árboles, en este sentido se han constatado una disminución del pH, aumento de la acidez intercambiable (Al<sup>3+</sup>) y disminución del contenido de las bases Ca, Mg y K de los suelos debido al cambio en el uso del suelo pasando de un sistema pastoril a forestal<sup>(13)(14)(15)</sup>. Asimismo, los árboles también contribuyen al secuestro de carbono en el suelo<sup>(16)(17)</sup>, destacándose las plantaciones con destino a

aserrío las cuales contribuirían en mayor medida a la mitigación de la producción de gases de efecto invernadero, aunque los volúmenes por superficie en plantaciones con destino a la producción de pulpa son mayores.

Otros de los efectos de las PFC son las producidas sobre el recurso agua, según Silveira<sup>(18)</sup>, se observó que los escurrimientos anuales en una cuenca forestada tienden a disminuir entre un 22 y 31 %, dependiendo de la precipitación anual, también aumentan la intercepción del agua de lluvia, disminuyendo los procesos erosivos pero tienden a tener más pérdidas por evapotranspiración y a modificar la dinámica del agua disponible en el suelo que una pastura bajo pastoreo<sup>(19)(20)(21)</sup>.

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<sup>(22)</sup>. Martínez y otros<sup>(23)</sup> 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<sup>(24)</sup> 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 Flügge presentó comportamiento intermedio, *Axonopus fissifolius* (Raddi) Kulhm. (*Axonopus affinis* Chase) y *Juncus* sp. se ubicaron en la zona de pleno sol. Picasso y otros<sup>(10)</sup> 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 las condiciones de Uruguay no existe información que caracterice el valor pastoral de la vegetación del sotobosque y de las áreas no plantadas en 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 el efecto de la PFC sobre la cobertura del suelo, los tipos productivos y el valor pastoral del estrato herbáceo del rodal, callejones cortafuego y el campo nativo 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<sup>(25)</sup>.

Los sitios de estudio abarcaron tres localidades:

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<sup>(26)</sup>.
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<sup>(26)</sup>.
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<sup>(26)</sup>.

En cada rodal se midió densidad de arboles 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 esta el volumen de copa<sup>(27)</sup>, utilizándose un medidor Vértex, una cinta diamétrica milimetrada y una cinta convencional.

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 las orientaciones N-S y E-O, en los callejones cortafuego y el campo natural las transectas se localizaron en las mismas orientaciones. En cada cuadro se determinó la cobertura en porcentaje<sup>(28)</sup> de la cubierta vegetal (CV), suelo descubierto (SD), man-tillo + heces (M+H) y restos forestales (RF).

La cubierta 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)<sup>(29)(30)</sup>. Esta variable se compone de: 1) cuantificación de la composición botánica, 2) asignación a cada especie de un valor relacionado con su TP<sup>(31)(32)</sup> el cual varió de 0 a 10 y 3) cálculo del valor pastoral (VP) y corregido por CV (VPc).

Las equivalencias de los TP con el Índice Pastoral (IP) se presentan en el Cuadro 1.

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 conglomerados y 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 probó la existencia de un número de grupos nítidos en la estructura de los agrupamientos. La prueba de nitidez de los grupos

**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

fue realizada mediante test de aleatoriedad (bootstrap), utilizando 1000 repeticiones. Para los análisis se utilizaron los software MULTIV<sup>(33)</sup> e Infostat<sup>(34)</sup>.

