

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE MICROCLIMÁTICO Y DEL TAPIZ
VEGETAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES**

por

Michael Andrés DELGADO DEL PUERTO

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2021**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. (MSc.) Carolina Munka

Ing. Agr. (PhD.) Ana González

Ing. Agr. (MSc.) Adriana Bussoni

Ing. Agr. (MSc.) Mariana Boscana

Fecha: 19 de agosto de 2021

Autor: -----
Michael Andrés Delgado del Puerto

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi familia que ha estado en todo momento a lo largo de la carrera, como también a las profesoras que me han guiado en el transcurso de la tesis; Ing. Agr. (PhD.) Ana González e Ing. Agr. (MSc.) Carolina Munka.

A la Ing. Agr. (MSc.) Adriana Bussoni y el equipo técnico, quienes me hicieron parte del proyecto: recomendaciones para la integración de forestaciones en predios ganaderos y lecheros familiares.

Al Ing. Agr. Andrés González quien me ayudó en la identificación de especies, además al Ing. Agr. Oscar Bentancur por su aporte en el análisis de datos y al señor Juan De Barbieri por su colaboración en las salidas al campo.

A todos ellos, además de las personas que conocí en el transcurso por facultad y durante esta difícil pero linda etapa... Gracias totales!!

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	1
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. SISTEMAS AGROFORESTALES	2
2.2. SISTEMAS SILVOPASTORILES.....	4
2.2.1. <u>Tipos de sistemas silvopastoriles</u>	5
2.2.1.1. Características generales de los principales componentes	8
2.3. INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES	9
2.3.1. <u>Efectos de los árboles sobre las pasturas</u>	9
2.3.2. <u>Interacción árbol – animal</u>	12
2.3.3. <u>Efectos de los tres componentes sobre el suelo</u>	13
2.4. DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE PASTURAS EN FORESTACIÓN.....	14
2.5. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE VARIABLES AMBIENTALES.....	15
2.5.1. <u>Radiación solar</u>	15
2.5.2. <u>Temperatura del aire</u>	15
2.5.3. <u>Efecto protector de las cubiertas forestales</u>	16
2.5.4. <u>Ciclo hidrológico</u>	16
2.6. FORESTACIÓN EN URUGUAY.....	17
2.7. SISTEMAS SILVOPASTORILES EN URUGUAY.....	18
2.8. HIPÓTESIS DEL TRABAJO	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	21
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	21
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO EN ESTUDIO	21
3.3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	22
3.3.1. <u>Diseño experimental</u>	22

3.3.2. <u>Variables medidas</u>	24
3.3.2.1. Cobertura vegetal y riqueza de especies	24
3.3.2.2. Producción de forraje	25
3.3.3. <u>Variables ambientales</u>	26
3.4. PERÍODO EXPERIMENTAL	28
3.5. ANÁLISIS DE DATOS.....	29
3.5.1. <u>Variables en relación al tapiz vegetal</u>	29
3.5.2. <u>Variables ambientales</u>	30
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	32
4.1. TAPIZ VEGETAL.....	32
4.1.1. <u>Riqueza de especies</u>	32
4.1.2. <u>Frecuencia de aparición</u>	32
4.1.2.1. Frecuencia absoluta de especies con mayor presencia.....	34
4.1.3. <u>Porcentaje promedio de área cubierta</u>	36
4.1.3.1. Categorías con mayor porcentaje promedio de área cubierta.....	40
4.1.4. <u>Análisis de laboratorio</u>	40
4.2. VARIABLES AMBIENTALES.....	43
4.2.1. <u>Temperatura en esferas de Vernon</u>	43
4.2.1.1. Frecuencia de días con horas significativas	46
4.2.1.2. Frecuencias de horas significativas	48
4.2.2. <u>Temperatura en el abrigo meteorológico</u>	49
4.2.2.1. Temperatura en el abrigo meteorológico en el período 2017-2018	49
4.2.2.2. Temperatura en el abrigo meteorológico en el período 2018-2019	53
4.2.3. <u>Resultado relación de PAR</u>	56
5. <u>CONCLUSIONES</u>	60
6. <u>RESUMEN</u>	62
7. <u>SUMMARY</u>	63
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	64
9. <u>ANEXOS</u>	77

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Ventajas sistemas agroforestales.....	3
2. Desventajas sistemas agroforestales	3
3. Beneficios y limitaciones de los sistemas silvopastoriles.....	5
4. Interacción árbol - pasturas	9
5. Identificación de las parcelas	23
6. Grupos de especies analizadas	25
7. Registro de transmitancia.....	28
8. Fechas de corte por estaciones y días de acumulación de MS.....	29
9. Frecuencia de aparición de las categorías en las unidades de muestreo	33
10. Frecuencia de especies con mayor presencia dentro de cada grupo en función del tratamiento	35
11. Porcentaje promedio de área cubierta	37
12. Porcentaje promedio de área cubierta interacción fecha por tratamiento	39
13. Categorías con mayor porcentaje de cobertura promedio.....	40
14. Resultados de los análisis de laboratorio	41
15. Efecto tratamiento sobre producción de materia seca, PC y FDA.....	41
16. Producción de materia seca, PC y FDA en las estaciones	42
17. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2017-2018.....	44
18. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2018-2019.....	44
19. Frecuencia mensual de días con horas significativas 2017-2018.....	47
20. Frecuencia mensual de días con horas significativas 2018-2019.....	47
21. Frecuencia acumulada de horas sig. /diaria del período 2017-2018.....	49
22. Frecuencia acumulada de horas sig. /diaria del período 2018-2019.....	49
23. Temperatura promedio máxima mensual por tratamiento período 2017-2018....	50
24. Temperatura promedio mínima mensual por tratamiento período 2017-2018	50
25. Amplitud térmica promedio mensual por tratamiento período 2017-2018.....	51
26. Temperatura promedio máxima mensual por tratamiento período 2018-2019....	54
27. Temperatura promedio mínima mensual por tratamiento período 2018-2019	54
28. Amplitud térmica promedio mensual por tratamiento período 2018-2019.....	55
29. Radiación fotosintéticamente activa promedio en las unidades de muestreo	57
30. Efecto tratamiento sobre relación de PAR.....	58
31. Radiación fotosintéticamente activa promedio para cada tratamiento.....	58

Figura No.

1. Clasificación de los sistemas agroforestales según el tipo de componente	2
2. Distribución de los sistemas silvopastoriles a nivel mundial.....	6
3. Arreglos en sistemas silvopastoriles	7
4. Evolución de la biomasa herbácea en composición y productividad en función del desarrollo del dosel arbóreo	10
5. Predio experimental	22
6. Diseño de la parcela y el lugar donde se ubicaron los cuadrados de muestreo....	23
7. Cuadrado de muestreo.....	25
8. Jaula de exclusión	26
9. Abrigos meteorológicos	27
10. Ceptómetro AccuPAR LP-80.....	28

Gráfico No.

1. Producción promedio diaria de materia seca	43
2. Temperaturas registradas por esferas de Vernon 2017- 2018.....	45
3. Temperaturas registradas por esferas de Vernon 2018-2019.....	46
4. Frecuencia de días con horas significativas y distribución de diferencia de temperatura promedio a nivel mensual durante el período 2017-2018.....	48
5. Frecuencia de días con horas significativas y distribución de diferencia de temperatura promedio a nivel mensual durante el período 2018-2019.....	48
6. Distribución temperatura máxima promedio durante el período 2017-2018.....	52
7. Distribución temperatura mínima promedio durante el período 2017-2018.....	52
8. Distribución amplitud térmica promedio durante el período 2017-2018.....	53
9. Distribución temperatura máxima promedio durante el período 2018-2019.....	55
10. Distribución temperatura mínima promedio durante el período 2018-2019.....	56
11. Distribución amplitud térmica promedio durante el período 2018-2019.....	56

1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario en países en desarrollo, está sometidos a presiones paradójicas; aumentar la producción del país contribuyendo a su desarrollo preservando los recursos naturales. En este contexto es que los sistemas integrados de producción agropecuaria agroforestales, representan una alternativa válida para atender las demandas productivas en forma sustentable (FAO, 2010).

El silvopastoreo es una modalidad de sistema agroforestal que combina la forestación con el pastoreo de los animales y se basa en mantener el equilibrio de la explotación de los recursos naturales por parte de los tres componentes productivos del sistema: árbol, pastura y animal (Peri et al., 2016).

Pese a ser un sistema que permite realizar una producción integrada, manteniendo equilibrado el uso de los recursos naturales, en Uruguay la adopción de sistemas silvopastoriles, por parte de los productores ganaderos, es baja, a pesar de que ha sido promovida por el Programa Ganadero del MGAP (Tamosiunas, 2015). Es por esta razón que el generar información basándose en un sistema arbóreo diseñado con el fin de producir potenciando las interacciones entre sus componentes, puede ser el punto de partida que permita adaptar dicho sistema a la producción ganadera.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la utilidad de los sistemas silvopastoriles como amortiguadores de las condiciones ambientales extremas así como la cantidad y calidad de forraje producido bajo dosel.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterización del ambiente biofísico bajo dosel y en condiciones de cielo abierto.
- Descripción y análisis de la composición florística y producción de forraje bajo dosel y en condiciones de cielo abierto.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales se definen como aquellos que hacen un manejo de la tierra que permite combinar, de forma simultánea o secuencial, en tiempo o espacio distintos componentes sobre la base de un objetivo común (Budowsky 1981, Nair 1989, Almada y Garat 2010). Dichos sistemas permiten realizar una producción diversificada y sostenida, manteniendo la productividad de los recursos naturales.

Según Navas (2016) existen diferentes clasificaciones de los sistemas agroforestales (Figura 1), una de las más aceptadas se basa en los componentes que conforman el sistema. Cuando en el sistema se encuentran presentes plantas leñosas perennes (árboles y arbustos) y cultivos agrícolas, se denomina un sistema agrisilvícola. Si las plantas leñosas interactúan con animales y cultivos forrajeros (pasturas naturales o sembradas) se llama sistemas silvopastoril y cuando están presentes tres componentes en un mismo sistema, es decir, árboles, animales y cultivos agrícolas, se denomina agrosilvopastoril.

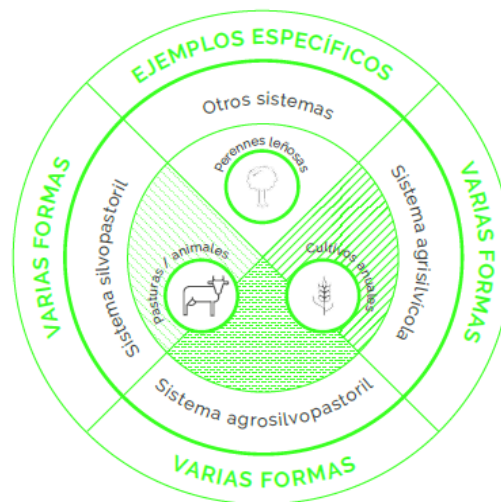


Figura 1. Clasificación de los sistemas agroforestales según el tipo de componente

Fuente: tomado de Navas (2016).

Una de las principales ventajas de la utilización de estos sistemas es aumentar la eficiencia de uso del suelo, al combinar en forma apropiada el pastoreo asociado al componente forestal (Silveira, 2015). 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).

Algunos autores (Budowsky 1981, Beer et al. 1994), ya en forma más específica consideran las siguientes ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales ante una forestación pura (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Ventajas sistemas agroforestales

El manejo y/o ganancias agrícolas reducen o pagan los costos de establecimiento de los árboles.
Hay mejores tasas de sobrevivencia y crecimiento de los árboles.
Se integra al sistema una mayor cantidad de energía solar, al existir un mayor aprovechamiento de la misma por parte de los distintos estratos del sistema.
Hay más disponibilidad de nitrógeno para los árboles, si se combinan con una leguminosa forrajera.
Permite una detección oportuna de plagas y enfermedades forestales durante la etapa de establecimiento, ante una mayor atención al cultivo agrícola.
Disminuye la variación en temperatura ambiente en los espacios cercanos al suelo, en beneficio del componente herbáceo y el ganado.

Cuadro 2. Desventajas sistemas agroforestales

Se establece una competencia entre los componentes del sistema por luz, agua, nutrientes.
Efectos alelopáticos en los árboles por liberación de sustancias químicas de los cultivos.
La cosecha de árboles puede causar daños mecánicos a la vegetación asociada.
Daños a las raíces de los árboles, por ejemplo durante la cosecha de cultivos.
Si los cultivos y árboles son susceptibles a las mismas plagas y patógenos, el asociarlos puede ser perjudicial e inestable.
La competencia por la radiación solar entre los árboles y la vegetación asociada puede afectar la producción de biomasa en términos cualitativos y/o cuantitativos.

Estas prácticas de integración de diversos componentes por medio de los sistemas agroforestales han sido adoptadas por los productores en diversas partes del mundo favoreciendo los ingresos del predio, permitiéndole satisfacer necesidades específicas tanto a corto como a mediano plazo (Gliessman 1989, Montagnini 1992, Burley y Wood 1995, Pereira y Rezende 1996, Silveira 2015).

2.2. SISTEMAS SILVOPASTORILES

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de sistema agroforestal basada en una producción integrada entre una especie leñosa y por lo menos una especie forrajera utilizada por el ganado (Somarriba 1992, Peri et al. 2016).

Peri, citado por Fedrigo et al. (2018) sostiene que cuando estos sistemas son bien planeados y conducidos permiten la ocurrencia de interacciones ecológicas beneficiosas, que quedan demostradas a través del incremento del rendimiento y la eficiencia en el uso de recursos. Cuando se planea un sistema silvopastoril (SSP), la decisión de mayor impacto es la definición de su objetivo productivo, influyendo en la cantidad y tipo de producto forestal, dado que, determina la especie arbórea elegida, densidad de plantación y arreglo espacial, entre otros aspectos (Varella et al. 2016, Fedrigo et al. 2018). Desde el punto de vista técnico se debe considerar que el régimen forestal sea compatible con la producción animal, ya que las características del dosel arbóreo modifican la intensidad de radiación solar e intercepción de las precipitaciones, afectando la cobertura y estructura del sotobosque según Kilinka et al. (1996), Thomas et al. (1999). Desde un punto de vista económico, la integración del rubro ganadero y forestal constituyen una opción muy inteligente a la hora de diversificar la producción, obteniendo ingresos en distintos lapsos de tiempo, y aumentando así la estabilidad económica del establecimiento (Braun et al. 2016, Bussoni et al. 2019). Desde el punto de vista ambiental, investigaciones en países tropicales como Colombia, Nicaragua y Costa Rica han demostrado que los SSP acumulan más carbono en biomasa aérea y en suelos, que las pasturas degradadas (Montagnini et al., 2013). A nivel social Braun et al. (2016) sostienen que los sistemas combinados proporcionan más empleo cuando se compara con los sistemas de producción de carne.

A modo de síntesis en el Cuadro 3, se detallan los principales beneficios y limitantes atribuidos al uso de prácticas silvopastoriles según Torres et al. (1995).

Cuadro 3. Beneficios y limitaciones de los sistemas silvopastoriles

Beneficios de los SSP	Limitaciones de los SSP
Mejora la rentabilidad por hectárea.	Alta densidad de árboles afecta el rendimiento de especies forrajeras.
Brinda protección y sombra para el ganado. Abrigo para ovejas esquiladas y post-parición.	Falta de conocimiento de la oferta estacional de forraje en el sistema que permita mejor manejo ganadero.
Se atenúan los picos de producción de forraje alargando el ciclo del mismo, debido al microclima generado en estos tipos de sistemas.	Falta de técnicos capacitados en el tema.
	Mayor uso de mano de obra especializada, seguimiento y planificación sanitaria muy estricta.

2.2.1. Tipos de sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles se caracterizan por ser sistemas heterogéneos, ya que existen diferentes tipos de diseños y formas en las que se puede integrar la producción forestal y ganadera (Bussoni et al. 2017, Peri et al. 2019, Boscana et al. 2019b). La diversidad de sistemas silvopastoriles abarca desde sistemas con árboles exóticos en Uruguay, a bosques nativos como ocurre en La Pampa en Argentina. En Paraguay colonos de varias escalas manejan bosques exóticos y nativos, mientras que en Brasil, se emplean pequeñas superficies con especies exóticas. En Estados Unidos, se emplean sistemas con pinos nativos así como árboles exóticos por parte de productores experimentados (Frey et al. 2009, Cabbage et al. 2012, Huertas Canén 2019). Muchos de estos países forman parte de una alianza denominada Red Mundial de Sistemas Silvopastoriles (Figura 2), que tiene como objetivo fortalecer y ampliar la incorporación de dichos sistemas en todo el mundo, los cuales según Peri et al. (2019) abarcan un amplio rango de condiciones sociales y ambientales, en ecosistemas tropicales, subtropicales, áridos, semiáridos y templados.

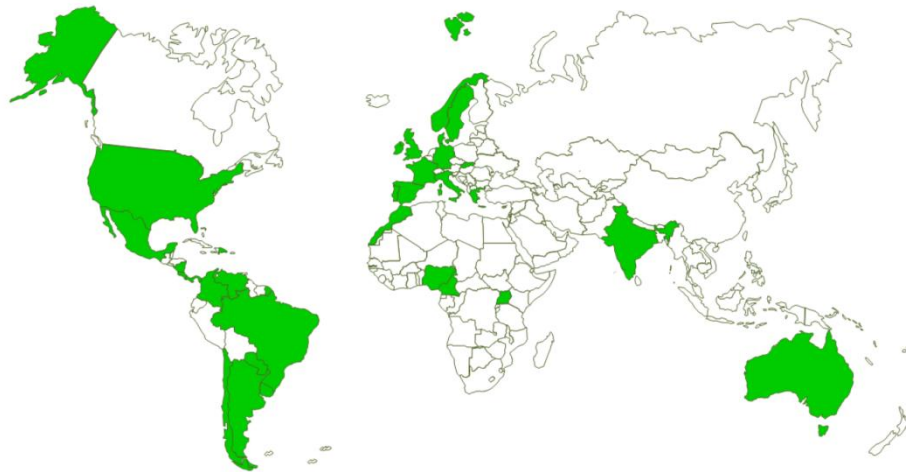


Figura 2. Distribución de los sistemas silvopastoriles a nivel mundial

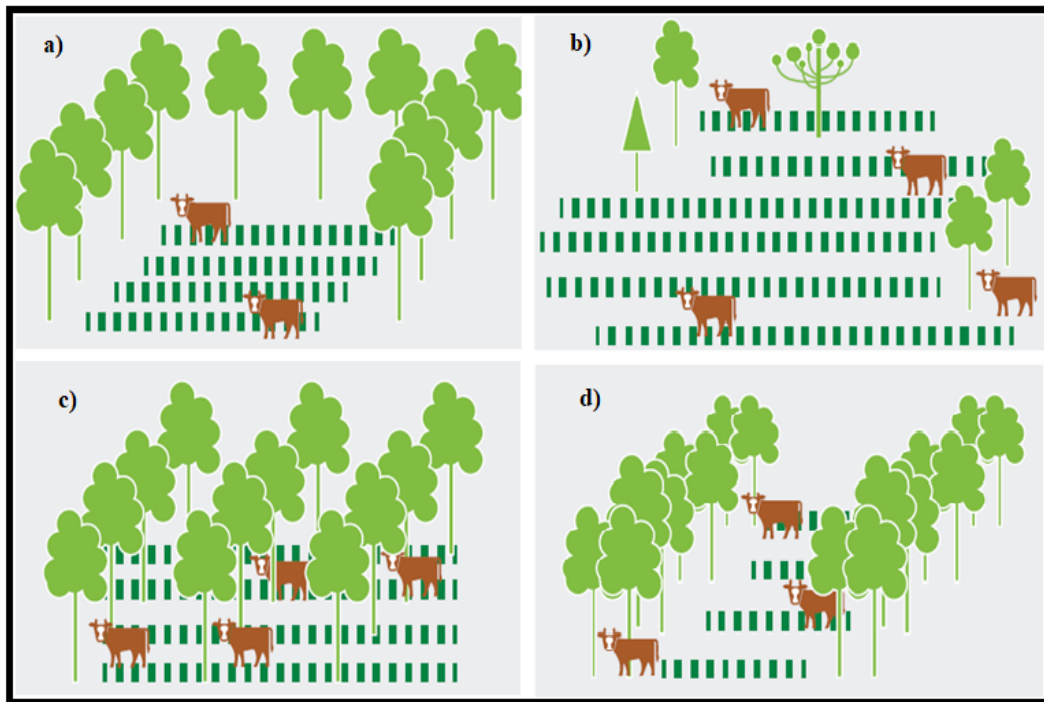
Fuente: Global Network on Silvopastoral Systems (2020).

En el plan de diseño de estos sistemas, se debe considerar el espacio entre árboles, tanto dentro de una fila de plantación como en las entrefilas (Boscana et al., 2019b). Dentro de la diversidad de diseños espaciales en que se puede establecer un SSP se encuentran (Toruño et al., 2015): árboles dispersos en potreros, cercas vivas, el pastoreo bajo plantaciones forestales o frutales, los bancos de proteínas, las cortinas rompeviento, los sistemas silvopastoriles intensivos o con pasturas en callejones, entre otros.

De esta heterogeneidad de diseños Braun et al. (2016) destacan algunos arreglos espaciales que están siendo parte del incremento de sistema silvopastoriles de América del Sur (Figura 3), y que son promovidos por PROGRESA (programa de gestión rural empresarial, sanidad y ambiente) en Centroamérica (Toruño et al., 2015).

- Cercas vivas, se plantan en línea árboles y/o arbustos para dividir cultivos, potreros o linderos entre propiedades. Los árboles sirven de soporte al alambre de púas. Las cercas vivas aportan varios beneficios, entre ellos, madera, leña, frutas y forraje para el ganado. Tienen un rol potencial en la conservación de árboles y de animales silvestres.
- Árboles dispersos en potreros, los árboles se plantan de manera aleatoria en la pastura. También se puede establecer este tipo de sistemas a partir de un sitio en donde ya haya árboles. Con este sistema se mejora la alimentación del ganado, porque además del pasto, los animales consumen hojas y frutos producidos por los árboles. Estos además, brindan sombra para el ganado, leña y madera.

- Hilera simple, los árboles se distribuyen a distancias regulares entre sí con una separación de 5 o 10 m dentro de la hilera y de 10 o 20 m entre hileras. La distancia entre los árboles y entre hileras depende de la especie, las características del dosel, la altura del árbol y la meta productiva principal. Con el fin de contribuir a la producción forrajera, las densidades arbóreas son mucho menores que en los sistemas puramente forestales.
- Doble hilera, se plantan dos hileras de árboles cerca de sí, generalmente en separaciones de 3x2 m o 3x3 m, entre callejones más anchos de 10 a 20 m. Las densidades arbóreas son mayores que en los sistemas de una hilera, y permiten que el pasto reciba luz del sol en los callejones.



a) Cercas vivas. b) Árboles dispersos en potreros. c) Hilera simple. d) Doble hilera.

Figura 3. Arreglos en sistemas silvopastoriles

Fuente: Braun et al. (2016).

Los beneficios que proveen estos sistemas a los animales, tales como: sombra, abrigo y alimentación, contribuyen al bienestar animal, siendo una alternativa válida para la ganadería convencional sostenible en América Latina (Broom et al., 2013). Parte de estos diseños anteriormente mencionados, están siendo incorporados a nivel predial en Uruguay (Boscana et al., 2019b).

2.2.1.1. Características generales de los principales componentes

Los principales componentes del sistema silvopastoril son: el suelo, el pasto, los árboles y el ganado. La intensidad de las interacciones entre los componentes es mayor cuando estos comparten simultáneamente el mismo espacio. Algunos de los beneficios de las interacciones a nivel general, tienen cierto carácter cíclico (Toruño et al., 2015):

- El suelo le ofrece al pasto y a los árboles nutrientes y agua para crecer.
- El pasto y los árboles, por medio de la caída de sus hojas, le devuelven nutrientes al suelo, lo protegen de la erosión provocada por las lluvias y mantienen la humedad. Tanto el pasto como los árboles (especies más de uso forrajero) sirven de alimento para el ganado.
- El árbol brinda sombra al pasto y al ganado, y protege al ganado cuando llueve.
- El ganado, a través de las heces, aporta nutrientes al suelo, que sirven para el crecimiento de los pastos y de los árboles.

Componente arbóreo, al elegir las especies arbóreas, para poder llevar a cabo el arreglo espacial adecuado al objetivo productivo que se haya fijado, se deben tener en cuenta la velocidad de crecimiento, la arquitectura de la copa y las interacciones con el resto de los componentes por ejemplo: transmitancia de radiación, efectos alelopáticos, entre otros (Fedrigo et al., 2018). Dentro de las especies adecuadas para los sistemas silvopastoriles debido a la arquitectura del dosel se encuentran muchas variedades de eucaliptus, como *Eucalyptus grandis x urophylla*, *E. dunnii*, *E. globulus spp. globulus*, pinos, tales como *Pinus taeda* y *P. elliottii*, *Araucaria angustifolia*, *Corymbia maculata* y especies de uso forrajero como *Leucaena leucocephala*, *Morus alba* y *Sambucus peruviana* (Calle et al. 2012, Braun et al. 2016, Peri et al. 2019).

Componente pastoril, al elegir las variedades de hierbas aptas para los sistemas silvopastoriles, se debe tener en cuenta tanto la tolerancia al sombreado, como su valor nutricional. A nivel regional, trabajos en Paraguay con especies de pastos mejorados como: *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Axonopus catharinensis* y especies nativas como *Axonopus compressus*, han obtenido muy buenos resultados (Braun et al., 2016).

Componente animal, el ambiente climático es un factor que afecta el bienestar animal y la eficiencia de producción de carne y leche (Renaudeau et al., 2012). Por lo que la tasa metabólica y la tolerancia al calor son variables a tener en cuenta a la hora de realizar la selección, dado que las pérdidas productivas debido al estrés calórico son relevantes para el área tropical y templada (Renaudeau et al., 2012). Hansen (2004) destaca que las razas de *Bos indicus* son más resistente al calor que las razas taurinas de *Bos taurus*, por su menor tasa metabólica, mayor capacidad de eliminar el calor y la presencia de genes que le

confieren mayor tolerancia a las altas temperaturas. Sin embargo Braun et al. (2016) mencionan para América del Sur, buenas experiencias con razas de ganado europeo (*Bos taurus*), que aunque son menos resistentes al estrés por calor, son más productivas y se adaptan mejor cuando tienen sombreado, así como también con la raza brahman, mezcla de cebú indio y razas americanas. Dentro del sistema además se puede realizar pastoreo con ovinos, caprinos y mixtos, dependiendo de las condiciones ambientales y características productivas (Peri et al., 2019). Con respecto al manejo de pastoreo, los productores deben adaptar la carga animal para mantener una buena pastura, evitando compactación del suelo y erosión. Es por ello, que Braun et al. (2016) recomiendan realizar pastoreo rotatorio con una secuencia planificada y ajustarse a las condiciones de crecimiento de las pasturas.

El tener en cuenta todas estas interrelaciones a la hora de realizar un manejo, hace a estos sistemas más complejos, y es necesario contar con conocimientos técnicos que permitan explotar la sinergia de los componentes en base al uso equilibrado de los recursos naturales (Braun et al. 2016, Peri et al. 2016, Fedrigo et al. 2018).

2.3. INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES

Según Toruño et al. (2015) se denomina interacción a la influencia de un componente sobre el desempeño de los otros componentes del mismo sistema. Como ya se ha mencionado, un sistema silvopastoril se encuentra conformado por 3 componentes: árboles, pasturas y animales, que además interactúan con el suelo. Al ser un tipo de producción en donde la sinergia de los componentes afecta el rendimiento, es importante conocer las interacciones o efectos que genera cada componente sobre los demás.

2.3.1. Efectos de los árboles sobre las pasturas

Cuando las leñosas perennes y las especies herbáceas comparten el mismo terreno, pueden presentarse entre ellas relaciones de interferencia y de facilitación (Pezo e Ibrahim, 1999).

Cuadro 4. Interacción árbol - pasturas

Interferencia	Facilitación
Competencia por radiación solar	Fijación de nutrientes
Competencia por agua	Transferencia de nutrientes
Competencia por nutrientes	Protección contra el viento
Relaciones alelopáticas	

Fuente: adaptado de Pezo e Ibrahim (1999).

La magnitud de las interacciones entre leñosas perennes y pasturas, es función de la disponibilidad de factores de crecimiento (luz, agua, nutrientes), y de los requerimientos específicos que dependen de las características arbóreas antes mencionadas, de la densidad

de plantación y de los manejos silvícolas como podas y raleos (Pezo e Ibrahim 1999, Callero 2008, Bussoni et al. 2019).

A medida que los árboles crecen, tienden a cerrar las copas interfiriendo el paso de la radiación solar y atenuando la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que llega al sotobosque (Fassola et al. 2005, Leblanc et al. 2005, González Torres 2008, Hernández et al. 2009, Silveira 2015). El efecto sombreado, crea un nuevo microclima, lo cual afecta la productividad y composición botánica de la pastura, pasando de la abundancia de gramíneas a la dominancia de especies de hoja ancha como se observa en la Figura 4 (Fernández et al. s.f., Somarriba 1997).

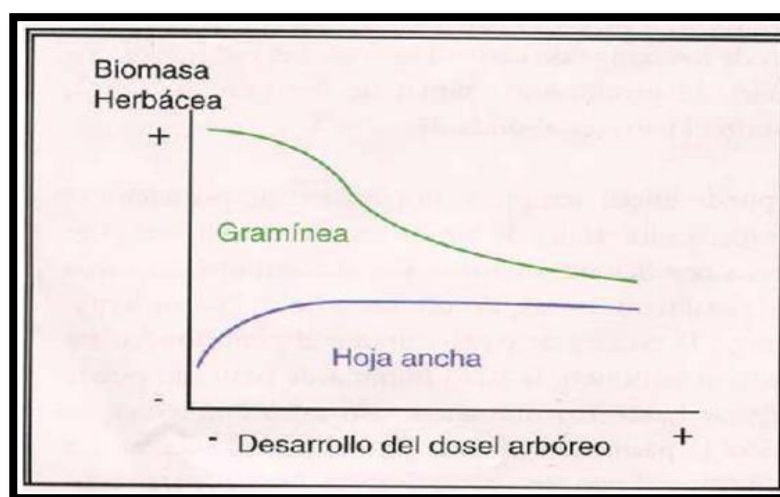


Figura 4. Evolución de la biomasa herbácea en composición y productividad en función del desarrollo del dosel arbóreo

Fuente: tomado de Somarriba (1997).

Según Lambers (1998), Geremia et al. (2018), se han reportado dos tipos de respuesta de las plantas al sombreado: la aclimatación a la sombra, mediante modificaciones de la respuesta fotosintética a la luz, por un aumento del contenido de clorofila b, y la disminución del sombreado, aumentando la relación hoja/tallo y parte aérea/raíz. Como consecuencia de estas respuestas del sotobosque, el área foliar y la eficiencia fotosintética aumentan, lo que mejora la calidad del forraje producido en condiciones de sombreado intermedias (Gil et al., 2005).

Zelada, citado por Pezo e Ibrahim (1999), reporta una influencia positiva en la evolución del tapiz vegetal bajo monte hacia especies de mayor calidad, verificando aumentos en los contenidos de proteína cruda y disminución en los carbohidratos solubles, a medida que aumenta la interferencia del paso de la luz solar, según el espaciamiento de los árboles. Sin embargo, algunas modificaciones en la distribución de la biomasa antes

mencionadas como el aumento de la relación hoja/tallo, y del número de macollos, pueden impactar en una menor resistencia a la defoliación (Del Giorgio et al., 2019).

Neme y Terzieff (2002), concluyen que la productividad de las pasturas naturales no se ve disminuida por el componente arbóreo, bajo plantaciones de *E. globulus* entre 1 a 4 años de edad, marco de plantación de 3 a 4 x 2 m, ubicadas en Cerro Colorado, Florida, Uruguay, con respecto al promedio encontrado para la zona.

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. En términos generales el sombreado tiene un efecto más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras C4 (gramíneas tropicales) con relación al tipo C3 (gramíneas, clima templado y leguminosas) según Mora (s.f.). Esto se debe a que las especies con rutas metabólicas C3, tienen destacada capacidad de aclimatación a sombra moderada. Este grupo de plantas mantienen relativamente estable la tasa fotosintética con reducción de un 50% de radiación solar (Sharrow, 1999, Fedrigo et al. 2018). Estudios realizados con niveles crecientes de sombreado sugieren que especies exóticas (*Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea*) y nativas (*Bromus sp.*) presentan buena productividad y persistencia en sistemas silvopastoriles (Varella et al., 2012). En cuanto, a las leguminosas forrajeras Almada y Garat (2010) señalan que la productividad de diferentes especies (*Trifolium sp.*, *Lotus sp.*) bajo la sombra de *Eucalyptus globulus*, no presentaron diferencias significativas. El rodal tenía 5 años de edad, con marco de plantación 4 m x 1,8 m y se encontraba instalado en Canelones, Uruguay.

Las especies con ruta metabólica C4 presentan mayores tasas fotosintéticas debido a la presencia de un complejo sistema de especialización (anatomía Kranz) que mejora la asimilación de carbono en situaciones de alta radiación y temperatura. Esta característica tiene alto costo metabólico, y le brinda menor plasticidad fenotípica para adaptarse a ambientes con restricción lumínica (Furbank et al. 1990, Sage y McKown 2006). A pesar de ello, las especies C4 han sido recomendadas para ambientes con sombra moderada, permitiendo complementar el ciclo productivo de las especies invernales y consecuentemente mejorar la estabilidad forrajera anual (Del Giorgio et al., 2019). Especies nativas C4 como *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* demostraron tener buena tolerancia a la sombra moderada (Barro et al., 2012). Mientras que en un ensayo realizado en Uruguay, en donde se evaluaron dos especies C4 con potencial forrajero: *Paspalum dilatatum* y *P. umbrosum*, bajo efectos de sombreado en plantaciones de *Eucalyptus dunnii*, se llegó a la conclusión que la especie forrajera *P. umbrosum* demostró un comportamiento más homogéneo entre los tratamientos (interior del monte, borde de monte y sol pleno), demostrando ser promisorio para su uso en sistemas silvopastoriles (Del Giorgio et al., 2019). En lo que se refiere a la pastura natural y el monte existen muy pocos estudios que caracterice la vegetación del sotobosque y las áreas no plantadas, requiriendo de la misma para sustentar el desarrollo de futuros SSP (Silveira et al., 2018).

2.3.2. Interacción árbol – animal

Las interacciones más importantes que se dan entre estos dos componentes operan directamente por cambios microclimáticos e indirectamente al modificar la capacidad de carga del pasto (Almada y Garat, 2010).

El estrés por variación en los factores meteorológicos, es una amenaza que compromete la homeostasis del ganado. Cuando el animal se encuentra en esta situación usa mecanismos de termorregulación, que es el balance entre los mecanismos de producción y pérdida de calor. Cuando la temperatura ambiente se encuentra por encima de la zona de termoneutralidad en un período sostenido en el tiempo, aumenta el nivel de estrés para los animales, lo que reduce su producción y eficiencia reproductiva (Pantoja et al., 2017). Mientras que cuando la temperatura ambiente se encuentra por debajo de la zona de termoneutralidad, el animal tiene que sacrificar energía que podría ser usada en procesos productivos para destinarla a mantener la temperatura corporal y contrarrestar el frío (Acevedo e Ibarburu, 2011). Según Toruño et al. (2015), debajo de la copa de los árboles la temperatura ambiental es 1,5 a 3 grados menor que la temperatura en las áreas descubiertas, creando un ambiente favorable para el ganado.

La mejora en el confort térmico, le permite a los animales destinar un mayor porcentaje del tiempo al pastoreo y rumia (Geremia, 2016). Basándose en esto Simeone et al. (2010), sostienen que vaquillonas que tuvieron acceso a áreas no forestadas de cortafuegos y zonas de bajos en épocas estivales, registraron ganancia de peso mayor en comparación a vaquillonas sin acceso (0,772 vs. $0,514 \pm 0,022$ kg/día). Algo similar ocurrió en un trabajo realizado por Beretta et al. (2013) donde novillos que fueron trasladados a un área con sombra y agua durante las horas de mayor radiación solar, tuvieron una tasa de ganancia de peso 14% superior a los que permanecieron en la pastura sin sombra. Por esta razón, según Fedrigo et al. (2018) la introducción de árboles, podría ser una estrategia para mitigar el estrés por calor en los rumiantes.

En cuanto al efecto de los animales sobre los árboles, cuando estos se encuentran en sus estadios juveniles, pueden sufrir daños físicos directos como: el ramoneo, pisoteo, descortezado, quebrado, lo cual puede resultar eventualmente en la pérdida de plantas (Acevedo e Ibarburu, 2011, Amaya García y Rivas de los Santos 2012). Es por eso que Braun et al. (2016) recomiendan que el ganado sea introducido al sistema, una vez que los árboles son lo suficientemente fuertes como para resistir el peso de los animales, es decir, entre 6 meses y 4 años después de que se hayan plantado. La selección de la especie y categoría animal o el tipo de producción ganadera permiten manejar los niveles de daño directo (Somarriba, 1997).

Según Gil et al. (2005) la actividad ganadera también actúa como medio de prevención de incendios, debido a que con el pastoreo, disminuye el material combustible

como malezas, restos de podas, y se mantiene controlado el sotobosque, por lo que se reducen costos de control y se facilita la accesibilidad al potrero.

2.3.3. Efectos de los tres componentes sobre el suelo

Con respecto a los nutrientes, la presencia de leñosas perennes puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, favoreciendo el desarrollo del estrato herbáceo. Algunos de los mecanismos más importantes son: fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, la mejora en la eficiencia de uso de los nutrientes, el mantenimiento de la materia orgánica y el control de la erosión (Stur y Shelton 1991, Reynolds 1995). Las raíces de los árboles, mejoran la estructura del suelo promoviendo la formación de agregados y rompiendo las capas endurecidas; además cuando mueren dejan canales que facilitan la aireación e infiltración de agua (Budowsky, 1981).

Con relación al balance de nutrientes, trabajos realizados en Uruguay en plantaciones comerciales de *Eucalyptus sp.* de 10 años de edad, han constatado disminución del pH, aumento de la acidez intercambiable (Al+3) y disminución en el contenido de bases Ca, Mg y K de los suelos, debido al cambio de uso de la tierra de pastoril a forestal (Pérez Bidegain et al., citados por Fedrigo et al., 2018). Sin embargo, si se plantan en sitios desforestados o degradados, se transforman en mejoradores de las condiciones del suelo, ya que rompen las capas del suelo relativamente impermeables y extraen nutrientes a mayor profundidad (Nair, citado por Almada y Garat, 2010). Belsky (1992) efectuó una investigación en la que comprobó el efecto de dos especies de árboles sobre la calidad nutricional de gramíneas forrajeras en sotobosque. Ambas especies no afectaron la calidad del forraje, pero sí se incrementaron los contenidos de N, K, P, Ca, y Cu de las pasturas, al pasar de la pradera abierta a la zona bajo la sombra de los árboles.

Por otra parte, la presencia de un mantillo sobre la superficie de suelo (horizonte O del suelo bajo plantaciones forestales) contribuye al secuestro de carbono en un compartimento del sistema suelo-planta (Hernández et al., 2009). Trabajos realizados en Colombia para medir el reciclaje de nutrientes en pasturas de *Cynodon lenfluensis* en monocultivo, y asociadas con especies de árboles de leguminosas (*Erithrina poeppigiana*) y de otras familias (*Cordia alliodora*, Boraginaceae), mostraron que en las pasturas asociadas con árboles hubo aportes de nitrógeno, fósforo y potasio al suelo mediante podas, siendo mayores los aportes de la especie leguminosa, evidenciándose incrementos en la producción de pasto (Navas, 2007), cosa que no sucedió en ausencia de árboles.

En estos sistemas integrados, las alteraciones en el suelo no son provocadas exclusivamente por los árboles (Fedrigo et al., 2018). La presencia de animales, contribuye a la introducción de nuevas vías de flujos de nutrientes y agua, siendo el suelo el compartimento mediador de los procesos (Anghinoni et al., 2013). Por medio de la producción de heces y orina, el animal aumenta la actividad biológica del suelo y el reciclaje de nutrientes (Dubeux et al., 2007).

2.4. DIVERSIDAD Y RIQUEZA DE PASTURAS EN FORESTACIÓN

La dinámica de las comunidades herbáceas nativas bajo rodales será en función de la composición de especies de la comunidad original, así como también del banco de semillas, además de la densidad y velocidad de crecimiento de la especie arbórea elegida (Pillar et al. 2002, Silveira et al. 2018). El campo natural integrado al componente arbóreo presenta modificaciones estructurales, taxonómicas y químicas. El incremento del nivel de sombreado se asocia a una disminución de la relación C4:C3, del número de familias, géneros y especies botánicas (Silveira, 2015). Siguiendo por esta línea Rivas et al. (2014) evaluaron la diversidad vegetal del campo natural en el palmar de Castillos (Rocha, Uruguay) en dos situaciones: con palmas y sin palmas, concluyendo que las diferencias en composición florística se atribuyen a condiciones de sombreado y mayor humedad del suelo.

Estudios que se realizaron en la región de la Patagonia Argentina sugieren que es necesario mantener una cobertura arbórea igual o inferior al 50% del área para permitir un adecuado desarrollo de las especies que componen al campo natural (Caballé et al., 2016). En este mismo sentido, Barro et al. (2012) citan que algunas especies de gramíneas estivales presentan buena producción de biomasa con niveles de 40 a 60% de luz solar, siendo igual o superior a la producción bajo luz solar plena. Algo similar, afirman Silveira et al. (2018) quienes realizaron un estudio de la vegetación bajo rodales de diferentes especies arbóreas en tres localidades de Uruguay, evaluando la riqueza y diversidad de especies en el sotobosque. En este estudio fueron relevadas 172 especies, llegando a la conclusión de que los mayores valores en el número de familias, géneros y especies se asociaron a ambientes más lumínicos. Además el mismo autor sostiene que las orientaciones de las hileras en los rodales de *E. grandis* y *P. taeda*, condicionaron el número de familias, géneros y especies presentes en el sotobosque.

Bueno Larroque et al. (2019) determinaron además que la calidad de especies forrajeras nativas de un sistema silvopastoril es mayor para las estaciones de invierno y verano que en el campo natural en la zona centro del Uruguay.

2.5. EFECTO DE LOS ÁRBOLES SOBRE VARIABLES AMBIENTALES

La presencia de la cobertura arbórea genera cambios en la radiación solar, la temperatura, el viento y el ciclo hidrológico, además de otras variables (Fedrigo et al., 2018).

2.5.1. Radiación solar

La radiación solar constituye un recurso crítico para la sustentabilidad productiva del sotobosque (Benítez et al., 2019). La radiación de mayor calidad, se encuentra constituida por longitudes de onda de alta efectividad fotosintética (fracción rojo y azul), que es absorbida mayormente por el componente arbóreo, y los espectros luminosos de calidad inferior son los que llegan al estrato herbáceo (Feldhake y Belesky, 2009). El manejo de la luminosidad es considerado el principal factor responsable de la producción equilibrada y complementaria de los componentes de los sistemas silvopastoriles (Fedrigo et al., 2018). Bustamante et al. (2019) evaluaron en Tierra del Fuego, Argentina el efecto de la presencia de arbustos de calafate en bosques degradados, sobre las condiciones microclimáticas (ejemplo, mitigación de heladas, menor radiación solar) para el desarrollo de la vegetación, comparado con las condiciones climáticas fuera de copa. Obtuvieron que los valores de radiación fotosintéticamente activa (PAR) y temperatura del suelo fueron menores bajo la copa de los arbustos y que las condiciones microclimáticas podrían mejorar el hábitat, estimulando la dinámica de plantas leñosas (sucesión secundaria) y la recuperación del bosque. La luminosidad puede ser modificada utilizando distintos marcos de plantación, modificando el IAF (índice de área foliar) con la realización de podas y el espaciado de los árboles mediante raleos (Sotomayor y Teuber, 2011). El uso de modelos de simulación de sombras permite auxiliar la toma de decisiones en la planificación y manejo posterior del componente forestal de los sistemas silvopastoriles (Benítez, 2019).

2.5.2. Temperatura del aire

Con respecto a la temperatura las cubiertas vegetales generan una menor amplitud de variación térmica en el aire y el suelo (Fedrigo et al., 2018). Para registrar los efectos combinados de la radiación con la temperatura del aire y velocidad del viento, se utilizan diversos instrumentos entre ellos, el globo negro (Bond y Kelly, 1955). Munka et al. (2017) registraron que los globos negros expuestos al sol en campo abierto registraron temperaturas superiores en un rango de 6 °C a 9 °C respecto a los que permanecieron bajo los montes, la magnitud de la diferencia dependía de la densidad de plantación (626 árb./ha vs. 1189 árb./ha). Los cambios en el microclima inducido por los árboles, redundaron en un mayor confort térmico animal en un estudio realizado en la región tropical (Macedo Pezzopane et al., 2019). Wolff (2019) concluye que la conservación de las franjas de bosques en áreas pastoriles, contribuye al bienestar animal proporcionándoles un mayor confort, reflejado en la disminución de la frecuencia respiratoria de los animales. En Uruguay, Huertas Canén (2019) midió el bienestar ganadero a través de indicadores basados en el animal en sistemas silvopastoriles y en pasturas naturales extensivas, registrando que el peso corporal fue

adecuado y homogéneo. Además reportó que los animales en SSP durante el verano permanecían pastando por más tiempo, lo que explica el buen desempeño del ganado aun frente a la disminución de la superficie de pastoreo debido a la presencia de árboles. Destacó también el efecto del microclima como promotor en el crecimiento de pasturas de alto valor nutricional.

2.5.3. Efecto protector de las cubiertas forestales

En cuanto a la protección contra el viento, las cubiertas forestales modifican la velocidad del viento, disminuyéndolo hasta 46% en densidades altas de rodales en los primeros metros del nivel del suelo (Pezzopane et al., 2015). Munka et al. (2019) evaluaron el efecto de una forestación (cortina *Eucalyptus dunnii*, de 9 años de edad) en las condiciones meteorológicas relacionadas con estrés térmico por frío en animales en pastoreo, registrando a barlovento 8/52 días con riesgo leve de estrés por frío mediante el Índice Climático Integral, mientras que en la zona protegida no se identificaron días con estrés térmico. Además en los días con estrés térmico la velocidad del viento a sotavento se redujo un 66,8% \pm 7,86. El efecto protector de las cortinas rompevientos no solo se manifiesta en mejoras en la productividad, sino también en la sobrevivencia de los animales (sobre todo los jóvenes) al disminuir la incidencia de neumonías (Acevedo e Ibarburu, 2011).

La zona de protección de cortinas de abrigo puede cubrir una distancia de hasta 30 veces la altura del bosque (Fedrigo et al., 2018). Además de protección contra el viento por parte de las cubiertas forestales, también se registra que el efecto de las heladas sobre las pasturas es mucho más acentuado en el campo abierto que bajo un rodal de árboles (Pezo e Ibrahim, 1999, Polla 2000, Fassola et al. 2005). Mientras que en el período estival, esta menor velocidad del viento permite una disminución de hasta 20% de la tasa de evapotranspiración, lo que permite disminuir los efectos de estrés por sequía (Fedrigo et al., 2018).