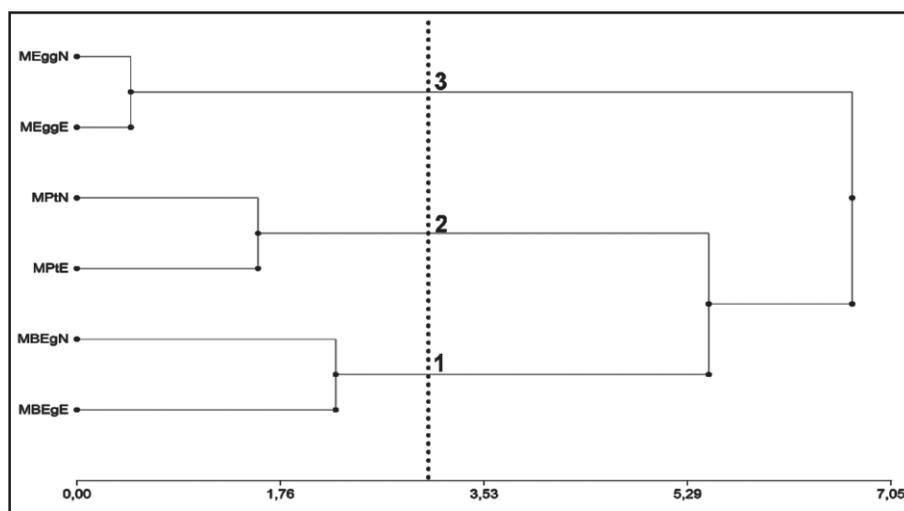
## Resultados y discusión

### 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. Esas diferencias en las variables dasométricas pueden afectar las características del dosel incidiendo en la transmisión de la radiación a través del mismo<sup>(35)</sup>. 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<sup>(36)(37)</sup>. 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.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de las variables dasométricas de los grupos formados en el análisis de conglomerados. 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* (MEgN y MEgE), que presentaron los menores DAP,



**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

LBC 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 (6)(7)(8)(38).

### Componentes de la cobertura del suelo

En función de los sitios de muestreo y las variables área cubierta por Restos Forestales (RF), Suelo Descubierta (SD), Heces + Mantillo (H + M) y Cubierta Verde (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.

El primer grupo integrado por los sitios ubicados en los rodales de *E. globulus* (MEgGN y MEgGE) y callejones cortafuego (CcSN y CcSE), campos naturales de Sarandí del Quebracho (SCNN y SCNE), callejones cortafuego de *E. grandis* (CcBN y CcBE), campos naturales de Bañados de Medina (BCNN y BCNE) y campos naturales de Paso Bonilla (PCNN y PCNE), con valores promedio de CV de 86,59 % (DE  $\pm$  15,80), SD de 0,15 % (DE  $\pm$  0,19), H + M de 1,23 % (DE  $\pm$  0,93) y RF de 12,03 % (DE  $\pm$  15,33).

Un segundo grupo de sitios formado por los callejones cortafuego en rodales de *P. taeda* (CcPN y CcPE), con CV de 41,93 % (DE  $\pm$  18,28), SD de 12,29 % (DE  $\pm$

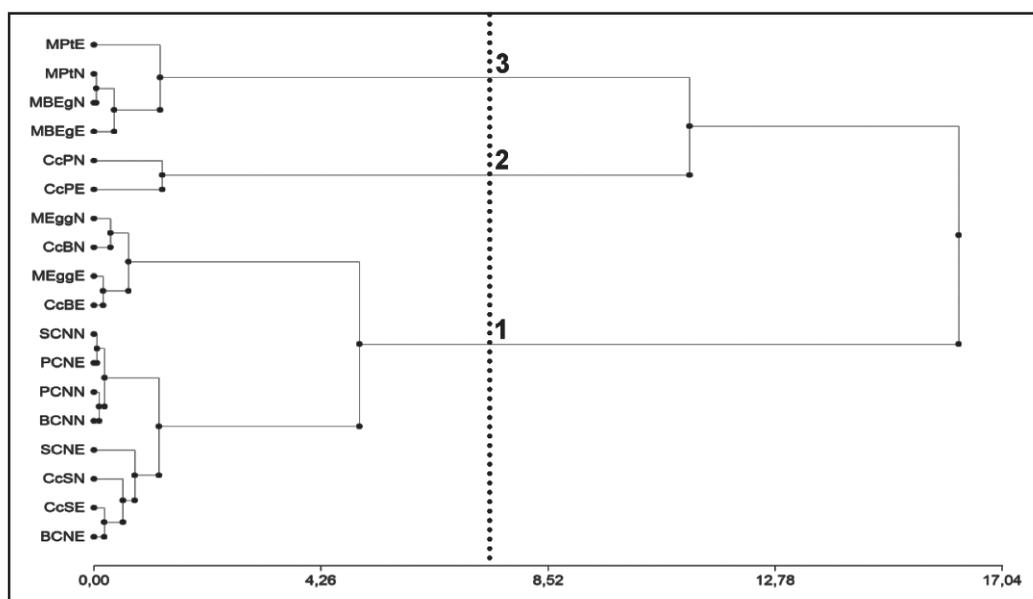
1,93), H + M de 10,25 % (DE  $\pm$  0,28) y RF de 35,53 % (DE  $\pm$  20,48).