2.5.4. Ciclo hidrológico

La competencia por agua entre las plantaciones forestales y las pasturas, mayoritariamente se da en la etapa de introducción del componente arbóreo, ya que puede ocurrir que los pastos sean más eficientes en la captación del agua y/o nutrientes en el suelo superficial que los árboles juveniles, pudiéndose ver retardado el crecimiento de estos últimos (Fernández et al., s.f.). Durante los primeros años de crecimiento de los árboles, no se ve afectado el crecimiento de los pastos y se optimiza el aprovechamiento del agua del suelo, debido a que el desarrollo radicular del componente arbóreo puede acceder a recursos hídricos profundos, aumentando la eficiencia del agua disponible y la productividad por unidad de superficie con respecto a un pastizal puro (Fernández et al., s.f.). A medida que los árboles crecen aumentan la intercepción de agua de lluvia, provocando una mayor infiltración y retención de agua en el suelo. Además, reducen la evapotranspiración de las

plantas del estrato bajo, como resultado del sombreado (Nair, citado por Almada y Garat, 2010).

La mayor disponibilidad de humedad en presencia de los árboles permite prolongar el período de crecimiento del forraje, manteniéndose el pasto verde por más tiempo en relación con las áreas abiertas sin sombra (Almada y Garat, 2010). Al mismo tiempo las plantaciones reducen la velocidad de escorrentía en eventos climáticos extremos y consecuentemente la erosión (Von Stackelberg et al., 2007). Como resultado del menor escurrimiento y la infiltración de las microcuencas hidrográficas con cubierta forestal, se produce agua de mejor calidad (Stadmuller, 1994). Sin embargo, una síntesis de 26 estudios realizados en distintas cuencas alrededor del mundo, indica una reducción del 39% en el volumen de agua disponible (un promedio de 167 mm/año) en presencia de árboles, siendo mayor el efecto con *Eucalyptus sp.* que con *Pinus sp.* (Farley et al., 2005).

2.6. FORESTACIÓN EN URUGUAY

Uruguay es un país esencialmente agropecuario. Dentro de este contexto la ganadería ocupa 82% de la superficie, siendo conformada por 12,1 millones de cabezas (MGAP 2015, Pattarino 2020). El 79% de la ganadería se desarrolla en campo natural, que representa el 64% del uso del suelo a nivel nacional (MGAP, 2015). Según Polla (1998), dadas las privilegiadas características del suelo, clima y topografía del país, el 88% del territorio es apto para las actividades agrícolas, ganaderas y forestales.

El sector forestal ha crecido rápidamente, estimulado por políticas que buscaron impulsarlo, y que generaron fuertes inversiones nacionales y extranjeras. Durante el desarrollo de la forestación en Uruguay según Boscana y Varela (2011), se pueden diferenciar dos etapas. La primera es a partir de la aprobación de la primera ley forestal No. 13.723 (de 16/12/68) con la instalación de extensas plantaciones forestales que modificaron la orientación productiva. Comienza a desarrollarse el rubro con la creación de la segunda ley forestal No. 15.939 (aprobada el 28/12/1987), se consolida el sector. Esta segunda ley define los sitios favorables para el desarrollo de especies forestales según el suelo, clima y topografía, dándole una mayor importancia comparativa a distintas especies: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti*. Además promueve un paquete de incentivos crediticios, exoneraciones fiscales y subsidios (Ravera 2002, Almada y Garat 2010, Acevedo e Ibarburu 2011, Boscana y Varela 2011). La segunda etapa, que transcurre en los 20 años siguientes a la segunda ley forestal, se caracteriza por la maduración de las plantaciones forestales, e instalación de diferentes industrias en el sector (plantas de aserrado, celulosa, chipeadoras, debobinados, entre otras). Las inversiones también se destinaron a aumentar la capacidad logística en puertos, transportes y sistemas de cosecha (Vasallo, 2011).

El efecto de las políticas forestales, se refleja en la evolución del área forestal en Uruguay. En 1989 cerca de 0,6 millones de hectáreas estaban destinadas a la forestación,

mientras que en la actualidad los bosques plantados en el Uruguay según la cartografía forestal nacional 2018, ocupan una superficie efectiva de 1.000.190 hectáreas, representando un 6% del área total nacional. *Eucalyptus grandis* es la especie que ocupa mayor superficie con 235.620 hectáreas, representando un 27% de la superficie plantada. *Eucalyptus dunnii*, se encuentra en segundo lugar con 191.035 hectáreas (22% de la superficie con bosque plantado). Con relación al pino, el total del área dedicada a la plantación de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*, es de 180.019 hectáreas efectivas, siendo un 21% de la superficie de bosque plantado (MGAP. DGF, 2018). La superficie de bosque nativo es de 835 mil hectáreas ocupando un 5% del área total nacional. En total la superficie de bosque, incluyendo la concentración de palmares (16.224 has) es de 1.851.763 hectáreas, lo que corresponde a un 10,57% del área total nacional (MGAP. DGF, 2018).

Este aumento en la superficie de bosque, se ve reflejado en la evolución de producción de madera por parte del sector. En el año 2000, la extracción de madera en rollo era menos de 4 millones de m³, actualmente se extraen 16,9 millones de m³ (Boscana y Boragno, 2019a). Del total de madera extraída del campo, 10.197.000 m³ tienen destino pulpable (rolliza y chips), mientras que para aserrío, tableros y chapas se están destinando 4.176.000 m³; además se extraen 2.566.000 m³ de madera para combustible. A nivel de industria los principales productos son celulosa, madera aserrada y tableros, siendo sus destinos principales de exportación más de 70 países distribuidos en todos los continentes, destacándose China, Estados Unidos, Reino Unido y Holanda (Boscana y Boragno, 2019a).

2.7. SISTEMAS SILVOPASTORILES EN URUGUAY

Diferentes técnicos sostienen que las producciones integradas podrían ser biológicamente más productivos, rentables y sustentables (Acosta y Pastorini, 2010). En Uruguay, las plantaciones forestales se utilizan desde mediados del siglo XIX con el objetivo de proteger los cascotes de las estancias y al ganado, proporcionado además leña y madera para las construcciones rurales (Arrarte, 2000).

El desarrollo de la agroforestación, se viene dando en forma íntimamente relacionada con el desarrollo forestal y viene creciendo casi a su mismo ritmo. La Política Forestal y la Ley Forestal, abarca también la producción agroforestal y en especial al silvopastoreo, estimulando en forma indirecta la diversificación de la producción a nivel predial (Polla, 1998). Los sistemas silvopastoriles que se encuentran en Uruguay varían de acuerdo al objetivo productivo. En caso de que el interés sea producir madera con buenos diámetros para aserrío o debobinado, es necesario utilizar un marco de plantación espaciado, mientras que si la finalidad es producir madera para leña o pulpa, se pueden utilizar arreglos más densos para conseguir un mayor número de árboles y volumen de madera en menor tiempo (Da Silva et al., 2010). Los suelos de mayor aptitud forestal se sitúan en zonas de ganadería de cría con baja productividad natural (Bussoni et al., 2019). Sin embargo, la forestación se ha ido integrando a la producción ganadera aportando superficie de pastoreo en sistemas silvopastoriles (Tommasino, 2010).

El pastoreo de ganado en montes de eucalipto y pino, se ha vuelto una práctica comúnmente realizada en la mayoría de los campos forestados (Cubbage et al., 2012), ya que el cultivo forestal según Costa et al. (2010) ocupa en forma efectiva un área que varía entre el 50 y 75% de la superficie, lo que genera una oferta natural de forraje. Las empresas forestales realizan contratos de pastoreo de sus plantaciones con productores locales, que manejan el ganado en una dotación de 0.4-0.5 UG/ha. En esta relación se beneficia la empresa forestal, que recibe ingresos por renta, disminuyendo también el riesgo de incendios y los productores ganaderos que utilizan el forraje para consumo animal (Cubbage et al., 2012).

Uruguay es un país que depende de la calidad y disponibilidad de sus recursos naturales para la generación de valor económico (Bussoni et al., 2019), donde el auge de la producción forestal industrial se presenta como oportunidad, para que los productores ganaderos puedan integrarse a la cadena forestal liderada por las grandes industrias (Bussoni et al., 2019). A pesar de ello, la adopción de sistemas silvopastoriles explícitamente planeados, que promuevan la sinergia de sus componentes, es baja en Uruguay, aunque fuese promovida por el Programa Ganadero del MGAP (Tamosiunas, 2015).

Según Varela et al. (2017) las principales barreras que inciden en la adopción de esta práctica por los productores sin experiencia previa con SSP son: reducción de la superficie disponible para pastoreo lo que afecta la carga animal, dificultades para el manejo de los rodeos bajo monte, falta de experiencia en el rubro forestal, modificación del paisaje por la presencia de masas forestales, aumento de costos y horas de trabajo sin beneficios inmediatos. Los productores que sí tienen experiencia silvopastoril, forestan por estar convencidos de los beneficios para el ganado. Varios estudios demuestran que la inclusión de especies leñosas en un sistema ganadero es una alternativa sostenible para explotaciones de pequeña escala con beneficios productivos, económicos y sociales (Rovira y Velazco 2007, Aguirre y Garret 2008, Lapetina 2008).

Según Tamosiunas (2015) para incrementar la adopción forestal es fundamental el desarrollo de planes de gestión integral junto con los productores, para que estos identifiquen a los árboles como un rubro con potencial, en el que pueden generar ingresos para la unidad de producción, viabilizando económicamente la producción silvopastoril en pequeña escala. Además con respecto a la incertidumbre en los resultados productivos, se comenzaron a adoptar medidas como el desarrollo de un modelo simulador, que permite responder interrogantes productivas por el uso combinado de los tres componentes, construyendo diferentes escenarios que se adecuen a los objetivos productivos tanto ganaderos como forestales (Varela et al., 2017).

Con respecto al nivel de estudio que se tiene de los sistemas silvopastoriles Frey et al. (2009) resaltan que en Uruguay si bien se han realizado estudios de la producción forestal, ganadera y forrajera, faltan estudios en combinación. Algo que también resaltan Fedrigo et

al. (2018), quienes afirman que la mayoría de los sistemas silvopastoriles que existen en Uruguay y en los cuales se ha generado información científica, no fueron diseñados para explotar la sinergia entre sus componentes. Dicho autor resalta que una visión integradora, permitirá mejorar el uso de los recursos naturales, la sustentabilidad y el ingreso económico de los sistemas silvopastoriles existentes.

En cuanto a pasturas se destaca que, si bien se han realizado estudios de pasturas nativas en condiciones extensivas y a pleno sol, tanto a nivel nacional como regional, existe muy poca información sobre el comportamiento de dichas pasturas en condiciones de sombra (Silveira 2015, Silveira et al. 2018).

2.8. HIPÓTESIS DEL TRABAJO

- Las condiciones de radiación incidente y amplitud térmica disminuyen en ambientes bajo el dosel de los árboles respecto a campo natural, regulando las temperaturas extremas en estaciones estivales.
- La composición florística y producción de materia seca bajo dosel varía, en relación al campo natural favoreciendo el crecimiento de especies C3 en relación a las C4.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

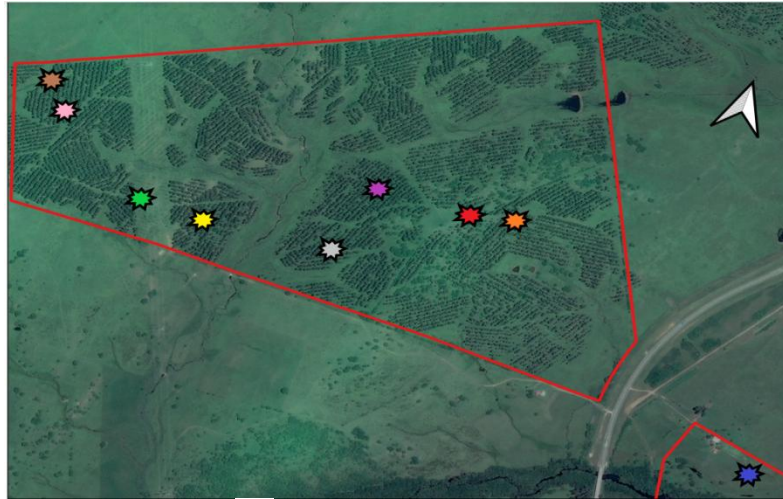
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El estudio fue realizado en un establecimiento ubicado sobre la ruta No. 8 cerca del kilómetro 174, paraje Marmarajá en el Departamento de Llavalleja con coordenadas centrales 54°49' W, 34°06' S. La región posee una temperatura promedio de 16,5 °C y una precipitación media anual de 1200 mm (INUMET, 2021).

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PREDIO EN ESTUDIO

El establecimiento ganadero en donde se llevó a cabo el ensayo cuenta con 576 has de las cuales, 220 constituyen la superficie efectiva forestada compuesta por rodales de la especie *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Los mismos fueron plantados durante la primavera de 2008 y 2010 (198 has y 22 has respectivamente) con fecha estimada de corte en la primavera de 2019, presentando al momento del estudio entre 10 y 9,5 años aproximadamente. Fueron plantados en 3 padrones: 2032, 6186, 6765 (Figura 5), sobre suelos de prioridad forestal pertenecientes a los grupos de suelos CONEAT 2.11a, 2.11b y 2.10. El marco de plantación fue de (2x2) + 7 m. Si bien la densidad teórica era de 1.111 árboles/ha, la densidad efectiva al momento del trabajo era de 714 árboles/ha y un volumen estimado de 189 m³/ha (Boscana et al., 2019b). El ganado a pastoreo ingresó 6 meses luego de la plantación. Al momento de realizar el estudio el rodeo estaba compuesto por vacas de cría, novillos de 1 a 2 años y ovejas de cría, estas en baja dotación. El sistema de pastoreo utilizado por el productor es rotativo, aplicando una alta carga instantánea y retiro según disponibilidad de forraje en el potrero usado. ¹

¹ Perdomo, A. 2018. Com. personal.



Escala 1:13000. Parcelas afuera de monte: Parcela 0. Parcela 4. Parcela 5. Casco.
Parcelas dentro de monte: Parcela 1. Parcela 2. Parcela 3. Parcela 4. Parcela 5.

Figura 5. Predio experimental

De los tres padrones mencionados anteriormente, se trabajó mayoritariamente sobre el número 2032 (Figura 5), el cual corresponde al área experimental y tiene una superficie aproximada de 98 has.

Los grupos CONEAT dominantes son: 2.11a que ocupa un 56,3% del padrón, luego le sigue el 2.11b con un 42,3% y por último el grupo 2.12 con apenas un 1,43% de la superficie. El índice de productividad promedio es de 43 (MGAP. RENARE, 2019).

3.3. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.3.1. Diseño experimental

Se definieron 5 parcelas dentro de monte y 3 parcelas a cielo abierto (Cuadro 5). En las parcelas dentro de monte (Figura 6) se definen 2 situaciones diferentes: entre filas de árboles y en el callejón (7 m). Las 3 parcelas a cielo abierto se establecieron como control y fueron asignadas basándose en el grupo CONEAT que compartían con sus respectivas parcelas dentro de monte.

Desde el borde de la parcela se delimitó una transecta a los 3, 7, 11 y 15 m, sobre las transectas se ubicaron cuadros de 1m², bajo monte y en el callejón donde se identificaron las especies y se estimó en forma visual el porcentaje de cobertura de las mismas (Figura 6). En las parcelas de cielo abierto la ubicación de los cuadros mantuvo el mismo criterio de delimitación, y se siguió el mismo procedimiento para identificar las especies y asignar el

porcentaje de cobertura. Los puntos fueron marcados mediante estacas y registrados mediante una aplicación llamada mapa coordenadas. En cada situación se ubicaron 4 cuadros de observación de 1m².

Cuadro 5. Identificación de las parcelas

Parcelas dentro de monte	Parcelas cielo abierto (control)
P1, P2, P3	P0
P4	P4
P5	P5

En la Figura 6 se muestra el diseño de cada parcela dentro de monte.

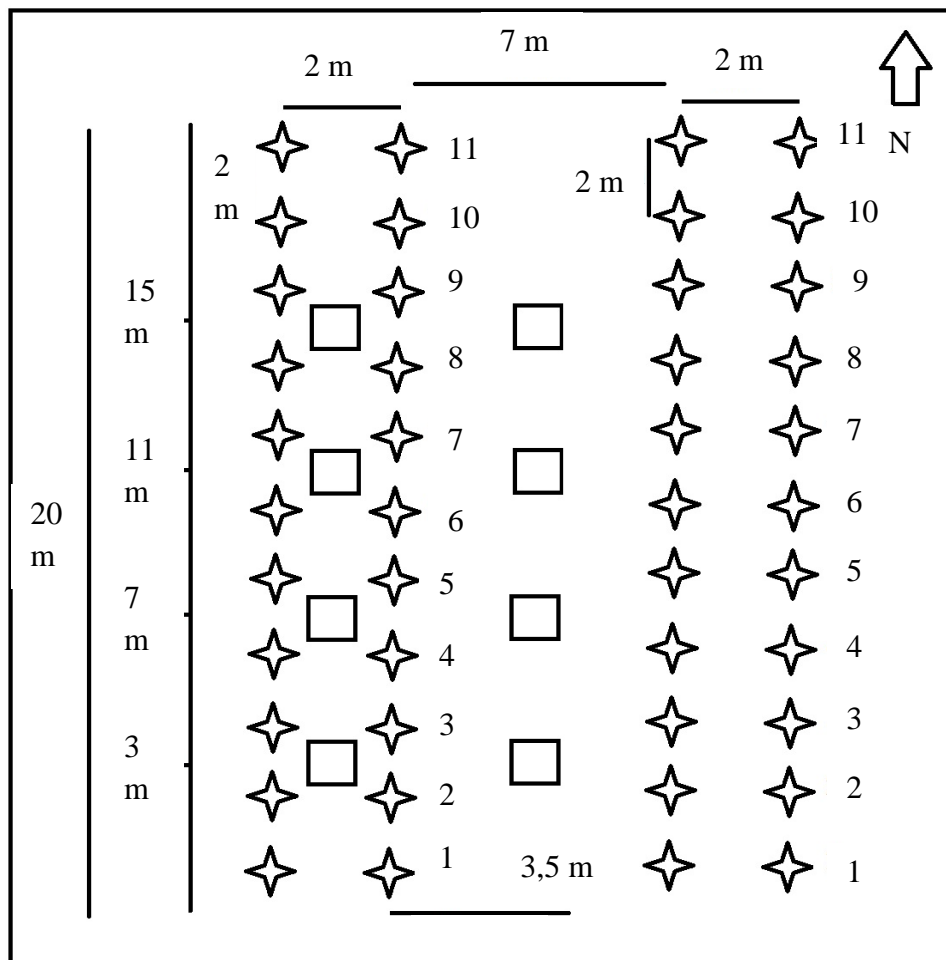


Figura 6. Diseño de la parcela y el lugar donde se ubicaron los cuadrados de muestreo

Se establecieron dos abrigos meteorológicos: uno en el callejón de la parcela 2, de aproximadamente 1,5 m de alto y el otro para control a cielo abierto en las inmediaciones del casco del establecimiento.

3.3.2. Variables medidas

3.3.2.1. Cobertura vegetal y riqueza de especies

Para la identificación de especies, se recolectaron muestras de cada parcela y tratamiento, que fueron identificadas mediante claves de identificación (Rosengurtt et al., 1970) en el laboratorio de botánica de la Facultad de Agronomía. En base a la cantidad de muestras identificadas en laboratorio (93 especies), se armó una carpeta con la lista de las especies que se podían llegar a encontrar en el campo, su dibujo y caracteres taxonómicos a tener en cuenta para la identificación de cada una. A nivel de campo se identificaron las diferentes especies presentes en la superficie de un cuadro de 1m^2 , y se registraron luego en una planilla de frecuencias, indicando con 1 presencia y con 0 ausencia de cada una, en cada cuadro de observación.

Cantidad de cuadros determinados fueron: 20 bajo monte (4 cuadros x 5 parcelas), 20 en el callejón (4 cuadros x 5 parcelas) y 12 a cielo abierto (4 cuadros x 3 parcelas). Estas observaciones se repitieron en dos fechas (otoño y primavera-verano). En total a lo largo del experimento se analizaron: 40 cuadros bajo monte, 40 cuadros en el callejón y 24 cuadros a cielo abierto.

En el caso de la asignación visual del porcentaje de cobertura, el criterio establecido fue sobre la base de los porcentajes de cobertura de las principales especies dominantes, hojarasca, suelo desnudo y rocosidad. También se realizó una subdivisión del cuadro en 100 partes iguales (“cuadro 1%”) que fue útil para establecer los porcentajes de cobertura menores. A cada cuadro se le sacó fotos, que fueron utilizadas como herramientas para apoyar la identificación a campo (Figura 7).



Cuadro de 1m² con subdivisiones de 1%.

Figura 7. Cuadrado de muestreo

Las especies identificadas se agruparon según familia, tipo vegetativo y ciclo productivo, con el objetivo de brindarle más consistencia al análisis de datos. A las especies que eran únicas representantes de la familia se les asignó la categoría “otras especies” (Cuadro 6).

Cuadro 6. Grupos de especies analizadas

XGAI	Gramínea anual invernial
XGPE	Gramínea perenne estival
XGPI	Gramínea perenne invernial
XCAI	Compuesta anual invernial
XCAE	Compuesta anual estival
XOAI	Otras anual invernial
XOAE	Otras anual estival
XOPI	Otras perenne invernial
XOPE	Otras perenne estival
XO	Otras especies

3.3.2.2. Producción de forraje

Se evaluó la capacidad de producción de forraje en los callejones, ya que bajo monte a medida que avanza la edad del monte, la producción se ve muy limitada.

En los callejones de las parcelas 2; 3; 4; 5; y afuera de monte (P0), se establecieron dos jaulas de exclusión móviles de 1m² de superficie con el fin de evaluar la producción estacional expresada en kgMs/ha, todas instaladas sobre campo natural.



Figura 8. Jaula de exclusión

Las jaulas de exclusión consisten en pirámides construidas con varillas de hierro (8mm de diámetro) y alambre 17/15, de 1 m² de base, que evitan el pastoreo de animales en el área muestral. La superficie efectiva de corte fue de 0,4 m² (4 rectángulos de 0,2m x 0,5m), con una altura de corte a partir de los 1,5 cm desde el suelo.

Las muestras obtenidas fueron identificadas con el tipo de jaula, número de parcela, el tipo de tratamiento y fecha de muestreo, luego fueron procesadas en laboratorio, en donde se determinó por medio de estufa de aire forzado, en dos etapas de secado y pesado, a 60° C y luego a 105 °C, el porcentaje de materia seca (%MS). A partir de una submuestra secada a 60°C y corregido a 105 °C, los registros de proteína cruda (% PC), se obtienen por el procedimiento Kjeldahl, y los valores de fibra detergente ácido corregida por cenizas (FDA% mo) mediante el procedimiento Ankom.

3.3.3. Variables ambientales

El monitoreo del ambiente térmico se realizó cada 15 minutos por medio de sensores de temperatura y humedad del aire HOB0-Pendant, ubicados en el abrigo meteorológico, mientras que los aportes originados por la radiación solar directa y por convección fueron detectados por medio de una esfera de Vernon (globos negros) en cada punto de medición, la cual registró la temperatura horaria del aire. Las esferas instaladas a 1.5m de altura, son huecas, de 15-20 cm de diámetro, confeccionadas de cobre, pintadas de color negro mate, con un registrador automático de temperatura i-Buttons (Thermochron) en su interior.



a) en el callejón, b) a cielo abierto.

Figura 9. Abrigos meteorológicos

Las esferas de Vernon, registraron datos de temperatura, cada una hora durante dos períodos estivales consecutivos. Se evaluó el período diurno de temperaturas, por lo que se utilizaron los valores registrados entre las 5 y las 21 hs, siendo en total 7746 registros.

Los valores registrados en el abrigo meteorológico durante las 24 horas del día fueron pasados a temperatura horaria, siendo un total de 16453 registros, correspondientes al período que va entre agosto de 2017 y junio de 2018, y entre julio de 2018 y junio de 2019.

La transmitancia es una magnitud que expresa la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo (RAI, s.f.).