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  $\pm$  3,80), H + M de 0,88 % (DE  $\pm$  1,37) y RF de 90,85 % (DE  $\pm$  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*.

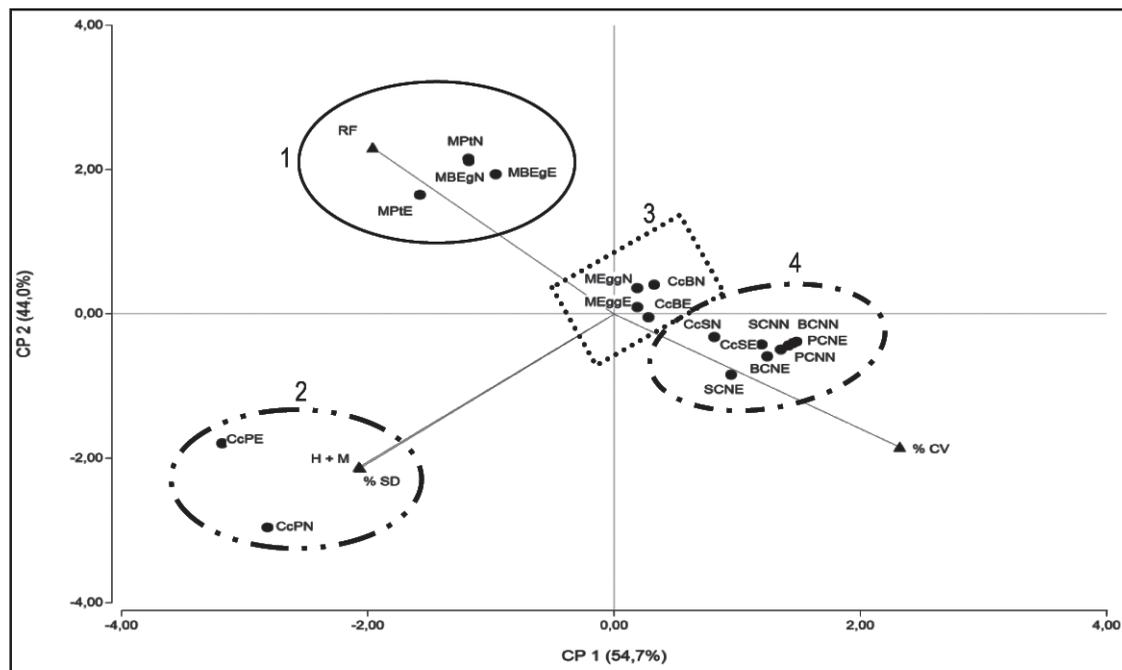
El análisis de Componentes Principales (CP) resume en dos ejes el 98,7 % de la variación total (Figura 3), agrupando los sitios según condiciones similares.

Sobre CP 1 y hacia valores negativos se ubica el segundo grupo, correspondientes a callejones cortafuego de *P. taeda* (CcPN y CcPE), asociadas a las variables SD y H + M. Estos callejones cortafuego tienen un ancho de 4,66 m, distancia que determina una alta incidencia del rodal sobre el ambiente lumínico, que estaría explicando la asociación a valores crecientes de SD.

El grupo integrado por los callejones cortafuego en rodales de *E. grandis* (CcBN y CcBE) y rodales de *E. globulus* (MEgGN y MEgGE) presentaron un comportamiento promedio para las variables (SD, H + M, RF y CV) respecto a los dos CP. Este grupo integra el grupo 3 del dendrograma (Figura 2). Las asociaciones entre rodales



**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.



**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 (●).

(*E. globulus*) y callejones cortafuego (*E. grandis*) puede ser explicado por los menores niveles de residuos forestales depositados por *E. globulus* debido a la relación fuste/copa<sup>(37)</sup>. Este comportamiento 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 cortes, independientemente de la orientación de las hileras<sup>(36)(37)(39)(40)</sup>.

En el CP 1 y hacia valores positivos se ubica un cuarto 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>di</sup> del Quebracho (SCNN y SCNE) y Paso Bonilla (PCNN y PCNE) y los callejones cortafuego 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. En cambio el sitio CcSE presenta valores similares en CV (95,08 %) lo cual es explicado por el mayor ancho del callejón cortafuego (26 m) e intermedio en SD (0,03 %), a diferen-

cia 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 con efecto sobre la comunidad herbácea.

Sobre el CP 2 y hacia valores positivos se ubica el primer grupo que incluye los sitios situadas bajo montes 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 biomásas de diferente longevidad, asociados a una alta productividad y menor duración de vida de la biomasa vegetal<sup>(36)(37)(39)(40)</sup>.

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<sup>(36)(37)</sup>. En este mismo sentido, trabajos realizados por Muñoz y otros<sup>(41)</sup> 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> existe mayor pasaje de radiación hacia el sotobosque determinando una mayor cubierta vegetal en comparación a las encontradas en *E. grandis* y *P. taeda*.

### 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 siendo el p-valor: 0,099.

En el grupo 1 los sitios PCNN y PCNE son los que se encuentran a una menor distancia, y se caracterizan por la similitud en los valores de todos los TP de las especies relevadas. Donde predominan los pastos tiernos (T), (cobertura promedio de 50,21 %), y las principales especies son: *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.

Los sitios BCNN y BCNE, presentan la mayor diferencia para el TP T (9,16 %), sin embargo esta clase es la más importante en cuanto a su contribución (54,7 % promedio). 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 relevaron 31 especies entre las que 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

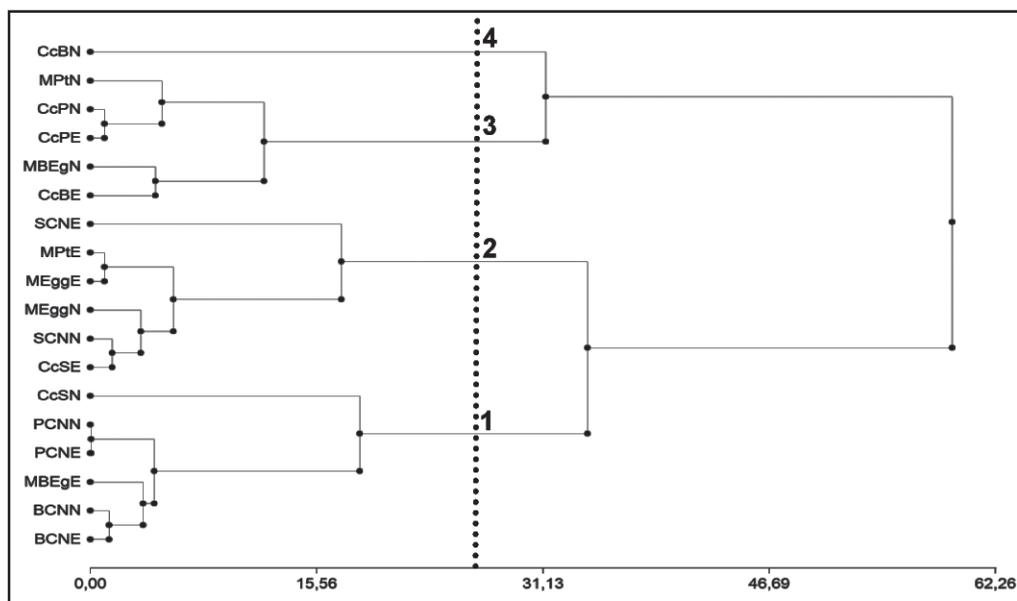


Figura 4. Dendrograma de los sitios en función de la cobertura de los TP presentes. Se diferencian cuatro grupos nítidos con un P-valor = 0,099.

en el TP T para este grupo (65,40 %) lo cual es explicado principalmente por la presencia de *Mnesithea selloana* (Hack.) de Koning & Sosef (*Coelorachis selloana* (Hack.) A. Camus) (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.