La medición de la transmitancia, se realizó durante el mediodía, mediante un método indirecto sin contacto, basado en la transmisión de luz a través del dosel utilizando un ceptómetro AccuPAR LP-80. El ceptómetro LP-80 cuenta con un sensor de radiación fotosintéticamente activa (PAR) externo incluido que se puede utilizar para realizar mediciones PAR simultáneas por encima y por debajo del dosel (PAR BLW) como referencia para la luz interceptada en condiciones de cielo despejado (PAR ABV), parcialmente nublado o incluso nublado. La unidad de los valores registrados por el ceptómetro es en micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$). La medición se realizó sobre el cuadro de 1m^2 , en los mismos tratamientos y puntos en donde se hizo la identificación de especies y apreciación visual del porcentaje de cobertura. En cada parcela y para cada tratamiento (bajo monte y callejón), se hizo 3 registros de PAR ABV (cielo

despejado) y 8 PAR BLW (debajo del dosel). En la Figura 10 se puede apreciar el ceptómetro AccuPAR LP-80.



Figura 10. Ceptómetro AccuPAR LP-80

Los datos fueron relevados en tres fechas entre los meses de mayo de 2018 a junio de 2019, y almacenados en planillas del programa Microsoft Office Excel. Las fechas en las que se hicieron los registros se pueden apreciar en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Registro de transmitancia

FECHA	ALMANAQUE	PARCELAS
1	18-20 y 21/5/2018	1-2-3-4-5
2	3/3-4/3/2019	1-2-3-4-5
3	03/06/2019	2-3-4-5

3.4. PERÍODO EXPERIMENTAL

El período experimental se extiende desde el 14 de marzo de 2018, día en que se iniciaron las colectas de “pasto” en los dos ambientes, se realizó una breve descripción del tapiz vegetal y se instalaron los sensores de las esferas de Vernon y sensores de los abrigos meteorológicos, ubicados dentro y fuera de monte. Finaliza el 03 de junio de 2019, día en el que fueron retiradas las esferas de Vernon.

Las colectas del forraje acumulado, se realizaron en un lapso de entre 58 a 84 días, llevando a cabo entre uno y dos cortes por estación (Cuadro 8).

Cuadro 8. Fechas de corte por estaciones y días de acumulación de MS

Corte	Fecha	Estaciones	Días de acumulación de MS	
1	14/03/2018	V_18	58	58 días de verano
2	19/05/2018	O_18	66	8 días de verano, 58 de otoño
3	09/07/2018	O-I_18	51	33 días de otoño, 18 de invierno
4	22/09/2018	I_18	75	74 días de invierno, 1 de primavera
5	15/12/2018	P_18	84	84 días de primavera
6	03/03/2019	V_19	78	6 días de primavera, 72 de verano
7	03/06/2019	O_19	92	18 días de verano, 74 días de otoño

El chequeo de los sensores, y la descarga de información coinciden con los días de colecta de “pasto”. En cuanto a la identificación de especies se realizaron dos en forma puntual, una en otoño (18-21/05/2018) con el fin de relevar especies invernales, mientras que la segunda fue entre fines de primavera- comienzo de verano (15 y 16/12- 22 y 23/12/2018) con el objetivo de identificar tanto especies invernales como estivales. En cada fecha de asistencia al campo se colectaron muestras de especies desconocidas (con fecha, número de parcela y tratamiento) para ser identificadas mediante claves en gabinete. Junto con la evaluación de riqueza de especies se hicieron dos mediciones de radiación de PAR con ceptómetro, teniendo un registro invernal y estival.

3.5. ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1. Variables en relación al tapiz vegetal

Los análisis de riqueza, cobertura vegetal y producción de materia seca, se realizaron mediante el software SAS (statistical analysis software). En los tres casos se corrió el modelo: FECHA + TRATAMIENTO + FECHA X TRATAMIENTO.

En el caso de la variable riqueza, se probó el efecto tratamiento, el efecto fecha y la interacción (fecha por tratamiento). Como las medidas repetidas no ajustaban bien para el

modelo, hubo que asumir que había independencia entre las mediciones y como la interacción no fue significativa (p-valor mayor a 0,05) se la debió sacar del modelo, porque las medias del efecto aparecen algo sesgadas. Por tal caso, se corrieron todas las variables del modelo sin la interacción: FECHA x TRATAMIENTO.

Las estimaciones de las medidas se hicieron a escala no lineal, utilizando un modelo logarítmico de p: $\text{Ln}(p/(1-p))$. Siendo p, la probabilidad de aparición. En tanto, el modelo que más se ajustó para las variables cobertura vegetal y producción de materia seca, fue con distribución Gaussiana. El método utilizado para comparar medias múltiples fue Tukey-Kramer con un p-valor de 0,05. A continuación se detallan las variables analizadas.

Riqueza de especies, mediante una función SI, que es una función del programa Microsoft Office Excel que permite realizar comparaciones lógicas entre valores, se asigna un valor de “1” cuando un grupo de especies se encuentra presente, mientras que cuando está ausente el valor asignado es “0” teniendo en cuenta las fechas y tratamientos. Especies que más aparecen dentro de cada grupo según tratamiento.

Cobertura vegetal, área ocupada por especies dominantes, hojarasca y suelo desnudo, medido en porcentaje de la superficie del cuadro de 1m^2 , en función de las fechas y los tratamientos.

Producción de materia seca, Kg/ha de materia seca producida en jaulas de aislamiento (2 jaulas/parcela), proteína cruda (% PC) y fibra detergente ácido (% FDA), en función de los cortes y tratamientos.

3.5.2. Variables ambientales

Los datos de temperatura del aire fueron analizados mediante un modelo autorregresivo integrado de medias móviles en función del tiempo (SARIMA). Mediante una prueba t y el p-valor de la diferencia, se realiza la comparación entre los ajustes hora a hora. El p-valor se compara con un alfa o nivel de significancia de 0.05 y 0.01. Devolviendo la fórmula un 1 si hay diferencias significativas y un 0 en caso de que no lo hubiese. Los datos de temperatura utilizados para evaluar los resultados del análisis son los que presentan 0.05 de diferencias estadística significativa, siendo el total 414.

El análisis de datos de temperatura de las esferas de Vernon, se hizo basándose en modelos SARIMA. Se hicieron regresiones en función del tiempo en horas anteriores. El R2 del modelo ajustado fue de 0.89 afuera de monte y de 0.91 dentro de monte.

En el caso de la temperatura en el abrigo meteorológico se realizó un análisis descriptivo y para el mismo, se utilizó el programa Microsoft Office Excel. Se calculó el promedio por hora, luego la máxima y mínima por día. Se realizó el promedio por día, mediante la fórmula: (máxima diaria + mínima diaria) / 2. Con esos valores después se

calculó el promedio y la amplitud térmica mensual para los tratamientos callejón y afuera de monte, durante los períodos 2017-2018 y 2018-2019.

La transmitancia se analizó mediante el software SAS (Statistical Analysis Software). El modelo ajustado para dicha variable fue con distribución Gaussiana, mientras que la comparación de medias múltiples fue mediante el método Tukey-Kramer con un p-valor de 0,05. A continuación se detallan las variables analizadas.

Temperatura esferas de Vernon, temperatura horaria del aire registrada entre las 5 y 21 horas en función de los tratamientos.

Temperatura en abrigos meteorológicos, registro de temperatura horaria del aire durante las 24 horas del día, en los dos tratamientos (FM, DM).

Radiación PAR, porcentaje de intercepción de radiación, relación de PAR BLW/ABV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TAPIZ VEGETAL

4.1.1. Riqueza de especies

Se identificaron en total 93 especies pertenecientes a 19 familias diferentes, predominando: Poaceae (40 especies), Asteraceae (22 especies) y Verbenaceae (5 especies). Completan la lista las siguientes familias (se indica entre paréntesis el número de especies encontradas para cada una): Malvaceae (3), Amaranthaceae (2), Apiaceae (2), Commelinaceae (2), Cyperaceae (2), Juncaceae (2), Lythraceae (2), Oxalidaceae (2), Rubiaceae (2); Amaryllidaceae (1), Berberidaceae (1), Convolvulaceae (1), Primulaceae (1), Pteridaceae (1), Sapindaceae (1) y Solanaceae (1).

El número de especies identificadas en la cobertura vegetal está dentro de lo esperable en trabajos de análisis florístico en el campo uruguayo. Silveira et al. (2018), identificaron 172 mientras que Rivas et al. (2014) identificaron 70. A su vez el número de 19 familias identificadas fue similar a las identificadas por Rivas et al. (2014) en la zona de los palmares de *Butia odorata* en Castillos, Rocha en el que se encontraron 23 familias.

La relación estival/invernal (E/I) de las especies identificadas fue de 1,03 afuera de monte, 1,13 en el tratamiento bajo monte y 1,19 en el callejón. Esta relación se explica por la cantidad de hierbas perenne estivales (Cyperaceae, Juncaceae, Verbenaceae entre otras que están incluidas en el grupo de otras especies estivales) que fueron identificadas que va de 13 a cielo abierto, 14 bajo monte y 18 en el callejón. Estas hierbas perennes estivales se ven favorecidas por el microclima que se genera bajo la copa de los árboles y zonas adyacentes haciendo que aumente la relación E/I. Esta afirmación coincide con lo mencionado en los antecedentes por Fassola et al. (2005), Leblanc et al. (2005), González Torres (2008), Hernández et al. (2009), Silveira (2015) quienes mencionan que el microclima afecta la composición botánica del sotobosque. A su vez la mención anterior toma contundencia, cuando se analiza la relación E/I entre la familia Poaceae (las gramíneas representan el 43% de las especies identificadas) dentro de monte es de 0,94 y a cielo abierto de 1. Lo cual, coincide con lo esperado y se explica por lo mencionado en los antecedentes por Silveira (2015), quien destaca que el mayor nivel de sombreado disminuye la relación C4/C3 dentro de monte.

4.1.2. Frecuencia de aparición

El efecto de la fecha en que se realizan las determinaciones, afecta la composición de especies que conforman los distintos grupos. La fecha 1 corresponde a mediados de otoño (18/5-21/5/2018), donde la mayoría de las especies están en estado vegetativo, ya que la etapa de floración de las estivales ya pasó (se pueden encontrar algunas al final de la fructificación) y las invernales están en pleno ciclo vegetativo. La fecha 2 corresponde a fines de primavera

e inicio del verano (15 y 16/12 – 22 y 23/12/2018) en la que se encuentran en floración las especies invernales. Las determinaciones se realizaron fundamentalmente en estado reproductivo. En el Cuadro 9 se observan los valores medios de frecuencia para cada grupo de especies, tomando como unidad de muestreo cada cuadrado de observación de 1 m², que se “tiró” en las dos fechas (efecto fecha) y los tres tratamientos (efecto tratamiento). En el caso de la frecuencia de aparición de los grupos de especies teniendo en cuenta la interacción fecha por tratamiento, los resultados nunca dieron significativos como se menciona en el análisis de datos y por esa razón se presentan solo los resultados de la frecuencia sin esa interacción.

Cuadro 9. Frecuencia de aparición de las categorías en las unidades de muestreo

CATEGORÍAS	EFECTO FECHA		EFECTO TRATAMIENTO		
	FECHA 1	FECHA 2	AFM	BM	C
GAI	0.33 ± 0.08 b	0.92 ± 0.04 a	*0.81 ± 0.10 a	0.50 ± 0.12 a	0.78 ± 0.09 a
GPI	0.85 ± 0.06 b	0.98 ± 0.02 a	0.89 ± 0.07 a	0.92 ± 0.05 a	0.99 ± 0.02 a
GPE	1.00 ± 0 a	1.00 ± 0 a	1.00 ± 0 a	1.00 ± 0.01a	1.00 ± 0 a
CAI	0.55 ± 0.09 b	0.84 ± 0.06 a	0.55 ± 0.13 a	0.77 ± 0.08 a	0.80 ± 0.08 a
CAE	0.08 ± 0.04 b	0.33 ± 0.08 a	0.21 ± 0.10 a	0.19 ± 0.07a	0.12 ± 0.06 a
CPI	0.37 ± 0.09 b	0.78 ± 0.07 a	0.87 ± 0.08 a	0.29 ± 0.09b	0.53 ± 0.09 ab
CPE	0.27 ± 0.10 a	0.50 ± 0.11 a	0.41 ± 0.16 a	0.42 ± 0.12a	0.31 ± 0.12 a
OAI	6.1E-6 ± 6.2E-6 a	1.3E-5 ± 9.3E-6 a	0.04 ± 0.04 a	0.05 ± 0.03 ab	3.3E-13 ± 2.5E-13 b
OAE	8.7E-10 ± 1.1E-4 a	2.6E-21 ± 3.3E-16 a	1.9E-19 ± 7.3E-14 a	9.0E-8 ± 4.1E-8 a	1.9E-19 ± 8.7E-20 a
OPI	0.87 ± 0.05 a	0.27 ± 0.07 b	0.69 ± 0.12 a	0.42 ± 0.11 a	0.69 ± 0.09 a
OPE	1.00 ± 3.20 a	1.00 ± 1.20 a	1.00 ± 2.2E-7 a	0.84 ± 0.07 a	0.93 ± 0.05 a

Fecha 1, 18/5 - 21/5/2018. Fecha 2, 15 y 16/12 – 22 y 23/12/2018. Frecuencia de las observaciones, desvío estándar ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponde a diferencias significativas con p-valor <0.05. Afuera de monte (AFM), bajo monte (BM), callejón (C), gramíneas anuales invernales (GAI), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), compuestas anuales invernales (CAI), compuestas anuales estivales (CAE), compuestas perennes invernales (CPI), compuestas perennes estivales (CPE), otras anuales invernales (OAI), otras anuales estivales (OAE), otras perennes invernales (OPI), otras perennes estivales (OPE).

La alta frecuencia de GPE se explica por las especies *Cynodon dactylon*, *Axonopus affinis*, *Paspalum dilatatum ssp. dilatatum* observadas en la mayoría de los cuadros. En caso de OPE, *Dichondra microcalyx* y *Juncus capillaceus* se observan repetidamente en las unidades de muestreo. Los grupos GAI, GPI, CAI, CAE y CPE presentan más frecuencia de aparición en la segunda fecha, por la presencia de algún carácter taxonómico (inflorescencia, floración) que facilitaba la identificación. Mientras que el grupo OPI está conformado por especies de *Oxalis sp.* más perceptibles en la fecha 1, en tanto en la fecha 2 fueron dominados por las especies estivales y se veían en menor frecuencia. El resto de los grupos de especies no presentan diferencias significativas en la frecuencia de aparición en la fecha 1 y 2.

Con respecto a los tratamientos afuera de monte (AFM), bajo monte (BM) y callejón (C); al agruparse las especies por categorías, la mayoría de los grupos de especies no presentan diferencias significativas. Resalta que las GPE aparecen en todos los cuadros independientemente del tratamiento y los grupos que presentan diferencias significativas en cuanto a la frecuencia de aparición son CPI y OAI. Las CPI aparecen más afuera de monte que bajo monte.

Como se observa en el cuadro anterior el grupo de gramíneas perenne tienen una frecuencia de aparición de 88 a 100 % cuadros. Entre las gramíneas anuales no se logró identificar ninguna de ciclo estival, mientras que entre las invernales si bien su presencia no tiene diferencias estadísticamente significativas, afuera de monte y en el callejón aparece en mayor porcentaje que, bajo monte. Entre las compuestas resalta el grupo CPI con mayor frecuencia afuera de monte y en el callejón que bajo monte. En el grupo de otras especies destacan las perennes estivales que aparecen en un 83 a 100% de los cuadros. La variación en la frecuencia de aparición de los grupos de especies se relaciona con el concepto manejado por Pillar et al. (2002), Silveira et al. (2018), quienes afirman que la dinámica de las comunidades herbáceas bajo rodales será en función de la composición de especies de la comunidad original, el banco de semillas, además de la densidad y velocidad de crecimiento de la especie arbórea elegida. Silveira et al. (2018) mencionan a las orientaciones de las hileras en los rodales como un factor que condiciona el número de familias, géneros y especies presentes en el sotobosque.

4.1.2.1. Frecuencia absoluta de especies con mayor presencia

Las dos especies que destacaron más entre las GAI en cuanto a su frecuencia, fueron *Gaudinia fragilis* y *Lolium multiflorum*. La primera *Gaudinia fragilis* que es común de ver en lugares alterados es más abundante en el callejón, luego bajo monte y por último afuera de monte, mientras que *Lolium multiflorum* tiene menor presencia bajo monte que afuera de monte y en el callejón. Esta última especie entre las notas de campo llama la atención presentan una alta frecuencia de observación pero un bajo porcentaje de área cubierta. En el grupo de GPI sobresalen especies del género *Piptochaetium*, las cuales, tienen mayor

presencia en el tratamiento del callejón que afuera de monte. Mientras que dentro del grupo de especies conformado por gramíneas perennes estivales, las que destacan son: *Axonopus affinis*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum dilatatum ssp. dilatatum*. A pesar de su poca tolerancia al sombreado *Cynodon dactylon* se encuentra presente por encima del 90% de los cuadros lo que se asocia con su buena adaptación a varias condiciones de drenaje (Laurencena et al., 2009). A su vez, *Axonopus affinis* y *Paspalum dilatatum ssp. dilatatum* aparecen en gran medida tanto afuera de monte como en el callejón, disminuyendo en el tratamiento bajo monte coincidiendo con antecedentes donde se menciona una menor presencia y una baja producción en ambientes de sombra moderada (Zarza et al. 2006, Del Giorgio et al. 2019).

Dentro de las compuestas, en el grupo de CAI la especie que se destacó más fue *Carduus acanthoides*, aparece el doble de veces en el sotobosque que afuera de monte. Este comportamiento podría explicarse porque la capa de mantillo altera el régimen térmico del suelo retrasando la germinación de otras especies (hierbas y gramíneas), que cuando lo hacen compiten en desventaja con las ya establecidas (Boccanelli et al., 1999). Mientras que en el grupo de CAE es *Conyza bonariensis* la especie que aparece con mayor frecuencia. En tanto entre las compuestas perennes, *Gamochoaeta sp.* aparece con mayor frecuencia entre las invernales, y *Baccharis trimera* entre las estivales. En el grupo de otras especies destaca la alta frecuencia con que fueron observadas especies como: *Oxalis hispidula*, *Dichondra microcalyx*, *Juncus capillaceus* y *Eryngium horridum*. Gran parte de estas especies se encuentran asociadas con los procesos de sucesión y cambios en la vegetación luego de una perturbación (Boccanelli et al. 1999, Pereira Machín 2013, Boscana et al. 2019b).

En el Cuadro 10 se registra la frecuencia de especies con mayor presencia dentro de cada grupo en función del tratamiento.

Cuadro 10. Frecuencia de especies con mayor presencia dentro de cada grupo en función del tratamiento

ESPECIES	AFM	BM	C
GAI			
<i>Gaudinia fragilis</i>	25	33	48
<i>Lolium multiflorum</i>	29	18	25
GPI			
<i>Piptochaetium stipoides</i>	63	53	80
<i>Piptochaetium montevidense</i>	58	38	63
GPE			
<i>Axonopus affinis</i>	96	37	83
<i>Cynodon dactylon</i>	96	93	98
<i>Paspalum dilatatum ssp. Dilatatum</i>	96	53	93
CAI			
<i>Carduus acanthoides</i>	25	58	63

CAE			
<i>Conyza bonariensis</i>	21	23	15
CPI			
<i>Gamochaeta sp.</i>	25	23	30
CPE			
<i>Baccharis trimera</i>	33	35	28
OAI			
<i>Anagallis sp.</i>	4	5	
OAE			
<i>Malva sylvestris</i>	4		
OPI			
<i>Oxalis hispidula</i>	63	45	60
OPE			
<i>Dichondra microcalyx</i>	100	45	50
<i>Juncus capillaceus</i>	75	45	50
O			
<i>Eryngium horridum</i>	25	40	28

Afuera de monte (AFM), bajo monte (BM), callejón (C), gramíneas anuales invernales (GAI), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), compuestas anuales invernales (CAI), compuestas anuales estivales (CAE), compuestas perennes invernales (CPI), compuestas perennes estivales (CPE), otras anuales invernales (OAI), otras anuales estivales (OAE), otras perennes invernales (OPI), otras perennes estivales (OPE), otras especies (O).

La mayoría de las especies que aparecen en el cuadro anterior, destacadas por tener una alta frecuencia de aparición fueron visualizadas en estudios previos de Bueno Larroque et al. (2019), Bussoni et al. (2019). La variación de la frecuencia de aparición se puede asociar a características metabólicas y microclimáticas. Desde el punto de vista metabólico, las especies con rutas metabólicas C3, se destacan por su capacidad de aclimatación a sombra moderada mientras que las C4 si bien tienen alto costo metabólico en condiciones de restricción lumínica, son recomendadas para mejorar la estabilidad forrajera anual (Furbank et al. 1990, Sharrow 1999, Sage y McKown 2006, Fedrigo et al. 2018, Del Giorgio et al. 2019). Mientras que desde el punto de vista microclimático se relaciona con lo mencionado por Rivas et al. (2014) quienes aseveran que las diferencias en composición florística se atribuyen a condiciones de sombreado y mayor humedad del suelo.

4.1.3. Porcentaje promedio de área cubierta

El área cubierta por los distintos grupos de especies varió según las fechas de relevamiento. Dentro del grupo de las gramíneas, las anuales y perennes invernales, aumentan su porcentaje de área cubierta en el período de mediados de otoño (18/5-21/5/2018), mientras que las gramíneas perennes estivales si bien son las que cubren mayor superficie en los dos períodos, tienden a disminuir su área a fines de primavera (15 y 16/12 –

22 y 23/12/2018). Las compuestas anuales invernales mantienen un área similar cubierta independientemente de la fecha, mientras que las compuestas perennes, tanto invernales como estivales duplicaron la superficie cubierta con diferencias significativas desde la fecha 1 a 2. Otros grupos de especies perennes invernales y estivales variaron su porcentaje de área cubierta, mientras que la hojarasca mantuvo un 10% de la superficie cubierta en las dos fechas.

El Cuadro 11 muestra el promedio de todos los tratamientos del área cubierta por cada categoría expresada en porcentaje en cada una de las dos fechas estudiadas (efecto fecha), además se observa para cada una de las fechas la variación de la cobertura de los distintos grupos de especies entre los tratamientos (efecto tratamiento). La unidad de muestreo fue cada cuadrado de observación de 1 m².

Cuadro 11. Porcentaje promedio de área cubierta

CATEGORÍAS	EFECTO FECHA		EFECTO TRATAMIENTO		
	FECHA 1	FECHA 2	AFM	BM	C
GAI	1.38 ± 0.36 b	7.47 ± 1.08 a	3.12 ± 1.22 b	2.80 ± 0.94 b	7.35 ± 0.94 a
GPI	7.29 ± 1.19 b	12.18 ± 0.93 a	9.20 ± 1.91 a	7.25 ± 1.48 a	12.75 ± 1.48 a
GPE	59.76 ± 5.18 a	43.66 ± 3.25 b	61.25 ± 7.98 a	49.52 ± 6.18 a	44.35 ± 6.19 a
CAI	4.11 ± 2.08 a	5.20 ± 1.63 a	1.29 ± 3.32 a	4.53 ± 2.57 a	8.15 ± 2.57 a
CPI	1.22 ± 0.24 b	2.74 ± 0.44 a	4.08 ± 0.69 a	0.70 ± 0.53 b	1.15 ± 0.53 b
CPE	1.07 ± 0.69 b	2.98 ± 0.86 a	2.46 ± 1.39 a	2.43 ± 1.08 a	1.20 ± 1.08 a
OPI	4.79 ± 0.74 a	0.33 ± 0.10 b	4.42 ± 0.74 a	1.07 ± 0.57 b	2.20 ± 0.57 ab
OPE	7.50 ± 1.20 b	11.36 ± 1.58 a	12.33 ± 2.51 a	5.97 ± 1.94 a	9.97 ± 1.20 a
O	2.20 ± 1.17 a	2.69 ± 0.66 a	1.33 ± 1.62 a	3.77 ± 1.26 a	2.22 ± 1.3 a
H	9.68 ± 2.34 a	10.44 ± 1.33 a	0.08 ± 3.03 b	20.50 ± 2.35 a	9.60 ± 2.35 b
S	0.77 ± 0.31 a	0.38 ± 0.20 b	1.2E-15 ± 0.50 a	1.02 ± 0.39 a	0.70 ± 0.39 a

Fecha 1, 18/5 - 21/5/2018. Fecha 2, 15 y 16/12 - 22 y 23/12/2018. Porcentaje promedio de área cubierta, desvío estándar ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponde a diferencias significativas con p-valor <0.05. Afuera de monte (AFM), bajo monte (BM), callejón (C), gramíneas anuales invernales (GAI), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), compuestas anuales invernales (CAI),

compuestas perennes invernales (CPI), compuestas perennes estivales (CPE), otras perennes invernales (OPI), otras perennes estivales (OPE), otras especies (O), hojarasca (H), suelo desnudo (S).