En el grupo 2 se asocian a menor distancia los rodales de *E. globulus* y *P. taeda* con una orientación este-oeste (MEggE 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 MEggE *Baccharis trimera* (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

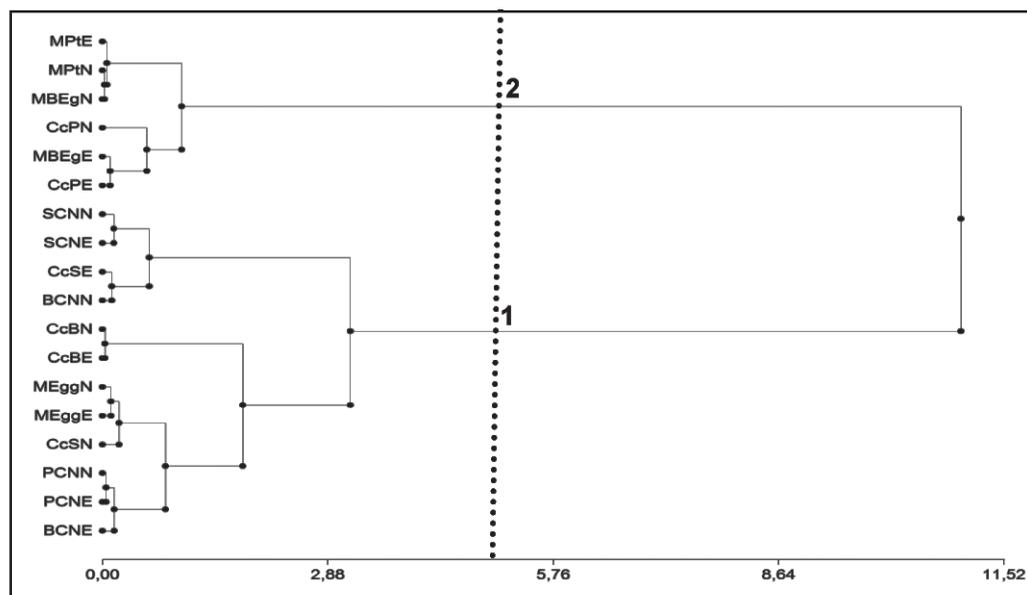
TP O (10,04% a favor de los sitios CcSE y SCNN). Por último a una distancia mayor se asocia el sitio SCNE, por la cobertura del TP F constituido por *P. dilatatum* (6,27 %) y *D. aequiglumis* (1,77 %), con el máximo valor relevado en este estudio y por la ausencia de MCS.

En el grupo 3 se asocian en primera instancia los callejones cortafuego 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<sup>(24)</sup> y Berreta<sup>(42)</sup>. Asimismo 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> (*P. montevidense* y *P. bicolor*) lo cual es debido al menor requerimiento de ATP en el ciclo C<sub>3</sub><sup>(4)(43)</sup>. 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. trimera* (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 cortafuego. 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 cortafuego (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 (3,15 %).

En la Figura 5 se presenta el diagrama Biplot correspondiente al análisis de componentes principales. Los





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

*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*.

El segundo subgrupo está integrado por seis 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. spadiacea*, *S. hians*, *P. dilatatum*, *P. notatum*, *Paspalum plicatum* Michx., *P. pumilum*, *P. montevidense*, *P. stipoides*, *S. setosa*, *N. charruana*, *J. plumosay* *N. neesiana*. Este grupo (doce sitios) presentó valores de cubierta 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 cortafuego (Bañados de Medina y Sarandí del Quebracho) y campos naturales de las localidades consideradas en este estudio.

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 agrupamiento está indicando que la cría de vacunos sería el destino más adecuado para estas comunidades.

El grupo 2 lo integraron seis sitios, donde se relevaron 103 especies, lo cual representa un 59,9 % del total de especies y una cubierta vegetal muy variable que osciló entre 6,1 % y 53,2 %, correspondiendo a un rodal y un callejón cortafuego 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<sup>(44)</sup> 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, sumado 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 árboles ha<sup>-1</sup>, *P. taeda* con poblaciones de 1333 árboles ha<sup>-1</sup> y callejones cortafuegos con anchos menores a 5 m, 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.

## 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 cortafuego la cobertura vegetal es dependiente de las distancias entre rodales, donde, 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 cortafuego y rodales de *P. taeda* y de *E. grandis* presentaron una inferior aptitud ganadera al resto de las situaciones.

## 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.

## Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron de igual forma al contenido.

## Bibliografía

1. Argentina: Plantaciones forestales y gestión sostenible [Internet]. Buenos Aires: Dirección de Producción Forestal, 2014 [cited 2019 Feb 26]. 15 p. Available from: [http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestal-sostenible/publi\\_ambiental.pdf](http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestal-sostenible/publi_ambiental.pdf).
2. Silveira ED. Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural [master's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2015. 84 p.
3. Martín D. Producción vegetal: Forestación. In: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, DIEA (UY), editor. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo: MGAP, 2016. p. 111-4.
4. Pillar V, Boldrini I, Lange O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. *Pesq Agropec Bras.* 2002;27(6):753-61.
5. Peri P. Effects of shade on pastures in Agroforestry Systems. [place unknown]: [publisher unknown]; 1999. (Publicación Técnica Forestal; 15). 20 p.
6. Chen JMP, Blanken TA, Black M, Guilbeault M, Chen S. Radiation regime and canopy architecture of a boreal aspen forest. *Agric For Meteorol.* 1997;86:107-25.
7. Leblanc S, Chen J, Fernandes R, Deering D, Conley A. Methodology comparison for canopy structure parameters extraction from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agric For Meteorol.* 2005;129:187-207.
8. Hale SE. The effect of thinning intensity on the below canopy light environment in a Sitka spruce plantation. *For Ecol Manage.* 2003;179:341-9.
9. Lacorte S, Esquivel J. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina: Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. In: Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles; 2009 May 14 - 16; Posadas, Misiones, Argentina. Buenos Aires: INTA; 2009. p. 70-82.
10. Picasso V, Boggiano P, Cadenazzi M, Zarza R, Millot JC. 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; 2003 Oct 13-17; Montevideo, Uruguay. Montevideo: Sociedad Zoológica del Uruguay; 2003. p. 126.
11. Caballé G, Fernández ME, Gyenge J, Rusch V, Lantschner V, Villancide J, Schlichter TM. Plantaciones densas vs. plantaciones ralas con pino ponderosa en el NO de Patagonia: Análisis de aspectos ambientales y productivos relevantes. In: Actas del 1er Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles; 2009 May 14 - 16; Posadas, Misiones, Argentina. Buenos Aires: INTA; 2009. p. 156- 64.
12. Fernández ME, Gyenge JE, Dalla Salda G, Schlichter T. Silvopastoral systems in NW Patagonia: I. Growth and photosynthesis of *Stipa speciosa* under different level of *Pinus ponderosa* cover. *Agroforest Syst.* 2002;55:27-35.
13. Pérez-Bidegain M, García F, Duran A. Soil use change effect, from pastures to *Eucalyptus* sp., on some soil physical and chemical properties in Uruguay [CD-ROM]. In: 3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommission C-Soi land Water Conservation; 2001 Sep 17-21; Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2001. 1 CD-ROM.