En el Cuadro 11 se observa que al agruparse las especies por categorías, la mayoría de los grupos de especies no presentan diferencias significativas. Las GPE son el grupo de especies que tienen el mayor porcentaje de cobertura en los tres tratamientos, siendo mayor en el tratamiento AFM y disminuyendo bajo monte y en el callejón (BM y C). Este comportamiento se relaciona, primero con la presencia de *Cynodon dactylon* como especie dominante en toda el área del monte y alrededores, y segundo con el efecto del sombreado sobre especies de metabolismo C4, como son las tres principales especies. El grupo OPE también tiende a disminuir su porcentaje de cobertura dentro de monte en relación con el tratamiento a cielo abierto. Este comportamiento se menciona por Silveira (2015), Silveira et al. (2018) quienes asocian que el mayor nivel de sombreado dentro de monte, disminuye las especies de metabolismo C4, y aumenta las de metabolismo C3, bajando la relación E/I. Las especies invernales (grupos GAI, GPI y CAI), presentan un mayor porcentaje de área cubierta en el callejón, ambiente en el que se combinan una buena radiación solar y un efecto protector de los árboles vecinos que suaviza las condiciones más adversas de viento y la helada (Amico, 2011).

Como el modelo registró interacción entre las variables fecha por tratamiento, se presentan los resultados del porcentaje promedio del área cubierta por los grupos de especies. En el Cuadro 12 se detalla la cobertura promedio de las distintas categorías en cada tratamiento para la fecha 1 a mediados de otoño (18/5 - 21/5/2018) y fecha 2 a fines de primavera (15 y 16/12 - 22 y 23/12/2018).

Cuadro 12. Porcentaje promedio de área cubierta interacción fecha por tratamiento

CATEGORÍAS	AFM		BM		C	
	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 1	FECHA 2
GAI	*2.00 ± 0.72 a	4.25 ± 2.20 b	0.45 ± 0.56 a	5.15 ± 1.70 b	1.70 ± 0.56 a	13.00 ± 1.70 a
GPI	5.58 ± 2.40 a	12.83 ± 1.87 a	5.10 ± 1.86 a	9.40 ± 1.45 a	11.20 ± 1.86 a	14.30 ± 1.45 a
GPE	66.16 ± 10.48 a	56.33 ± 6.57 a	59.55 ± 8.12 a	39.50 ± 5.08 a	53.55 ± 8.12 a	35.15 ± 5.08 a
CAI	0.58 ± 4.20 a	2.00 ± 3.29 a	2.80 ± 3.25 a	6.25 ± 2.55 a	8.95 ± 3.25 a	7.35 ± 2.55 a
CPI	3.00 ± 0.49 a	5.17 ± 0.89 a	0.05 ± 0.38 b	1.35 ± 0.69 b	0.60 ± 0.38 b	1.70 ± 0.69 b
CPE	0.42 ± 1.41 a	4.50 ± 1.73 a	1.90 ± 1.09 a	2.95 ± 1.34 a	0.90 ± 1.09 a	1.50 ± 1.34 a
OPI	8.58 ± 1.50 a	0.25 ± 0.20 a	1.90 ± 1.16 b	0.25 ± 0.16 a	3.90 ± 1.16 ab	0.50 ± 0.16 a
OPE	12.50 ± 2.43 a	12.17 ± 3.2 a	3.85 ± 1.88 b	8.10 ± 2.48 a	6.15 ± 1.89 ab	13.80 ± 2.48 a
O	0.75 ± 2.38 a	1.92 ± 1.33 a	3.35 ± 1.84 a	4.20 ± 1.03 a	2.50 ± 1.84 a	1.95 ± 1.03 a
H	5.33E-15 ± 4.74 b	0.17 ± 2.68 c	19.45 ± 3.67 a	21.55 ± 2.08 a	9.60 ± 3.67 ab	9.60 ± 2.08 b
S	1.78E-15 ± 0.62 a	6.11E-16 ±0.41 a	1.35 ± 0.48 a	0.70 ± 0.32 a	0.95 ± 0.48 a	0.45 ± 0.32 a

Fecha 1, 18/5 - 21/5/2018. Fecha 2, 15 y 16/12 - 22 y 23/12/2018. Porcentaje promedio de área cubierta, desvío estándar ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponde a diferencias significativas con p-valor <0.05. Afuera de monte (AFM), bajo monte (BM), callejón (C), gramíneas anuales invernales (GAI), gramíneas perennes invernales (GPI), gramíneas perennes estivales (GPE), compuestas anuales invernales (CAI), compuestas perennes invernales (CPI), compuestas perennes estivales (CPE), otras perennes invernales (OPI), otras perennes estivales (OPE), otras especies (O), hojarasca (H), suelo desnudo (S).

Al comparar el efecto de la interacción entre las fechas y los tratamientos sobre los distintos grupos de especies, se destaca que las GPE son las que cubren más superficie del tapiz vegetal en ambas fechas, en todos los ambientes, pero su contribución disminuye al pasar de la primera a la segunda fecha. Además el grupo de gramíneas invernales tanto anuales como perennes, aumentan su porcentaje promedio de área cubierta, siendo mayor la cobertura en el callejón. Este comportamiento se asocia con el concepto manejado por Mora (s.f.) quien afirma que el sombreado tiene un efecto más marcado sobre la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras C4 (gramíneas tropicales) en relación al tipo C3 (gramíneas, clima templado y leguminosas). Los grupos de especies compuestas tanto anuales como perennes presentan similar comportamiento en las dos fechas. Otras especies

perennes invernales y estivales muestran diferencias significativas entre los tratamientos afuera de monte y bajo monte solo en la primera fecha. La hojarasca cubre un 20% de la superficie bajo monte y un 10% de la superficie en el callejón en ambas fechas, lo que se explica por el diseño de plantación forestal. En caso del suelo desnudo no hubo diferencias significativas, se asocian los resultados a características propias del sitio y entramado de cada parcela.

4.1.3.1. Categorías con mayor porcentaje promedio de área cubierta

En el Cuadro 13 se detalla el porcentaje de cobertura promedio por categoría para los tres tratamientos. En el caso de los tratamientos bajo monte y callejón, la presencia de hojarasca es uno de los elementos principales y se explica por el diseño de plantación.

Cuadro 13. Categorías con mayor porcentaje de cobertura promedio

AFM	BM	C
<i>Cynodon dactylon</i> (25)	<i>Cynodon dactylon</i> (38)	<i>Cynodon dactylon</i> (21)
<i>Paspalum sp.</i> (12)	Hojarasca (21)	<i>Piptochaetium sp.</i> (10)
<i>Axonopus affinis</i> (10)	<i>Piptochaetium sp.</i> (5)	Hojarasca (10)
<i>Piptochaetium sp.</i> (5)	<i>Paspalum sp.</i> (4)	<i>Paspalum sp.</i> (9)
<i>Dichondra microcalyx</i> (5)	<i>Carduus acanthoides</i> (4)	<i>Axonopus affinis</i> (7)
<i>Juncus sp.</i> (4)	<i>Baccharis trimera</i> y <i>Eryngium horridum</i> (4)	<i>Gaudinia fragilis</i> (5)

Porcentaje de cobertura promedio. AFM, BM, C, afuera de monte, bajo monte, callejón.

Destaca del cuadro anterior el alto porcentaje de cobertura de *Cynodon dactylon*, exótica invasora que tiende a ser dominante en zonas donde la riqueza del entramado de especies es menor, según las observaciones a campo. El alto porcentaje de hojarasca que forma parte del mantillo mencionado por Hernández et al. (2009), mantiene la humedad en el suelo y junto con el sombreado por parte de los árboles, inciden en las especies que crecen en la entre fila. En el callejón tanto las gramíneas estivales como las invernales aumentan su porcentaje de cobertura con relación a bajo monte debido a una mayor luminosidad y el efecto protector de los árboles (Amico, 2011). Este aumento de cobertura de las gramíneas coincide con lo mencionado por Bueno Larroque et al. (2019), e inciden en la calidad del forraje producido en los callejones de los sistemas silvopastoriles.

4.1.4. Análisis de laboratorio

En 75 muestras se analizó materia seca. Se obtuvo una producción media de 887,64 KgMs/ha, un máximo de 4729 KgMs/ha y un mínimo de 37,7 kgMs/ha. En las 50 muestras que se analizó proteína cruda (PC) y fibra detergente ácida (FDA), se obtuvo una media de 12,89% de PC y 41% de FDA (Cuadro 14).

Cuadro 14. Resultados de los análisis de laboratorio

Variables	No. muestral	Media	Std. dev.	Mín.	Máx.
KgMs/ha	75	887.64	919.20	37.70	4729.70
PC %	50	12.89	4.15	7.66	20.57
FDA% mo.	50	41.30	4.75	31.54	52.81

Std. dev., mín. y máx., desvío estándar, mínimo y máximo.

En el Cuadro 15 se presenta el promedio de producción de materia seca (KgMs/ha) así como el porcentaje de proteína cruda promedio (PC%) y la fibra detergente ácida como porcentaje promedio de materia orgánica (FDA_ % mo), de todas las muestras de pastos colectadas en las 8 jaulas de exclusión para el tratamiento callejón (C) y 2 jaulas afuera de monte (AFM), en todas las fechas de muestreo se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 15. Efecto tratamiento sobre producción de materia seca, PC y FDA

Tratamientos	Materia seca (KgMs/ha)	PC (%)	FDA (% mo)
AFM	2.222.30 ± 158.26 a	12.18 ± 0.99 a	41.29 ± 1.03 a
C	638.84 ± 79.13 b	11.98 ± 1.98 a	38.29 ± 2.07 a

Producción de materia seca, KgMs/ha. Porcentaje de proteína cruda promedio, PC (%). Fibra detergente ácida como porcentaje promedio de materia orgánica, FDA (%mo). Desvío estándar, ±. Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05. AFM, C, afuera de monte, callejones.

Como se detalla en el cuadro anterior, a nivel general la producción promedio de materia seca (KgMs/ha) fue tres veces mayor en campo abierto en relación con el callejón. Resultado que afirma la idea mencionada por Gallo (2006) de que las plantas que se desarrollan bajo los árboles disponen de menor cantidad de luz, afectando su producción óptima. En tanto que los valores de PC (%) y FDA (%mo), no presentan diferencias significativas entre los tratamientos y son similares a los registrados por Bussoni et al. (2019) bajo rodales de la zona Este del país.

El Cuadro 16 registra la producción de materia seca (KgMs/ha), el porcentaje de proteína cruda (PC %) y la fibra detergente ácida como porcentaje de materia orgánica (FDA_ % mo), a lo largo de las distintas instancias de muestreo y estaciones de corte en todos los tratamientos.

Cuadro 16. Producción de materia seca, PC y FDA en las estaciones

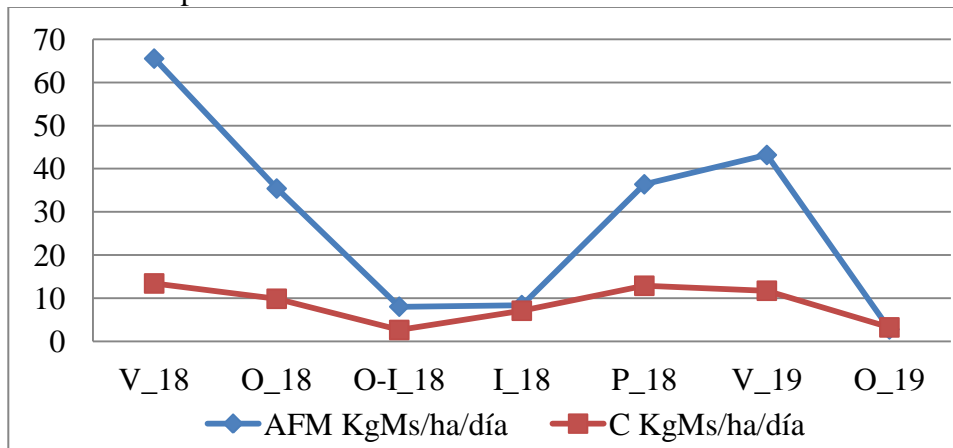
Estaciones	Fechas	Materia seca (kgMs/ha)		PC (%)		FDA (%mo)	
		AFM	C	AFM	C	AFM	C
V_18	1	3.799,98 ± 276,87 a	778,36 ± 138,44 b	8,17 ± 2,18 a	8,41 ± 1,09 a	37,26 ± 2,71 a	37,72 ± 1,35 a
O_18	2	2.337,19 ± 276,87 a	651,15 ± 138,44 b	14,59 ± 2,18 a	14,9 ± 1,09 a	43,12 ± 2,71 a	48,47 ± 1,35 a
O-I_18	3	409,34 ± 276,88 a	134,88 ± 138,44 a	14,71 ± 2,18 a	15,8 ± 1,09 a	34,60 ± 2,71 a	40,84 ± 1,35 a
I_18	4	630,29 ±276,91 a	532,84 ± 138,46 a	16,95 ± 2,18 a	17,0± 1,09 a	38,99 ± 2,71 a	40,31 ± 1,35 a
P_18	5	3.053,71 ± 277,01 a	1.082,08 ±138,5 b	9,29 ± 2,18 a	8,47 ± 1,09 a	38,48 ± 2,71 a	42,70 ± 1,35 a
V_19	6	3.382,79 ± 275,93 a	912,85 ± 137,96 b				
O_19	7	180,40 ± 371,82 a	226,85 ± 185,91 a				

Producción de materia seca, KgMs/ha. Porcentaje de proteína curda promedio, PC%. Fibra detergente ácida como porcentaje promedio de materia orgánica, FDA_%mo. Desvío estándar, ±. Las letras diferentes corresponden a diferencias significativas p-valor <0.05. Afuera de monte (AFM), callejones (C), verano 2018 (V_18), otoño 2018 (O_18), otoño - invierno 2018 (O-I_18), invierno 2018 (I_18), primavera 2018 (P_18), verano 2019 (V_19), otoño 2019 (O_19).

Los valores de producción de materia seca fueron similares a los registrados por Gallego et al. (2017) en los pastizales de las sierras del Este. Las mayores diferencias de producción de materia seca entre los tratamientos se dan en los períodos estivales, donde las especies forrajeras C4 alcanzan su óptima producción, mientras que las forrajeras asociadas al callejón, encuentran limitadas su producción de materia seca por la disponibilidad de luz (Gallo, 2006). Con respecto a la proteína cruda, no se registraron diferencias significativas entre las muestras cortadas en las jaulas de aislamiento a campo abierto (AFM) y en los callejones (C). Se destaca que los valores son mayores a inicio de primavera con 17%, mientras que a fines de primavera y durante el verano se registraron los menores valores con 8%. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Fedrigo et al. (2018) quienes afirman que las pasturas que crecen en condiciones de baja calidad y cantidad de luz, registran un aumento en la concentración de proteína. En el caso de la fibra detergente ácida se registra un menor porcentaje afuera de monte con un 43%, mientras que en el tratamiento bajo callejón es de 48%. Los valores más altos, indican una menor digestibilidad del follaje, y están asociados a que las pasturas en condiciones de menor disponibilidad de luz, modifican la relación parte aérea/raíz y aumentan la elongación de sus órganos, aumentando el contenido de fibra, concepto mencionado por Del Giorgio et al. (2019).

En el siguiente gráfico se observa la tasa diaria de producción de materia seca a lo largo de las estaciones y se puede visualizar uno de los efectos mencionados por Torres et al. (1995), quienes afirman que en los sistemas silvopastoriles se atenúan los picos de producción de forraje alargando el ciclo del mismo, debido al microclima generado en estos tipos de sistemas.

Gráfico 1. Producción promedio diaria de materia seca



Afuera de monte (AFM), callejones (C), verano 2018 (V_18), otoño 2018 (O_18), otoño - invierno 2018 (O-I_18), invierno 2018 (I_18), primavera 2018 (P_18), verano 2019 (V_19), otoño 2019 (O_19).

4.2. VARIABLES AMBIENTALES

4.2.1. Temperatura en esferas de Vernon

La temperatura registrada por las esferas de Vernon durante el primer período se da entre los días 30/10/2017 a 20/05/2018. Mientras que durante el segundo período se dan entre los días 23/09/2018 hasta el 24/05/2019.

En ambos períodos la esfera ubicada fuera de monte registró temperaturas promedio, observadas y predichas, superiores que las temperaturas registradas por la esfera ubicada dentro de monte. La temperatura predicha se obtiene del modelo autorregresivo y representa la temperatura que puede llegar a ocurrir.

En los Cuadros 17 y 18, se observa la temperatura registrada por las esferas de Vernon en los períodos 2017-2018 y 2018-2019. En ellos se detallan los datos de temperatura promedio observada (T_O), temperatura promedio predicha (T_PRE.), las diferencias de temperaturas observadas (DIF. T_O) y diferencias de temperatura predicha (DIF. T_PRE.). Los valores fueron registrados en °C, en los tratamientos fuera de monte (FM) y dentro de monte (DM).

Cuadro 17. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2017-2018

FECHA	T_O_ FM	T_O_ DM	DIF. T_O	T_PRE. _FM	T_PRE. _DM	DIF. T_PRE.
Oct. 2017	27	22	5	30	20	10
Nov. 2017	36	27	9	37	27	10
Dic. 2017	35	30	5	39	30	9
Ene. 2018	36	30	6	39	29	10
Feb. 2018	34	28	6	36	27	9
Mar. 2018	32	24	8	33	22	11
Abr. 2018	33	27	7	36	26	10
May. 2018	27	18	9	28	18	10

Temperatura en °C.

Cuadro 18. Temperatura registrada por esferas de Vernon en el período 2018-2019

FECHA	T_O_ FM	T_O_ DM	DIF. T_O	T_PRE. _FM	T_PRE. _DM	DIF. T_PRE.
Set. 2018	25	19	6	28	16	12
Oct. 2018	28	22	6	29	20	10
Nov. 2018	32	27	6	36	26	10
Dic. 2018	37	29	8	36	27	9
Ene. 2019	38	29	8	39	29	10
Feb. 2019	35	27	8	36	26	10
Mar. 2019	33	25	8	35	24	11
Abr. 2019	34	24	10	34	23	11
May. 2019	29	19	9	28	18	10

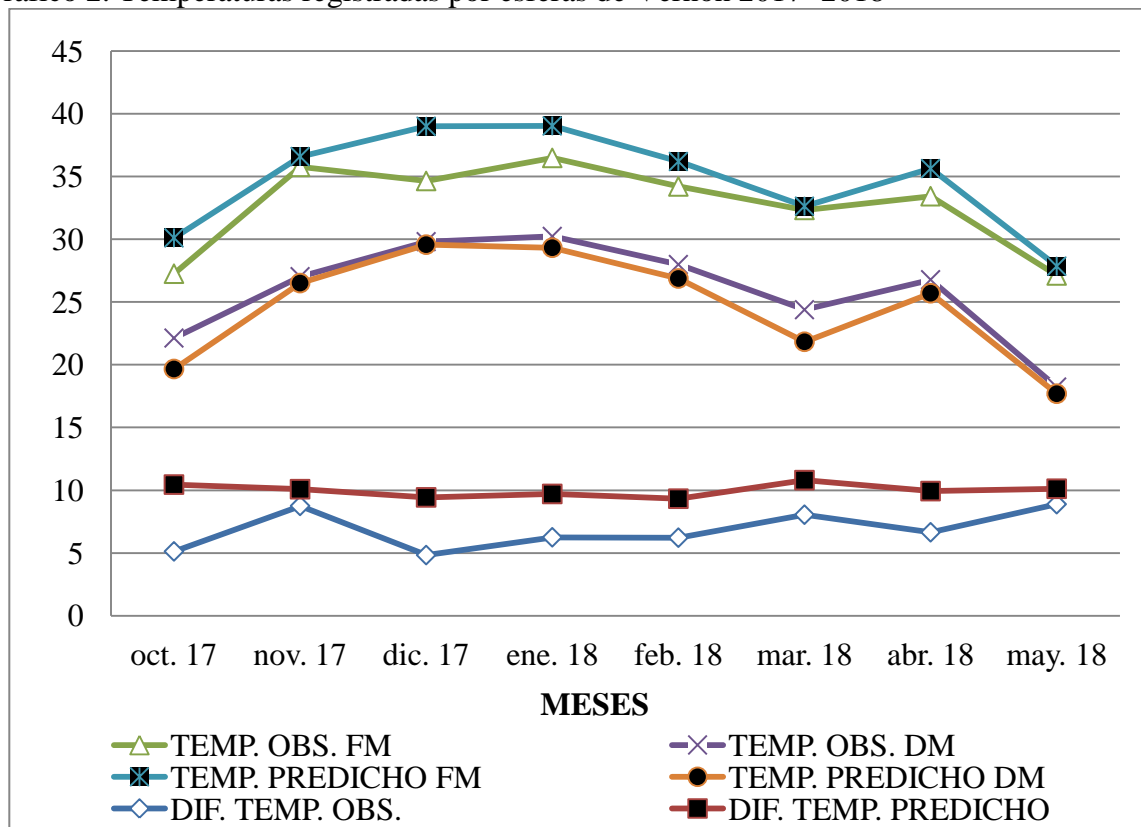
Temperatura en °C.

En el primer período (30 de octubre del 2017 a 20 de mayo del 2018 en Cuadro 17), la temperatura promedio observada fue de 33 °C en el tratamiento fuera de monte, mientras que dentro de monte fue de 26 °C. La temperatura promedio predicha fue de 35 °C en campo abierto y 25 °C bajo monte. Mientras que la diferencia de temperaturas promedio observadas fue de 7 °C, en caso de la temperatura predicha fue de 10 °C. En el segundo período (Cuadro 18) la temperatura promedio fue de 32 °C en el tratamiento fuera de monte, en tanto dentro de monte es de 25 °C. La temperatura promedio predicha que indica el valor que puede llegar a ocurrir, en este período fue de 34 °C cielo abierto y 23 °C dentro de monte. En tanto la diferencia de temperatura promedio observada fue de 8 °C, mientras que la predicha de 10 °C. En ambos períodos los valores de diferencia de temperatura promedio observadas fueron superiores en el tratamiento a cielo abierto que bajo monte, coincidiendo con los registrados por Munka et al. (2017). Debido a que los globos negros registran el efecto combinado de la radiación con la temperatura del aire y velocidad del viento (Bond y Kelly, 1955), la menor

temperatura dentro de monte se explica por una reducción en la radiación directa, y en los aportes por convección, asociados con el diseño de plantación forestal (similar a una sumatoria de cortinas separadas por callejones de 7 m) que genera un “efecto sombra”. Estos cambios en el microclima inducidos por los árboles, redundan en un mayor confort térmico animal y es promotor del crecimiento de las especies forrajeras con alto valor nutricional, favorecen el bienestar animal según estudios de Macedo Pezzopane et al. (2019), Huertas Canén (2019).