14. Cabrera M, Cal A. Cambios en la propiedades físicas y químicas de los suelos de la Unidad Rivera al pasar de uso pastoril a forestal con *Eucalyptus grandis* Hill. (ex. Maiden) y *Pinus taeda* L. [grade's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2007. 96 p.
15. Hernández J. Evolución de parámetros químicos de suelos bajo forestación: Acidéz, bases, materia orgánica. In: Jornadas de Actualización Técnica: 10 años de Investigación en Producción Forestal. Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2010. p. 16-9.
16. Del Giorgio F. Cuantificación de los cambios en el contenido y distribución de carbono orgánico del suelo por efecto del cambio de uso pastoril a forestal en plantaciones de *Eucalyptus grandis* Hill. (ex. Maiden) y *Pinus taeda* L. [grade's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2014. 108 p.
17. Hernandez J, Del Pino A, Vence ED, Calífra A, Del Giorgio F, Martínez L, Gonzalez-Barríos P. Eucalyptus and Pinus stand density effects on soil carbon sequestration. For Ecol Manage. 2016;368:28–38.
18. Silveira L, Alonso J, Martínez L. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. Agrociencia Uruguay. 2006;10:75–94.
19. Von Stackelberg N, Chescheir G, Skaggs R, Amatya D. Simulation of the hydrologic effects of afforestation in the Tacua-rembó River Basin, Uruguay. Trans ASABE. 2007;50:455–68.
20. Munka C. Variación del índice de área foliar y de la evapotranspiración en *Pinus taeda* debido al manejo silvicultural. [master's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2010. 78 p.
21. Silveira L. Efectos de la actividad forestal sobre los recursos suelos y aguas. Montevideo: INIA; 2011. (FPTA; 32). 40 p.
22. Carranza CA, Ledesma M. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. IDIA XXI Forestales. 2005;5(8):240–6.
23. Martínez F, Pereyra F, Boggiano P, Alzugaray A. Silvopastoreo con ovinos. In: 2do Seminario de Campo Natural; Tacuarembó, Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur; 1990. pp. 359–65.
24. Zarza R. Efectos de la sombra sobre la composición botánica de pasturas naturales en Areniscas de Tacuarembó [grade's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2002. 112 p.
25. Kottke M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol Z. 2006;15(3):259–63.
26. Natural Resources Conservation Service, Soil survey staff (US). Keys to soil taxonomy. 11th ed. Washington: USDA; 2010. 338 p.
27. Harris J, Stöcker H. Handbook of mathematics and computational science. New York: Springer Verlag; 1998. 104 p.
28. Braun-Blanquet J. Sociología Vegetal: Estudio de las comunidades vegetales. Buenos Aires: Acme Agency; 1950. 444 p.
29. Berretta EJ. Amélioration des parcours des causses par les sursemis [doctoral's thesis]. Montpellier (FR): Université des Sciences et Techniques du Langue; 1981. 241 p.
30. Berreta EJ. Técnicas para evaluar la Dinámica de Pasturas Naturales en Pastoreo. In: XXI Reunião do Grupo Técnico em Forrageiras de Cone Sul. Lages (SC): Grupo Campos; 1989. p. 129-47.
31. Rosengurtt B, Gallinal JP, Campal E, Bergalli L, Aragone L. Estudios sobre praderas naturales del Uruguay: 5º. Contribución. Montevideo: Rosgall; 1946. 473 p.
32. Rosengurtt B. Tabla de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo: Universidad de la República; 1979. 86 p.
33. Pillar VD. Multivariate exploratory analysis and randomization testing with MULTIV. Coenoses. 1997;12(2-3):145–8.
34. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat [Internet]. Versión 2013. Córdoba: Grupo InfoStat; 2013 [cited 2019 Feb 26]. Available from: <http://www.infostat.com.ar>.
35. Macedo RL, Do Vale AB, Venturini N. Eucalipto em Sistemas Agroflorestais. Lavras (MG): UFLA; 2010. 331 p.
36. Hernández J, Del Pino A, Salvo L, Arrarte G. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. For Ecol Manage. 2009;258:92–9.
37. González Torres DA. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii* [master's thesis]. Montevideo (UY): Universidad de la República, Facultad de Agronomía; 2008. 49 p.
38. Sampsons DA, Lee Allen H. Light attenuation in a 14 year old loblolly pine stand as influence by fertilization and irrigation. Tree. 1998;13:80–7.
39. Eckstein RL, Karlsson PS. Above-ground growth and nutrient use by plants in a subarctic environment: Effects of habitat, life-form and species. Oikos. 1997;79(2):311-24.
40. Berendse F, Aerts R. Nitrogen-use-efficiency: a biologically meaningful definition? Funct Ecol. 1987;1:293-6.
41. Muñoz F, Espinosa M, Cancino J, Rubilar R, Herrera M. Efecto de poda y raleo en el área foliar de *Eucalyptus nitens*. Revista Bosque. 2008;29(1):44–51.
42. Berreta EJ. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto: I. Especies Nativas. In: Berreta EJ, editor. Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. Montevideo: INIA; 1998. (Serie Técnica; 102). p. 99-111.
43. Sage RF, Weding DA, Li M. The Biogeography of C<sub>3</sub> Photosynthesis: Patterns and Controlling Factors. In: Sage RF, Monson RK, editors. C<sub>4</sub> Plant Biology. San Diego: Academic Press; 1999. p. 313-73.
44. Mead DJ. Results of 16 year of study in a Temperate Silvopastoral Experiments with *Pinus radiata* in New Zealand. In: Kellimore R, editor. Handbook on Agroforestry, Management Practices and Environmental Impact. London: Nova Science Publishers; 2010. p. 225–49.