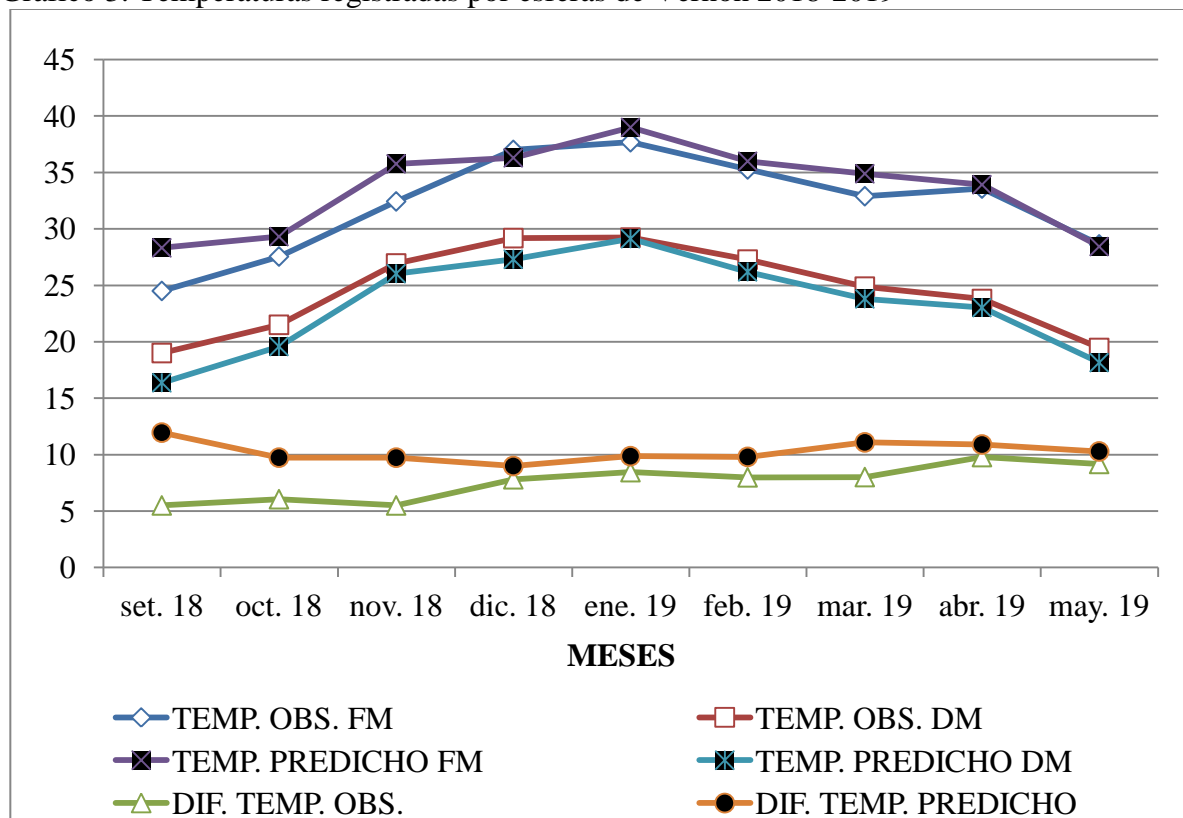
En ambos períodos si se agrupan los meses por estaciones, las diferencias de temperatura tanto observada como predicha entre los tratamientos, presentan leves variaciones. Este comportamiento se puede apreciar en los siguientes gráficos.

Gráfico 2. Temperaturas registradas por esferas de Vernon 2017- 2018



TEMP. OBS., temperatura observada. FM, fuera de monte. DM, dentro de monte. TEMP. PREDICHO, temperatura predicha. DIF. TEMP. OBS., diferencia de temperatura observada. DIF. TEMP. PREDICHO, diferencia de temperatura predicha.

Gráfico 3. Temperaturas registradas por esferas de Vernon 2018-2019



TEMP. OBS., temperatura observada. FM, fuera de monte. DM, dentro de monte. TEMP. PREDICHO, temperatura predicha. DIF. TEMP. OBS., diferencia de temperatura observada. DIF. TEMP. PREDICHO, diferencia de temperatura predicha.

4.2.1.1. Frecuencia de días con horas significativas

Las horas con temperatura diferentes entre tratamientos del período 2017-2018 se registraron durante 202 días, de los cuales un total de 93 presentaron diferencias significativas (p-valor 5%). Mientras que durante el 2018-2019, se compone de 243 días, de los que en 120 se registraron hora significativa donde la diferencia de temperatura entre los tratamientos fue mayor a un 5%.

En Cuadros 19 y 20, y en los siguientes gráficos se registra la frecuencia (%) de días con horas significativas, y la diferencia de temperatura promedio observada (DIF. TEMP. OBS.), a nivel mensual (°C), siendo superior fuera de monte en relación a bajo monte.

Cuadro 19. Frecuencia mensual de días con horas significativas 2017-2018

FRECUENCIA MENSUAL DE DÍAS CON HORAS SIG. 2017-2018		
FECHA	FRECUENCIA (%)	DIF. TEMP. OBS.
Oct. 17	4	5
Nov. 17	17	9
Dic. 17	13	5
Ene. 18	14	6
Feb. 18	18	6
Mar. 18	14	8
Abr. 18	15	7
May. 18	4	9

Cuadro 20. Frecuencia mensual de días con horas significativas 2018-2019

FRECUENCIA MENSUAL DE DÍAS CON HORAS SIG. 2018-2019		
FECHA	FRECUENCIA (%)	DIF. TEMP. OBS.
Set. 18	1	6
Oct. 18	18	6
Nov. 18	8	6
Dic. 18	5	8
Ene. 19	9	8
Feb. 19	18	8
Mar. 19	14	8
Abr. 19	18	10
May. 19	8	9

En el primer período durante el verano se registró el 45% de los días con horas significativas, con diferencia de temperatura promedio de 6 °C entre los tratamientos FM y DM. En tanto que en el segundo período entre los meses de diciembre y marzo, ocurrió el 46% de los días con horas significativas en los que la diferencia de temperatura promedio entre los tratamientos fue de 8 °C. En los meses en que el efecto de la radiación directa sobre la temperatura del aire es mayor, hay una mayor reducción de la radiación directa por los árboles, lo que aumenta la frecuencia de ocurrencia de horas significativas. En los siguientes gráficos se puede apreciar este comportamiento.

Gráfico 4. Frecuencia de días con horas significativas y distribución de diferencia de temperatura promedio a nivel mensual durante el período 2017-2018

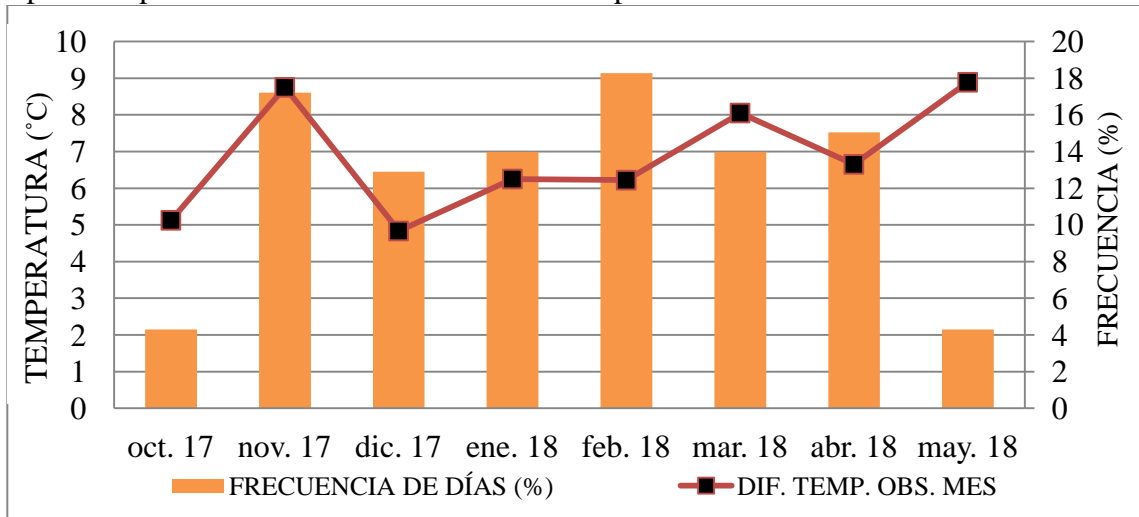
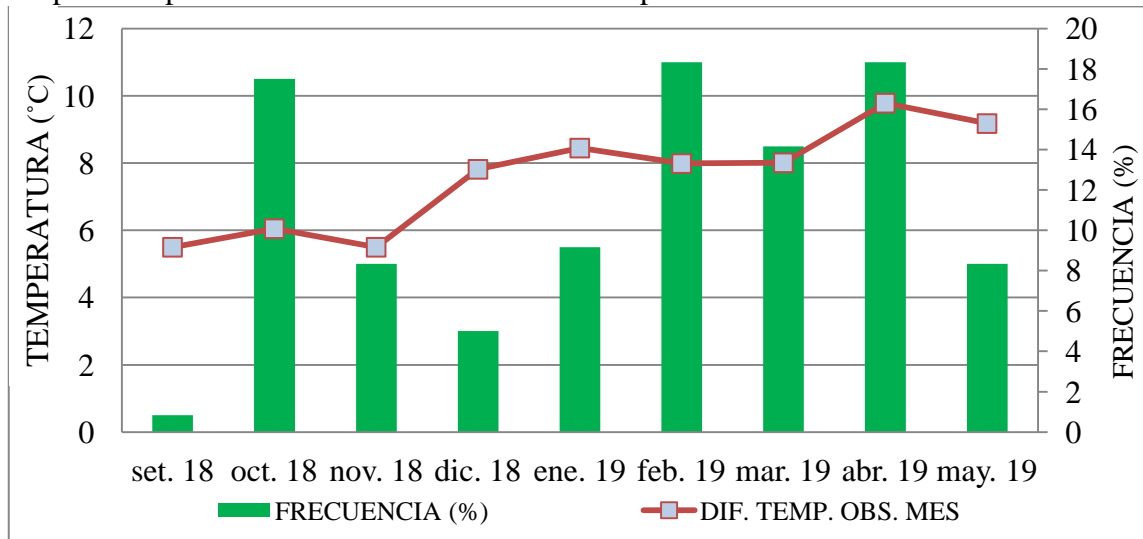


Gráfico 5. Frecuencia de días con horas significativas y distribución de diferencia de temperatura promedio a nivel mensual durante el período 2018-2019



4.2.1.2. Frecuencias de horas significativas

A lo largo del día en los dos períodos (2017-2018 y 2018-2019) la mayor frecuencia de horas significativas se dio durante la mañana con valores de 43 a 45%. A su vez al mediodía entre las horas significativas se registraron en frecuencia de 25 a 29%, valores

similares a los registrados por Buonomo y Bonvicini.² Lo que se atribuye a la orientación de las filas de plantación, y la distribución espacial de los árboles. Al estar la línea de plantación con orientación N-S, y el sol salir por el Este, la radiación que incide sobre las esferas de Vernon durante la mañana, llega en forma difusa en la esfera dentro de monte al ser interceptada por los árboles, por eso hay mayor frecuencia de horas significativas entre las 7:00 y las 10:00 hs dentro de monte, en relación a campo abierto. A partir de las 16 hs ocurre algo similar con la radiación directa que llega del O. Mientras que de 11:00 a 15:00 hs, en momento de mayor elevación solar se recibe la radiación en forma directa en el callejón, al haber una menor intercepción por parte de los árboles, ocurre una menor frecuencia de horas significativas.

En los Cuadros 21 y 22 se observa la frecuencia acumulada de horas significativas a lo largo de día para los períodos 2017-2018 y 2018-2019.

Cuadro 21. Frecuencia acumulada de horas sig. /diaria del período 2017-2018

HORAS SIG./DÍA 2017-2018	
RANGO HORAS	FRECUENCIA (%)
7:00 - 10:00	45
11:00 - 15:00	25
16:00 - 19:00	30

Cuadro 22. Frecuencia acumulada de horas sig. /diaria del período 2018-2019

HORAS SIG./DÍA 2018-2019	
RANGO HORAS	FRECUENCIA (%)
7:00 - 10:00	43
11:00 - 15:00	29
16:00 - 19:00	28

4.2.2. Temperatura en el abrigo meteorológico

4.2.2.1. Temperatura en el abrigo meteorológico en el período 2017-2018

La temperatura en el abrigo meteorológico se registró entre los días 5 de agosto de 2017 y 30 de junio de 2018, durante ese lapso trascurrieron 329 días. Los valores de temperatura fueron registrados cada una hora, en los abrigos ubicados en los tratamientos fuera de monte (FM) y dentro de monte (DM).

² Buonomo Araujo, B.; Bonvicini Inzaurrealde, C. F. Montes de abrigo y sombra en predios agrícola- lecheros: modificación del microclima e índices de estrés calórico animal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 70 p. (en prensa)

La temperatura promedio para todos los meses medidos fue de 18 °C en ambos tratamientos. La máxima y mínimo promedio fueron de 26 °C y 10 °C para FM, en tanto DM de 25 °C y 12 °C. Mientras que la amplitud térmica promedio fue de 16 °C en el tratamiento fuera de monte y 13 °C dentro de monte. En los Cuadros 23, 24 y 25 se detallan el comportamiento térmico por tratamiento para cada mes.

Cuadro 23. Temperatura promedio máxima mensual por tratamiento período 2017-2018

Mes	T. Máx. promedio FM	T. Máx. promedio DM
Ago. 2017	20	19
Set. 2017	22	21
Oct. 2017	24	24
Nov. 2017	27	27
Dic. 2017	33	32
Ene. 2018	34	33
Feb. 2018	32	31
Mar. 2018	30	28
Abr. 2018	28	26
May. 2018	21	20
Jun. 2018	17	15
Promedio	26	25

Cuadro 24. Temperatura promedio mínima mensual por tratamiento período 2017-2018

Mes	T. Mín. promedio FM	T. Mín. promedio DM
Ago. 2017	7	9
Set. 2017	10	11
Oct. 2017	8	10
Nov. 2017	7	10
Dic. 2017	13	15
Ene. 2018	14	16
Feb. 2018	13	15
Mar. 2018	10	13
Abr. 2018	15	16
May. 2018	8	11
Jun. 2018	3	5
Promedio	10	12

Cuadro 25. Amplitud térmica promedio mensual por tratamiento período 2017-2018

Mes	Amplitud T. promedio FM	Amplitud T. promedio DM
Ago. 2017	*13	10
Set. 2017	12	10
Oct. 2017	16	14
Nov. 2017	20	17
Dic. 2017	20	17
Ene. 2018	19	17
Feb. 2018	19	16
Mar. 2018	20	15
Abr. 2018	14	10
May. 2018	13	9
Jun. 2018	14	10
Promedio	16	13

La distribución de la temperatura máxima promedio a lo largo de los meses fue muy similar entre los tratamientos FM y DM. Mientras que la temperatura mínima promedio fue mayor DM, la amplitud térmica promedio fue más elevada FM. Estos resultados coinciden con un trabajo realizado por Fedrigo et al. (2018), y se asocian a las cubiertas vegetales, las cuales generan una menor amplitud de variación térmica en el aire. A continuación en los siguientes gráficos se puede apreciar este comportamiento.

Gráfico 6. Distribución temperatura máxima promedio durante el período 2017-2018

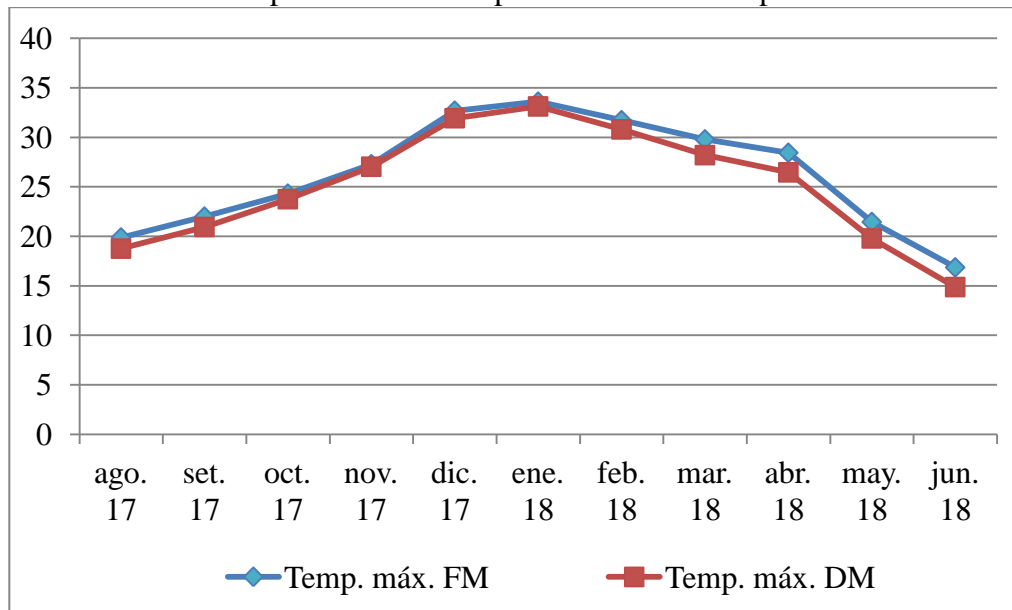


Gráfico 7. Distribución temperatura mínima promedio durante el período 2017-2018

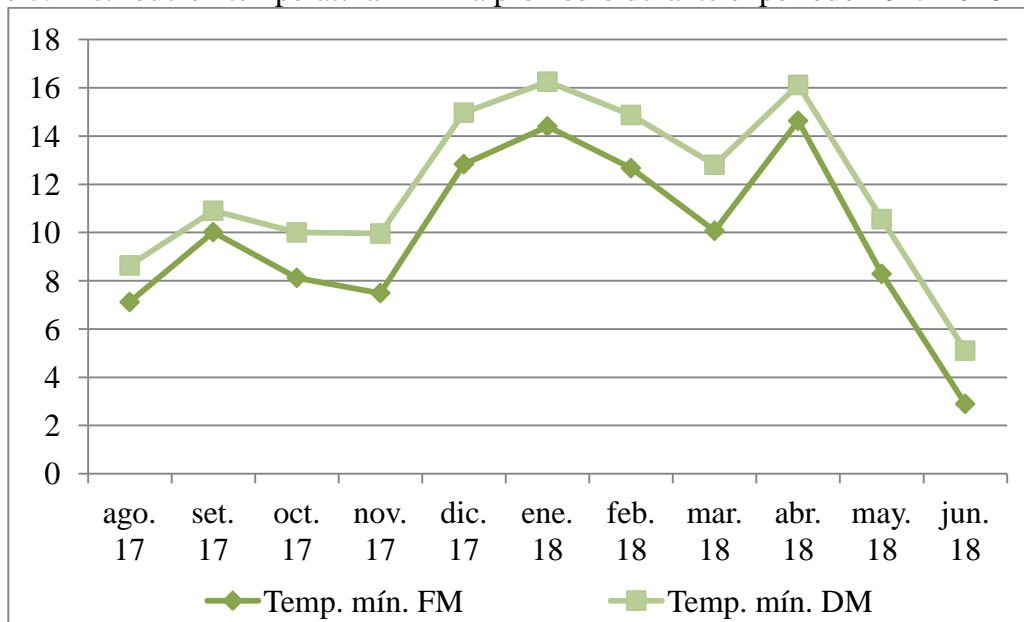
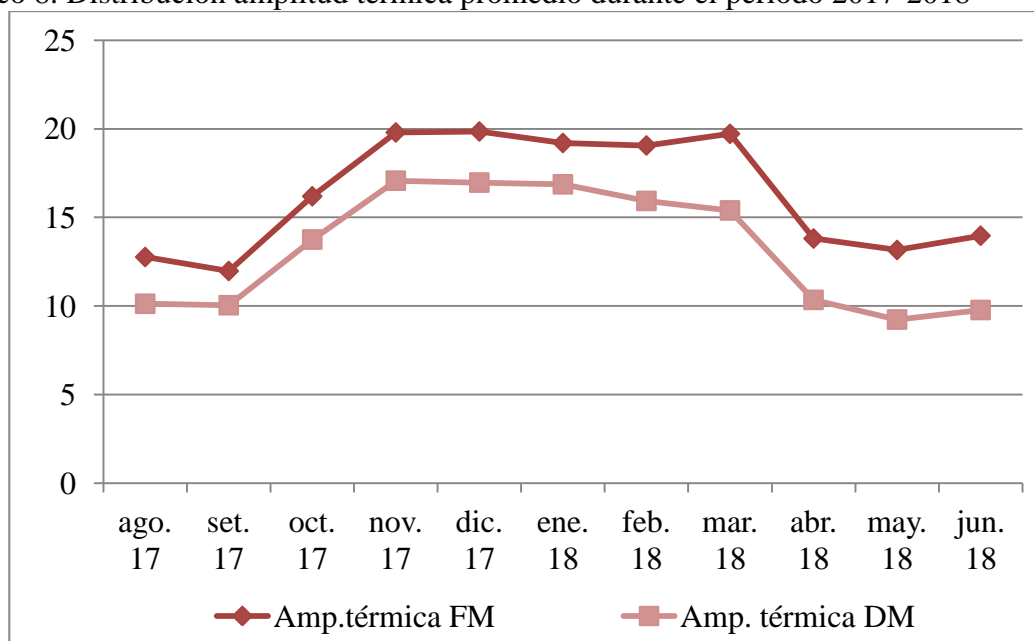


Gráfico 8. Distribución amplitud térmica promedio durante el período 2017-2018



4.2.2.2. Temperatura en el abrigo meteorológico en el período 2018-2019

La temperatura promedio en el abrigo meteorológico para el segundo período se registró entre los días 1 de julio de 2018 y 4 de junio de 2019, durante ese lapso transcurrieron 338 días.

La temperatura promedio para todos los meses medidos fue de 17°C en ambos tratamientos FM y DM. La máxima y mínimo promedio fueron de 25°C y 10°C para FM y 23°C y 11°C para DM. Mientras que la amplitud térmica promedio fue de 15°C en el tratamiento fuera de monte y 12°C dentro de monte. En Cuadros 26, 27 y 28, se detalla el comportamiento térmico por tratamiento para cada mes.

Cuadro 26. Temperatura promedio máxima mensual por tratamiento período 2018-2019

Mes	T. Máx. promedio FM	T. Máx. promedio DM
Jul. 2018	15	14
Ago. 2018	18	16
Set. 2018	23	21
Oct. 2018	24	24
Nov. 2018	28	27
Dic. 2018	29	28
Ene. 2019	32	30
Feb. 2019	31	30
Mar. 2019	28	26
Abr. 2019	26	24
May. 2019	22	19
Jun. 2019	22	20
Promedio	25	23

Cuadro 27. Temperatura promedio mínima mensual por tratamiento período 2018-2019

Mes	T. Mín. promedio FM	T. Mín. promedio DM
Jul. 2018	5	7
Ago. 2018	4	6
Set. 2018	9	11
Oct. 2018	7	9
Nov. 2018	12	13
Dic. 2018	13	14
Ene. 2019	17	18
Feb. 2019	14	15
Mar. 2019	13	14
Abr. 2019	9	11
May. 2019	6	9
Jun. 2019	6	8
Promedio	10	11

Mín.: temperatura mínima.

Cuadro 28. Amplitud térmica promedio mensual por tratamiento período 2018-2019

Mes	Amplitud T. promedio FM	Amplitud T. promedio DM
Jul. 2018	11	7
Ago. 2018	14	11
Set. 2018	13	10
Oct. 2018	17	14
Nov. 2018	16	14
Dic. 2018	16	14
Ene. 2019	14	12
Feb. 2019	18	14
Mar. 2019	15	11
Abr. 2019	17	12
May. 2019	15	10
Jun. 2019	16	12
Promedio	15	12

La distribución de la temperatura máxima promedio a lo largo de los meses fue levemente mayor en el tratamiento FM que DM. En tanto la temperatura mínima promedio fue un poco más elevada DM que FM, durante el verano se destaca un pico donde los valores en ambos tratamientos alcanzan su máximo y tienden a igualarse. La amplitud térmica promedio a lo largo de los meses siempre fue más elevada FM que DM. Resultados que son similares al período 2017-2018 y coinciden con el concepto manejado por Gómez (2004), quien destaca que bajo la cubierta forestal las temperaturas máximas anuales son más bajas y las mínimas más altas siendo de esta forma menor la amplitud térmica. A continuación, en los siguientes gráficos se puede apreciar este comportamiento.

Gráfico 9. Distribución temperatura máxima promedio durante el período 2018-2019

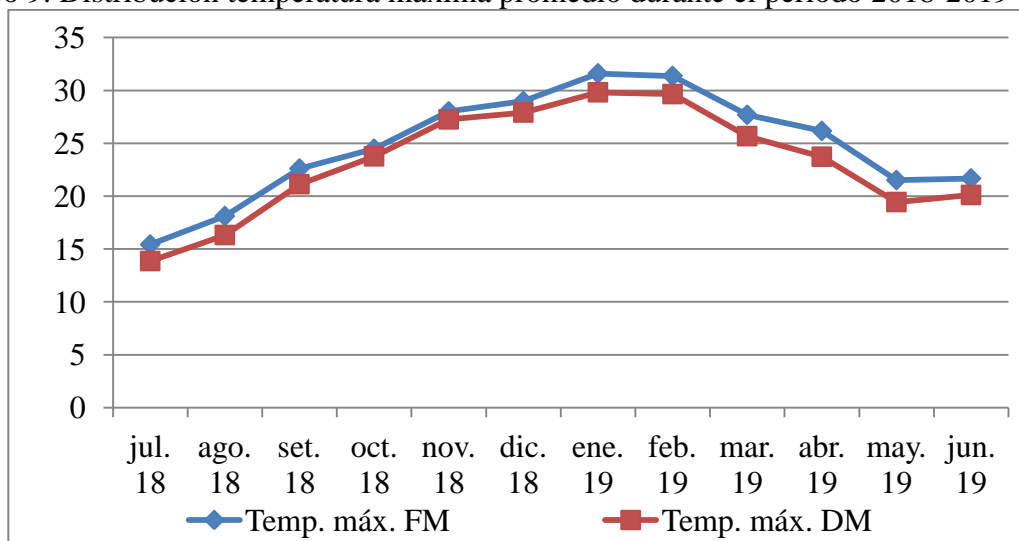


Gráfico 10. Distribución temperatura mínima promedio durante el período 2018-2019

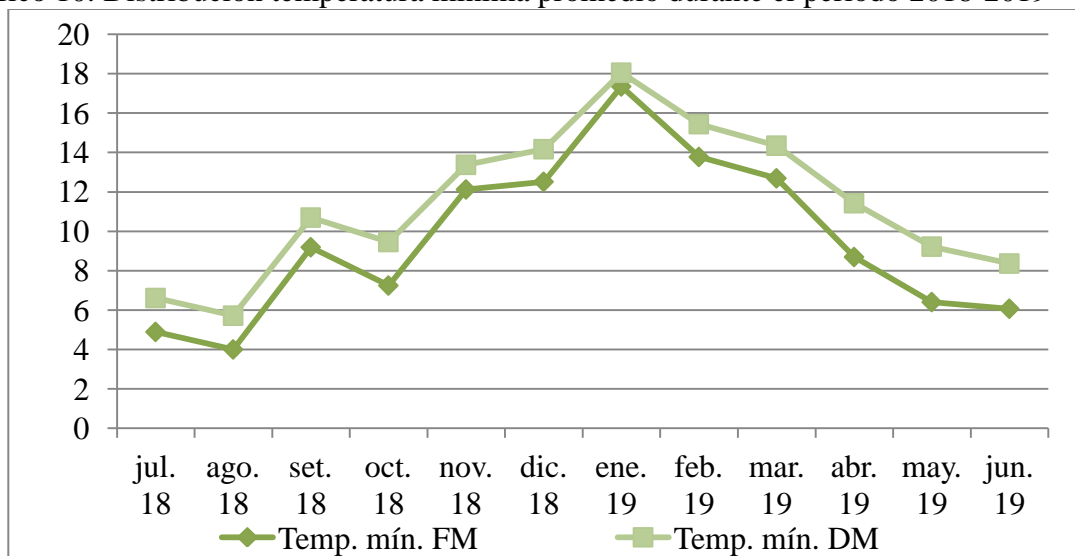
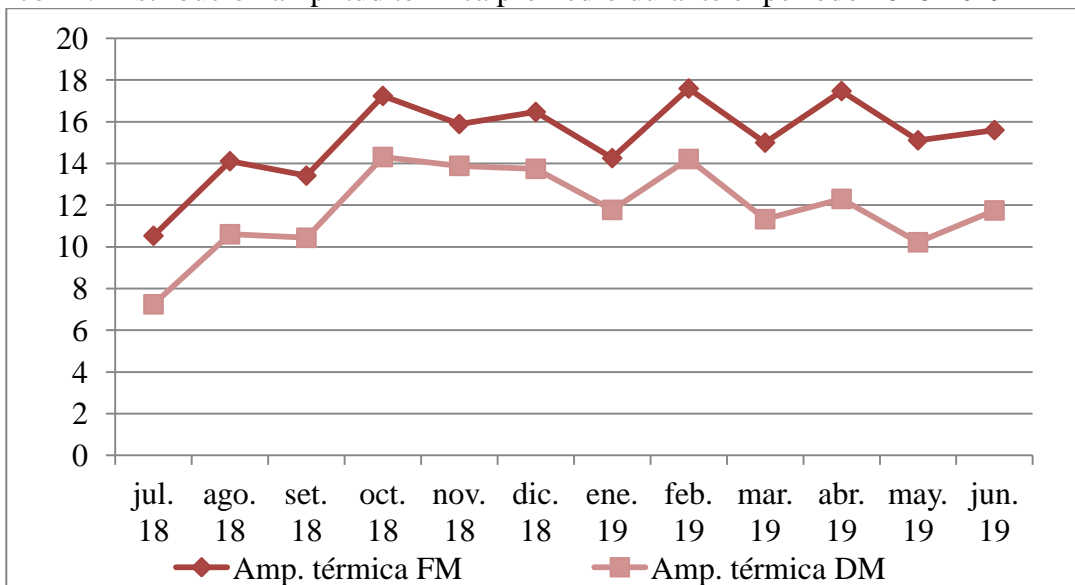


Gráfico 11. Distribución amplitud térmica promedio durante el período 2018-2019



4.2.3. Resultado relación de PAR

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) se registró a cielo abierto (PAR ABV) y bajo los árboles (PAR BLW) se midió bajo monte y en el callejón, sobre las unidades de muestreo, que fueron los cuadros de 1m² ubicados en los mismos puntos que se hizo el análisis de riqueza y porcentaje de área cubierta. Con esos valores se calculó la relación de PAR BLW/ABV, que representa el porcentaje de intercepción de la radiación por las

pasturas del sotobosque o nivel de transmitancia (INTER. RAD. P). El complemento de la transmitancia corresponde al porcentaje de radiación fotosintéticamente activa que fue interceptado por las copas de los árboles (INTER. RAD.).

En el Cuadro 29 se detalla el promedio de todos los tratamientos donde se registró la radiación fotosintéticamente activa expresada en micromoles por metro cuadrado por segundo ($\mu\text{mol} / \text{m}^2\text{s}$) en cada una de las tres fechas estudiadas (18-20 y 21/5/2018, 3/3-4/3/2019, 03/06/2019).

Cuadro 29. Radiación fotosintéticamente activa promedio en las unidades de muestreo

VARIABLES	FECHAS		
	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3
PAR ABV	339.00 \pm 34.64 c	1661.10 \pm 147.55 a	794.83 \pm 132.68 b
PAR BLW	157.36 \pm 15.55 b	682.15 \pm 121.03 a	157.76 \pm 23.36 b
PAR BLW/ABV	0.4794 \pm 0.03 a	0.3979 \pm 0.04 a	0.3646 \pm 0.13 a
INTER. RAD.	52.0750 \pm 3.23 a	60.2500 \pm 4.53 a	63.5759 \pm 13.34 a

FECHA 1, 18-20 y 21/5/2018. FECHA 2, 3/3-4/3/2019. FECHA 3, 03/06/2019. $\mu\text{mol} / (\text{m}^2 \text{s})$, desvío estándar \pm . Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05.

El mayor valor de radiación fotosintéticamente activa (PAR) en la fecha 2, se explica porque en los días que se tomaron los registros el cielo estaba más despejado, en tanto que los menores valores de PAR en la fecha 1 y 3, se explican por una mayor nubosidad. En la fecha 1 hubo un mayor porcentaje de intercepción de la radiación por parte del dosel, pero a nivel general no hubo diferencias significativas entre las fechas. La radiación que atravesó el dosel y llega al sotobosque es de 48 a 37%, coincidiendo con los antecedentes mencionados por Feldhake y Belesky (2009) quienes afirman que la radiación de mayor calidad es absorbida por el componente arbóreo y los espectros luminosos de calidad inferior son los que llegan al estrato herbáceo.

En Cuadros 30 y 31, se observa el promedio de la radiación fotosintéticamente activa registrada en las tres fechas, para cada tratamiento (BM y C) y el promedio de la radiación fotosintéticamente activa resultado de la interacción fecha por tratamiento.

Cuadro 30. Efecto tratamiento sobre relación de PAR

VARIABLES	TRATAMIENTO	
	BM	C
PAR ABV	940.98 ± 134.79 a	922.31 ± 134.79 a
PAR BLW	307.50 ± 63.974 a	357.34 ± 63.974 a
PAR BLW/ABV	0.3939 ± 0.0677 a	0.4340 ± 0.0677 a
INTER. RAD.	60.6049 ± 6.7684 a	56.6624 ± 6.7684 a

$\mu\text{mol} / \text{m}^2 \text{s}$, desvío estándar \pm . Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05.

Cuadro 31. Radiación fotosintéticamente activa promedio para cada tratamiento

VARIABLES	FECHA 1		FECHA 2		FECHA 3	
	BM	C	BM	C	BM	C
PAR ABV	314.8± 48.98 a	363.2± 48.98 a	1715.2 ± 208.66 a	1607± 208.66 a	792.9± 187.63 a	796.7± 187.63 a
PAR BLW	144.2± 21.99 a	170.5± 21.99 a	608.2± 171.16 a	756.1± 171.16 a	170.1± 33.0 a	145.4 ±33.04 a
PAR BLW/ABV	0.47± 0.045 a	0.49± 0.045 a	0.34± 0.06 a	0.45 ±0.06 a	0.37± 0.18 a	0.36± 0.18 a
INTER. RAD.	52.8± 4.56 a	51.4± 4.56 a	65.8± 6.41 a	54.6± 6.41 a	63.2± 18.85 a	63.9± 18.8 a

FECHA 1, 18-20 y 21/5/2018. FECHA 2, 3/3-4/3/2019. FECHA 3, 03/06/2019. $\mu\text{mol} / \text{m}^2 \text{s}$, desvío estándar \pm . Las letras diferentes en un mismo grupo, corresponden a diferencias significativas con p-valor <0.05.

En ambos cuadros se observa que fueron similares los porcentajes de la radiación fotosintéticamente activa que atraviesa el dosel y llega al sotobosque, en los tratamientos bajo monte y callejón. Se explica por el momento en que se tomaron los registros, al mediodía, la orientación del monte y altura del sol, inciden en la radiación que llega al sotobosque. Las características de la copa arbórea (piramidal, alta y poco densa) de la especie *Eucalyptus globulus ssp. globulus* influyen sobre la radiación fotosintéticamente activa interceptada sobre las unidades de muestreo. El diseño de plantación también incide sobre la similitud de los registros, al estar la doble hilera de árboles entre medio de dos callejones de 7 m, se observaba en el momento de tomar los registros que la luz que llega por ambos lados del callejón hace que los registros debajo de los árboles sean similares. Influenciado también por la mortandad de árboles en la línea de plantación ya que la densidad medida en la plantación fue de 714 árboles/ha. Las afirmaciones anteriores se encuentran emparentadas con las mencionadas por Sotomayor y Teuber (2011) quienes afirman que la luminosidad puede ser modificada utilizando distintos marcos de plantación, modificando el IAF (índice de área foliar) con la realización de podas y el espaciado de los árboles mediante raleos.

La radiación sola, en este SSP al final de su ciclo (rodal maduro y a turno de cosecha) alcanza valores entre un 36 a 49% en el callejón en relación con el tratamiento a cielo abierto y esto explica la diferencias de producción de materia seca registradas en los resultados anteriormente mencionados. Por esta razón Caballé et al. (2016) sugieren para la zona NO de la Patagonia Argentina que para tener un adecuado desarrollo de las especies que componen al campo natural dentro de monte, es necesario mantener una cobertura arbórea igual o inferior al 50%, para que no se afecte la producción óptima de las especies forrajeras que crece bajo los árboles.

5. CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo general, ya que se evaluó la utilidad de los sistemas silvopastoriles como amortiguadores de las condiciones ambientales extremas así como la cantidad y calidad de forraje producido bajo dosel.

Se cumplió con los objetivos específicos, ya que se caracterizó el ambiente biofísico bajo dosel y en condiciones de cielo abierto. Además se describió y analizó la composición florística y producción de forraje bajo dosel y en condiciones de cielo abierto.

Respecto a la hipótesis de composición florística y producción de materia seca, se concluye:

dentro de la familia Poaceae (43% de especies identificadas), se observó aumento de especies invernales en relación a las estivales bajo monte, con una relación E/I de 0,94 dentro de monte y 1 a cielo abierto.

La cobertura y productividad de las especies en el sotobosque, se ve afectada por el porcentaje de hojarasca. Bajo monte el entramado se encuentra dominado por *Cynodon dactylon* y hojarasca, el callejón se cubre con forrajeras, hierbas y compuestas, disminuyendo la hojarasca. En cielo abierto dominan las forrajeras y hay una mayor diversidad de especies en el tapiz vegetal.

La producción de materia seca, es tres veces mayor a campo abierto en relación al callejón.

Respecto a la hipótesis de condiciones de radiación incidente y amplitud térmica, se concluye:

las esferas de Vernon en ambos períodos registraron diferencias de temperaturas promedios entre los tratamientos de 7 a 8 °C superiores fuera de monte con relación a dentro de monte.

Los sensores del abrigo meteorológico, registraron similar temperatura promedio entre los tratamientos a cielo abierto y callejón. Pese a eso, se constata la función reguladora de los árboles generando una menor amplitud térmica.

La radiación fotosintéticamente activa (PAR) se reduce prácticamente a la mitad bajo el dosel forestal con respecto al cielo abierto y esta disminución no se diferenció significativamente bajo filas de árboles en relación a la entrefila de árboles (callejón). La orientación del monte y altura del sol, al momento de tomar registro inciden sobre la radiación registrada.

Estos cambios en el microclima por efecto de los árboles, generan un ambiente de “mejor confort” al animal bajo la copa de los árboles, con su efecto sombra. Las condiciones microclimáticas de menor amplitud térmica, mayor nivel de sombreado, infieren sobre la composición florística y capacidad productiva del sotobosque.

Como consideraciones finales se reconoce la oportunidad de continuar en diferentes líneas de trabajo en sistemas silvopastoriles en Uruguay, estudios con énfasis en: el componente forestal con fin comercial (especies, arquitectura y estructura del árbol, manejo silvícola, diseño de plantación), cantidad y calidad de radiación solar en dosel y bajo dosel forestal y evaluación de calidad y cantidad de forraje y bienestar animal en relación a la productividad ganadera del SSP.

6. RESUMEN

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa productiva para los productores ganaderos. Si bien se han realizado estudios de pasturas extensivas, así como de las condiciones de temperatura y luz que se generan en estos sistemas existe poca información en condiciones de sombra. El estudio fue realizado en un establecimiento ubicado en paraje Marmarajá en el Departamento de Lavalleja de coordenadas 54°49' W, 34°06' S. El establecimiento contaba con 220 has forestadas con *Eucalyptus globulus ssp. globulus*, de 9,5 a 10 años de edad. El diseño de plantación fue mediante silvopastoreo (2x2) + 7 m con una densidad de 714 árboles/ha. La cobertura y riqueza de especies fueron evaluadas 5 parcelas en las que se repiten 3 situaciones diferentes: bajo monte, callejón de 7 m y cielo abierto. Se establecieron dos jaulas de exclusión móviles de 1m² de superficie, con el fin de evaluar la producción estacional expresada en KgMs/ha en los callejones de las parcelas y afuera de monte. Las muestras fueron procesadas en laboratorio, donde se determinó: materia seca (% MS), proteína cruda (% PC) y fibra detergente ácido (% FDA). Para registrar las condiciones microclimáticas se estableció un abrigo meteorológico en el callejón de la parcela 2 y uno a cielo abierto. El monitoreo se realizó por medio de sensores de temperatura y humedad del aire HOBO-Pendant, se hizo un análisis descriptivo de los resultados. Los aportes de radiación solar directa y convección fueron detectados mediante esferas de Vernon (globos negros), con registrador automático de temperatura i-Buttons (Thermochron) en su interior. La transmitancia se midió con ceptómetro AccuPAR LP-80. Los análisis estadísticos de las variables del tapiz vegetal y transmitancia, se realizaron mediante el software SAS (statistical analysis software). Los datos de esferas de Vernon fueron analizados mediante un modelo SARIMA y se compararon las medias múltiples con el método Tukey-Kramer (p-valor de 0,05). Respecto a la composición florística, en la familia Poaceae (43% de especies identificadas), se observó aumento de especies invernales en relación a las estivales bajo monte, con una relación E/I de 0,94 dentro de monte y 1 a cielo abierto. La cobertura y productividad de las especies en el sotobosque, se ve afectada por el porcentaje de hojarasca. Bajo monte el entramado se encuentra dominado por *Cynodon dactylon* y hojarasca, el callejón se cubre con forrajeras, hierbas y compuestas, disminuyendo la hojarasca. En cielo abierto dominan las forrajeras y hay una mayor diversidad de especies en el tapiz vegetal. La producción de materia seca, que es tres veces mayor a campo abierto en relación al callejón. Con respecto a las condiciones microclimáticas, las esferas de Vernon en ambos períodos registraron diferencias de temperaturas promedios de 7 a 8 °C superiores fuera de monte con relación a dentro de monte. A nivel de abrigo meteorológico, se contacta la función reguladora de los árboles generando una menor amplitud térmica. La radiación fotosintéticamente activa (PAR), la orientación del monte y altura del sol, al momento de tomar registro inciden sobre la radiación registrada. Los cambios en el microclima inducidos por los árboles, generan un ambiente de “mejor confort” al animal e infieren sobre la composición florística y capacidad productiva del sotobosque.

Palabras clave: Caracterización; Silvopastoreo; Tapiz vegetal; Microclima.

7. SUMMARY

Silvopastoral systems are a productive alternative for livestock producers. Although extensive pasture studies have been carried out, as well as the temperature and light conditions generated in these systems, there is little information on shady conditions. The study was carried out in an establishment located in Marmarajá area in the Department of Lavalleja at coordinates 54°49' W, 34°06' S. The establishment had 220 hectares forested with *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*, 9.5-10 years old. The plantation design was through silvopastoralism (2x2) + 7 m with a density of 714 trees / ha. The coverage and richness of species were evaluated 5 plots in which 3 different situations are repeated: under mount, 7 m alley and open sky. Two mobile exclusion cages of 1m² of surface were established, in order to evaluate the seasonal production expressed in KgMs / ha in the alleyways of the plots and outside the forest. The samples were processed in the laboratory, where it was determined: dry matter (% DM), crude protein (% PC) and acid detergent fiber (% FDA). To record the microclimatic conditions, a meteorological shelter was established in the alley of plot 2 and one under the open sky. The monitoring was carried out by means of HOBO-Pendant air temperature and humidity sensors, a descriptive analysis of the results was made. The contributions of direct solar radiation and convection were detected by means of Vernon spheres (black globes), with an automatic temperature recorder i-Buttons (Thermochron) inside. The transmittance was measured with the AccuPAR LP-80 ceptometer. The statistical analyzes of the variables of the vegetation cover and transmittance were carried out using the SAS software (statistical analysis software). Vernon spheres data were analyzed using a SARIMA model and multiple means were compared with the Tukey-Kramer method (p-value of 0.05). Regarding the floristic composition, in the Poaceae family (43% of identified species), an increase in winter species was observed in relation to the summer ones under the bush, with an E / I ratio of 0.94 inside the bush and 1 in the open sky. . The coverage and productivity of the species in the understory is affected by the percentage of litter. Under mount the framework is dominated by *Cynodon dactylon* and litter, the alley is covered with forage, grasses and composites, decreasing the litter. In the open sky, forage crops dominate and there is a greater diversity of species in the vegetation cover. The production of dry matter, which is three times higher in the open field in relation to the alley. With respect to the microclimatic conditions, the Vernon spheres in both periods registered average temperature differences of 7 to 8 °C higher outside the forest compared to within the forest. At the meteorological shelter level, the regulatory function of the trees is contacted, generating a lower thermal amplitude. The photosynthetically active radiation (PAR), the orientation of the mountain and the height of the sun, at the time of recording, affect the registered radiation. The changes in the microclimate induced by the trees generate an environment of "better comfort" for the animal and infer the floristic composition and productive capacity of the understory.

Keywords: Characterization; Silvopastoralism; Vegetable tapestry; Microclimate.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, J. L.; Ibarburu, G. 2011. Evaluación del crecimiento de mezclas forrajeras sembradas en montes de *Eucalyptus globulus ssp globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
2. Acosta, P.; Pastorini, V. 2010. Integrar para mitigar efectos del cambio climático y producir sustentablemente ganadería-forestación. In: Seminario Técnico (2010, Tacuarembó). Diversificación de especies y forestación a pequeña escala en el Uruguay. Montevideo, Uruguay. pp. 19-28 (Actividades de Difusión no. 625).
3. Aguirre, J.; Garret, A. 2008. Guía de modelos agroforestales para el Uruguay. Montevideo, MGAP. 37 p.
4. Almada López, A.; Garat Benvenuto, A. 2010. Evaluación del crecimiento de leguminosas forrajeras bajo un monte de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 125 p.
5. Amaya García, J.; Rivas de los Santos, N. 2012. Recría de terneras Hereford en silvopastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 78 p.
6. Amico, I. 2011. Cortinas forestales. Chubut, INTA. pp. 99-102 (Serie técnica no. 22)
7. Anghinoni, I.; Carvalho, P.; Valadão, S.; Costa, G. 2013. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. *Tópicos em Ciência do Solo*. 8:325-380.
8. Arrarte, C. 2000. Impacto de las plantaciones forestales en Uruguay. *Biodiversidad*. 15:25-26.
9. Barro, R.; Varella, A.; Lemaire, G.; de Medeiros, R.; de Saibro, J.; Nabinger, C.; Bangel, F.; Carassai, 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.
10. Beer, J.; Lucas, C.; Kapp, G. 1994. Reforestación con sistemas agrosilviculturales permanentes vs. plantaciones puras. *Agroforestería en las Américas*. 1(3):21-25.

11. Belsky, A. J. 1992. Effects of trees on nutritional quality of understorey gramineous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands*. 5(26):12-60.
12. Benítez, V.; Santa Cruz, R.; Viñoles Gil, C.; Posse, J. P.; Fedrigo, J. K. 2019. Simulación de sombra para una plantación silvopastoril de eucalipto híbrido según la orientación de plantación: N-S o E-O. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 478-479.
13. Beretta, V.; Simeone, A.; Bentancur, O. 2013. Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos. *Agrociencia (Uruguay)*. 17(1):131-140.
14. Boccanelli, S.; Pire, E.; Torres, P.; Lewis, P. 1999. Cambios en la vegetación de un campo abandonado después de un cultivo de trigo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 34(2):151-157.
15. Bond, T. E.; Kelly, C. F. 1955. The globe thermometer in agricultural research. *Agricultural Engineering*. 36(4):251-260.
16. Boscana, M.; Varela Casadey, F. 2011. Factores que influyen en la incorporación del rubro forestal en predios agropecuarios de los departamentos de Florida, Flores y Durazno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 121 p.
17. _____.; Boragno, L. 2019a. Estadística forestal 2019. Montevideo, MGAP. DGF. 65 p.
18. _____.; Rachetti, M.; Munka, C.; González, A.; Bussoni, A. 2019b. Recomendaciones para la integración de forestaciones en predios ganaderos y lecheros familiares. Montevideo, Comisión Nacional de Fomento Rural. 76 p.
19. Braun, A.; Van Dijk, S.; Grulke, M. 2016. Incremento de los sistemas silvopastoriles en América del Sur. Asunción, Paraguay, BID. 40 p.
20. Broom, D.; Galindo, F.; Murgueitio, E. 2013. Producción ganadera sostenible, eficiente con alta biodiversidad y buen bienestar para los animales. (en línea). *Proceedings of the Royal Society B*. 280(1171):2013-2025. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2025>
21. Budowsky, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.

22. Bueno Larroque, H.; Bobadilla Robledo, P.; Huertas Canén, S. 2019. Caracterización de la calidad de especies forrajeras nativas en un sistema silvopastoril con *Eucalyptus globulus* y de campo natural en el centro-Sur de Uruguay. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10°. 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 188-195.
23. Burley, J.; Wood, J. 1995. Agroforestry. Developing World Agriculture. s.l., The Netherlands, Grosvenor. 78 p.
24. Bussoni, A.; Alvarez, J.; Cubbage, F.; Ferreira, G.; Picasso, V. 2017. Diverse strategies for integration of forestry and livestock production. (en línea). Agroforestry Systems. 93:333-334. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0092-7>
25. _____.; Boscana, M.; Llanos, E. 2019. Estudios de caso en sistemas silvopastoriles: análisis productivo y económico. In: Bussoni, A. ed. Producción ganadera y forestal: análisis de sistemas de producción integrados. Montevideo, INIA. pp. 15-58 (FPTA no. 70).
26. Bustamante, G.; Arena, M.; Blazina, A. P.; Soler, R. 2019. Efecto del dosel de *Berberis microphylla* sobre las condiciones microclimáticas en bosques degradados de *Nothofagus antarctica* en Tierra del Fuego, Argentina. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10°. 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 92-94.
27. Caballé, G.; Fernández, M.; Gyenge, J.; Lantschner, V.; Letourneau, F.; Borrelli, L. 2016. Silvopastoral systems based on natural grassland and ponderosa pine in northwestern Patagonia, Argentina. In: Peri, P.; Dube, F.; Varella, A. eds. Silvopastoral Systems in South America. New York, Springer. pp. 89-115.
28. Calle, Z.; Murgueitio, E.; Chará, J. 2012. Integrating forestry, sustainable cattle-ranching and landscape restoration. (en línea). Unasylva. 63(239):31-40. Consultado feb. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/286762052_Integrating_forestry_sustainable_cattle-ranching_and_landscape_restoration
29. Callero, J. 2008. El Sistema Silvopastoril de la Caja de Jubilaciones y Pensiones Bancarias en sus Centros Forestales 1 y 2. In: Programa nacional de investigación en producción forestal. Montevideo, INIA. pp. 5-8 (FPTA no. 535).

30. Costa, M.; Bussoni, A.; Mello, R.; Santoro, M.; Rodríguez, D.; Landa, F. 2010. Campos de recría en el Uruguay: gestión de los recursos y formas contractuales. *Agrociencia (Uruguay)*. 14(2):66-77.
31. Cabbage, F.; Balmelli, G.; Bussoni, A.; Noellemeyer, E.; Pachas, A.; Fassola, H.; Colcombet, L.; Rossner, B.; Frey, G.; Dube, F.; Lopes de Silva, M.; Hamilton, J.; Hubbard, W. 2012. Comparing silvopastoral systems and prospects in eight regions of the World. *Agroforestry Systems*. 86:303-314.
32. Da Silva, V. P.; Sales, M. J.; Franceschi, M. L.; Morcelles, N. R. 2010. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. s.l., EMBRAPA Florestas. 50 p.
33. Del Giorgio, F.; Hernández, C.; Motta, S.; Amarillo, G.; Cabrera, E.; Frigerio, J.; Fedrigo, J. K.; González Tállice, J. 2019. Evaluación de la productividad de dos especies forrajeras C4 en sistemas silvopastoriles. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 452-459.
34. Dubeux, J. C.; Sollenberger, L. E.; Mathews, B. W.; Scholberg, J. M.; Santos, H. Q. 2007. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. (en línea). *Crop Science*. 47(3):915-928. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.09.0581>
35. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2010. An international consultation on integrated crop-livestock systems for development. *The Way Forward for Sustainable Production*. Rome. 79 p.
36. Farley, K. A.; Jobbágy, E. G.; Jackson, R. B. 2005. Effects of afforestation on water yield. *Global Change Biology*. 11:1565-1576.
37. Fassola, H. E.; Lacorte, S. M.; Pachas, A. N.; Piezzuti, R. 2005. Factores que influncian la producción de biomasa forrajera de *Axonopus jusuiticus Valls*, bajo dosel de *Pinus taeda L.* en el Nordeste de Corrientes. *RIA*. 34(3):21-38.
38. Fedrigo, J. K.; Benítez, V.; Santa Cruz, R.; Posse J.; Santiago Barro, R.; Hernández, J.; Mantero, C.; Morales Olmos, V.; David Silveira, E.; Viñoles, C. 2018. Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Sociedad de Medicina Veterinaria del Uruguay*. 54(209):20-30
39. Feldhake, C. M.; Belesky, D. P. 2009. Photosynthetically active radiation use efficiency of *Dactylis glomerata* and *Schedonorus phoenix* along a hardwood tree-introduced light gradient. *Agroforestry Systems*. 75:189-196.

40. Fernández, M.; Gyenge, J.; Schlichter, T. s.f. Sistemas silvopastoriles en la Patagonia: primeros resultados de una nueva perspectiva de producción. (en línea). Bariloche, INTA. 5 p. Consultado feb. 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/00-silvopastoril.htm
41. Frey, G. E.; Pachas, A. N.; Noellemeyer, E.; Balmelli, G.; Fassola, H. E.; Colcombet, L.; Stevenson, H. D.; Hamilton, J.; Hubbard, W.; Cabbage, F. W. 2009. Resumen y comparación de los sistemas silvopastoriles en seis regiones del mundo. In: Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles (1º, 2009, Misiones, Argentina). Libros de actas. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 435-446.
42. Furbank, R. T.; Jenkins, C. L.; Hatch, M. 1990. C4 photosynthesis: quantum requirement, C4 acid overcycling and Q-cycle involvement. *Australian Journal of Plant Physiology*. 17:1-7.
43. Gallego, F.; Lezama, F.; Pezzani, F.; López Mársico, L.; Leoni, E.; Mello, A. L.; Costa, B. 2017. Estimación de la productividad primaria neta aérea y capacidad de carga ganadera: un estudio de caso en Sierras del Este, Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 21(1):120-130.
44. Gallo, L. 2006 Sistemas silvopastoriles. *Revista del Plan Agropecuario*. no. 119:30-35.
45. Geremia, E. V. 2016. Estrutura do dossel forrageiro e comportamento ingestivo de novilhas em *Brachiaria brizantha* cv. Piatã sob regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta. Tese de Doutora em Ciência Animal e Pastagens. Piracicaba, Brasil. Universidade de São Paulo. 152 p.
46. _____.; Crestani, S.; Mascheroni, J. D.; Carnevalli, R. A.; Mourão, G. B.; Da Silva, S. C. 2018. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a croplivestock-forestry integration area. *Livestock Science*. 212:83-92.
47. Gil, J.; Espinoza, Y.; Obispo, N. 2005. Relaciones suelo-planta-animal en sistemas silvopastoriles. (en línea). *Revista Digital CENIAP*. 9:1-3. Consultado feb. 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/33-realacion_suelo_planta_animal_silvopastoril.pdf

48. Gliessman, S. R. 1989. Integrating trees into agriculture: the home garden agroecosystem as an example of agroforestry in the tropics. *In*: Gliessman, S. R. ed. Agroecology: researching the ecological basis for agriculture. New York, Springer-Verlag. pp. 160-161 (Ecological Studies no. 78).
49. Global Network on Silvopastoral Systems, US. 2020. Network members. (en línea). New York. s.p. Consultado oct. 2020. Disponible en <https://globalsilvopastoralnetwork.org/>
50. Gómez, V. 2004. Cubiertas forestales y respuesta microclimática. Madrid, España, EUIT Forestal. Departamento de Silvopascicultura. pp. 84-100.
51. González Torres, D. A. 2008. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. Tesis de Maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 49 p.
52. Hansen, P. J. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*. 82 (83):349-360.
53. 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.
54. Huertas Canén, S. M. 2019. El bienestar animal, condición de la ganadería en el mundo: oportunidades para el silvopastoreo. *In*: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp 21-32.
55. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2021. Características climáticas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2021. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/caracteristicas-climaticas>
56. Kilinka, K.; Chen, H.; Wang, Q.; Montigny, L. 1996. Forest canopies and their influence on understory vegetation in early-seral stands on West Vancouver Island. *Northwest Science*. 70:193-200.
57. Lapetina, J. 2008. Sombra, abrigo y más: incorporación de áreas arboladas a la ganadería. Montevideo, Hemisferio Sur. 128 p.
58. Lambers, H.; Stuart Chapin, F; Pons, T. L. 1998. *Plant Physiological Ecology*. 2nd. ed. New York, Springer. 591 p.

59. Laurencena, M.; Carponi, M.; Reinoso, P.; Butus, M.; Scorciapino, C.; Galli, Ma.; Pérez, G. 2009. Comportamiento de céspedes de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. en Paraná Entre Ríos, Argentina. (en línea). Ciencia, Docencia y Tecnología. 20 (39):129-141. Consultado abr. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/145/14512426007.pdf>
60. Leblanc, S.; Chen, J.; Fernades, R.; Derring, 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.
61. Lin, C. H.; Mc Graw, R. L.; George, M. F.; Garrett, H. E. 1999. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. Agroforestry Systems. 44:109-119.
62. Macedo Pezzopane, J. R.; Franceschi Nicodemo, M. L.; Bosi, C.; Roseetto García, A.; Lulu, J. 2019. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. Journal of Thermal Biology. 79:103-111.
63. MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, UY). 2015. Planes de uso y manejo de suelos. Montevideo. s.p.
64. _____. DGF (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General Forestal, UY). 2018. Resultados de la cartografía forestal nacional 2018. (en línea). Montevideo. 21 p. Consultado ene. 2020. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-forestal/informacion-tecnica/informe-de-resultados>
65. _____. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Recursos Naturales Renovables, UY). 2019. Descripción de grupos de suelos CONEAT. (en línea). Montevideo. 62 p. Consultado abr. 2021. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6ZjFHUg_VvYJ:vieragro.com.uy/wp-content/uploads/2019/05/descripcion_de_grupos_de_suelos_coneat-1.pdf+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=uy
66. Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2ª. ed. San José, Costa Rica, Organización para Estudios Tropicales (OTS). 622 p.
67. _____.; Ibrahim, M.; Murgueitio, E. 2013. Silvopastoral systems and mitigation of climate change in Latin America. Bois et Forêts des Tropiques. 316:3-16.

68. Mora, V. s.f. Pastoreo bajo plantaciones. (en línea). San José, Costa Rica. 11 p. Consultado may. 2020. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo%20silvopastoril/40-pastoreo_bajo_plantaciones.pdf
69. Munka, C.; Bussoni, A.; Boscana, M.; Álvarez, J.; Rachetti, M.; Cabrera, G.; Fernández, E. 2017. Forestación en predios ganaderos del Sur del Uruguay: evaluación del ambiente térmico. In: Congreso Internacional Sistemas Silvopastoriles (9º., 2017. Manizales, Colombia). Libro de actas. Manizales, Colombia, s.e. pp. 147-166.
70. _____.; Saravia Tomasina, C.; Boscana Goires, M.; Rachetti Canessa, M. 2019. Evaluación del efecto abrigo de una cortina de *Eucalyptus dunii* en un predio ganadero en el Sur del Uruguay. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 204-206.
71. Navas, A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. Revista ACOVEZ. 37(3):16-20.
72. _____. 2016. Materiales educativos sobre uso y conservación del bosque seco tropical. (en línea). Tropenbos Internacional. 6:6-62. Consultado jun. 2021. Disponible en <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/08/6-Sistemas-silvopastoriles.pdf>
73. Nair, P. K. 1989. Classification of agroforestry systems. In: Nair, P. K. ed. Agroforestry systems in the tropics. Dordrecht, Kluwer. pp. 39-52.
74. Neme, E.; Terzieff, J. 2002. Composición específica y productividad de pasturas naturales bajo *Eucalyptus globulus* de 1, 2, 3 y 4 años en la localidad de Cerro Colorado, Departamento de Florida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 62 p.
75. Pantoja, M. H.; Esteves, S. N.; Jacinto, M. A.; Pezzopane, J. R.; Paz, C. C.; Silva, J.; Lourenço Junior, J. B.; Brandão, F. Z.; Moura, A. B.; Romanello, N.; Botta, D.; García, A. R. 2017. Thermoregulation of male sheep of indigenous or exotic breeds in a tropical environment. (en línea). Journal of Thermal Biology. 69:302-310. Consultado may. 2020. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29037398>
76. Pattarino, C. 2020. Récord en el stock vacuno: los terneros superan los 3 millones. (en línea). Montevideo, Blasina y Asociados. s.p. Consultado may. 2021. Disponible en <https://blasinayasociados.com/record-en-el-stock-vacuno-los->

[terneros-superan-los-3-millones/#:~:text=El%20Ministerio%20de%20Ganader%C3%ADa%20Agricoltura,963%20a%2012.153.643%20cabezas.](#)

77. Pereira, J. M.; Rezende, C. P. 1996. Sistemas silvipastoris: fundamentos agoecológicos e estado da arte no Brasil. In: Simposio sobre Manejo de Pastagem (13º.,1996, Piracicaba, SP). Actas. Piracicaba, FELAQ. pp. 199-219.
78. Pereira Machín, M. 2013. Using participatory research, remote sensing and field surveys to build a state and transition model for the native pastures of northern Uruguay. (en línea). In: International Grassland Congress (22nd., 2013, Sydney, AU). Proceedings. Orange, New South Wales, Australia, New South Wales Department of Primary Industry. pp. 1084-1087. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1448&context=igc>
79. Pérez Bidegain, M.; García, F.; Duran, A. 2001. Soil use change effect, from pastures to Eucalyptus sp., on some soil physical and chemical properties in Uruguay. In: International Conference on Land Degadation and Meeting of the IUSS Subommission C- Soi land Water Conservation (3rd., 2001, Rio de janeiro, BR). Proceedings. Rio de Janeiro, EMBRAPA. s.p.
80. Peri, P. L.; Dube, F.; Varella, A. C. 2016. Silvopastoral Systems in the subtropical and temperature zones of South America: an Overview. In: Peri, P.; Dube, F.; Varella, A. eds. Silvopastoral Systems in Southern South America. New York, Springer. pp. 1-9.
81. _____.; Chará, J.; Mauricio, R. M.; Bussoni, A.; Escalanta, E. E.; Sotomayor, A.; Marquez, S. P.; Colcombet, L.; Murgueitio, E. 2019. Implementación y producción en SSP de Sudamérica como alternativa productiva: Beneficios, limitaciones y desafíos. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 263-291.
82. Pezo, D.; Ibrahim. M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Turrialba, CATIE/GTZ. 275 p.
83. Pezzopane, J. R.; Bosi, C.; Nicodemo, M. L.; Santos, P. M.; Da Cruz, P. G.; Parmejiani, R. S. 2015. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. (en línea). *Bragantia*. 74(1):110-119. Consultado feb. 2021. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052015000100110

84. Pillar, V.; Boldrini, I.; Lange, O. 2002. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. (en línea). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 27(6):735-761. Consultado feb. 2021. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000600003
85. Polla, M. 1998. El proceso de desarrollo forestal y agroforestal en la República Oriental del Uruguay. (en línea). In: Congreso Latinoamericano IUFRO (1°. 1998, Valdivia, Chile). Libro de actas. Montevideo, MGAP. s.p. Consultado may. 2020. Disponible en <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005039/tema2/PollaM ariaCristina1.pdf>
86. _____. 2000. Experiencias en sistemas productivos agroforestales y silvopastoriles en Uruguay. (en línea). Montevideo, MGAP. 6 p. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://docplayer.es/66960771-Experiencias-en-sistemas-productivos-agroforestales-y-silvopastoriles-en-uruguay.html>
87. RAI (Real Academia de Ingeniería, ES). s.f. Diccionario español de ingeniería. (en línea). Madrid, España. s.p. Consultado mar. 2021. Disponible en <http://diccionario.raing.es/es/lema/transmitancia>
88. Ravera, G. S. 2002. Crecimiento de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* en diferentes sitios y en relación al desarrollo radicular en el Valle Serrano del arroyo El Soldado, Dpto. Lavalleja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 95 p.
89. Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; De Basilio, V.; Gourdine, J. L.; Collier, R. J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. (en línea). Animal. 6(5):707-728. Consultado feb. 2021. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22558920/>
90. Reynolds, S. G. 1995. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 p.
91. Rivas, M.; Jaurena, M.; Gutiérrez, L. 2014. Diversidad vegetal del campo natural de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick en Uruguay. Agrociencia (Uruguay). 18(2):14-27.
92. Rosengurtt, B.; Arrillaga de Maffei, B.; Izaguirre de Artucio, P. 1970. Gramíneas Uruguayas. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 494 p.

93. Rovira, P.; Velazco, J. 2007. Sombra: buena para el ganador, mejor para el productor. (en línea). Montevideo, INIA. pp. 2-5 (FPTA no. 13). Consultado feb. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445120308113926.pdf>
94. Sage, R. F.; Mc Kown, A. D. 2006. Is C4 photosynthesis less phenotypically plastic than C3 photosynthesis? *Journal of Experimental Botany*. 57:303-317.
95. Sharrow, S. H. 1999. Silvopastoralism: competition and facilitation between trees, livestock, and improved grass-clover pastures on temperate rainfed lands. In: Buck, L.; Lassoie, J.; Fernandes, E. eds. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. Boca Raton, Florida, CRC. pp. 111-130.
96. Silveira, E. D. 2015. Estudio comparativo de la vegetación y cobertura del suelo bajo plantaciones forestales y campo natural. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la Republica. Facultad de Agronomía. 91 p.
97. _____.; Cadenazzi, M.; Zanoniani, R.; Boggiano, P. 2018. Estructura de las comunidades herbáceas en áreas con plantaciones forestales. *Agrociencia* (Uruguay). 22(1):1-12.
98. Simeone, A.; Beretta, V.; Elizalde, J. C.; Cortazzo, D.; Viera, G. 2010. La problemática del verano en la recría y engorde de ganado de carne en condiciones de pastoreo y de corral. In: *Jornada de la UPIC* (12º., 2010, Paysandú, Uruguay). Libro de actas. Paysandú, Uruguay, EEMAC. pp. 56-63.
99. Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. (en línea). *Agroforestry Systems*. 19(3):233-240. Consultado may. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/227119255_Revisiting_the_past_an_essay_on_agroforestry_definition
100. _____. 1997. Pastoreo bajo plantaciones forestales. *Agroforestería en las Américas*. 4(15):26-28.
101. Sotomayor, Á.; Teuber, O. 2011. Evaluación del efecto de los árboles manejados bajo ordenación silvopastoral en los parámetros climáticos del sitio, en relación a un manejo ganadero sin árboles. *Ciencia e Investigación Forestal*. 17:23-40.

102. Stadtmuller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: medidas para mitigarlo. Turrialba, CATIE. 62 p.
103. Stur, W.; Shelton, H. 1991. Sistemas silvopastoriles. Montevideo, Facultad de Agronomía. 1 p.
104. Tamosiunas, M. 2015. La integración productiva de árboles y ganado en predios familiares: la visión del productor. *Agrociencia (Uruguay)*. 19:150-157.
105. Thomas, S. C.; Halpern, C. B.; Falk, D. A.; Liguori, D. A.; Austin, K. A. 1999. Plant diversity in managed forests: understory responses to thinning and fertilization. *Ecological Application*. 9(3):864-879.
106. Tommasino, H. 2010. 15 años de cambios en el agro uruguayo: impacto en la ganadería vacuna. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 365-381.
107. Torres, A.; Casella, M.; Cedres, A.; Munka, C.; Pastorini, V.; Pose, J. 1995. Diagnóstico de sistemas agroforestales del Uruguay. Facultad de Agronomía (Montevideo). Nota técnica no. 40. 36 p.
108. Toruño, I.; Mena, M.; Guharay, F. 2015. Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. (en línea). Nicaragua, CRS. 77 p. Consultado feb. 2021. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles
109. Varela, F.; Dieguez, F.; Bussoni, A.; Boscana, M.; Llanos, E. 2017. Desarrollo de un modelo de simulación para sistemas de silvopastoreo en Uruguay. *In*: Congreso Forestal Español (7º., 2017, Cáceres, Extremadura). Libro de actas. Extremadura, SECF. pp. 1-12.
110. Varella, A. C.; Porfirio Da Silva, V.; Ribaski, J.; Soares, A. B.; Moraes, A.; Moraes, H.; Salibro, J. C.; Barro, R. S. 2012. Establecimiento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil. *In*: Fontaneli, R. S.; Santos, H. P.; Fontaneli, R. S. eds. Forrageiras para integração lavoura pecuária floresta na região Sul-brasileira. Brasília, EMBRAPA. pp. 435-459.
111. _____.; Barro, R. S.; Silva, J. L.; Silva, V. P. 2016. Silvopastoral Systems in the cold zone of Brazil. *In*: Peri, P.; Dube, F.; Varella, A. eds. Silvopastoral Systems in Southern South America. New York, Springer. pp. 231-255.
112. Vasallo, M. 2011. Dinámica y competencia intrasectorial en el agro: Uruguay 2000-2010. Montevideo, Facultad de Agronomía. 169 p.

113. Von Stackelberg, N.; Chescheir, G.; Skaggs, R.; Amatya, D. 2007. Simulation of the hydrologic effects of afforestation in the Tacuarembó River Basin, Uruguay. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 50:455-468.
114. Wolff Cristaldo, N. 2019. Contribución de las franjas de bosques al bienestar animal en áreas pastoriles en el Chaco central Paraguayo. In: Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles (10º., 2019, Asunción, Paraguay). Libro de actas. Cali, Colombia, CIPAV. pp. 637-644.
115. Zarza, R.; Millot, J.; Bemhaja, M.; Cadenazzi, M. 2006. Efectos de la sombra sobre la composición botánica de pasturas naturales en areniscas. In: Bemhaja M.; Pittaluga, O. eds. 30 años de investigación en suelos de areniscas, INIA Tacuarembó. Montevideo, INIA. pp. 379-381 (Serie Técnica no. 159).

9. ANEXOS

Anexo 1

Inventario forestal, a continuación se puede observar el resultado dasométrica del inventario realizado el 3 de junio de 2019 en el rodal de *Eucalyptus globulus ssp. globulus*. Se estimo el número de árboles (No. árb./ha), altura media (H media, m), diámetro a la altura de pecho (DAP, cm), el volumen de madera (V, m³/ha) y el incremento medio anual (IMA, m³/ha/año).

Cuadro 1. Inventario forestal

Esp.	Parc.	No. árb./ha	H media (m)	Dap. medio (cm)	AB (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	IMA (m ³ /ha/año)
<i>E. globulus</i>	1	781	20	20	23	235	22
	2	728	17	17	25	212	20
	3	763	23	23	27	309	29
	4	572	17	17	16	138	13
	5	673	20	20	27	274	26

IMA, incremento media anual.

Anexo 2

Cuadro 2. Información de clase utilizada

Clase	Niveles	Valores
Fechas	2	1- 2
Tratamientos	3	AFM- BM- C
Parcela	6	0 -1- 2- 3- 4- 5

AFM, BM, C, afuera de monte, bajo monte, callejón.

Anexo 3

Cuadro 3. Características grupos CONEAT

Grupos CONEAT	2.11 a	2.11 b	2.12
Se encuentra asociado	Sierras rocosas	Sierras rocosas	Sierras no rocosas
Pendiente	5 – 20 %	>15%	5 – 15 %
Materiales geológicos	Ígneas, metamórficas	Rocas metamórficas	
Rocosisdad	10 %	10 – 40%	<5 %
Suelos dominantes	Brunosoles subéutricos háplicos (Ar – F – Gr), superficiales	Litosoles subéutricos disticos, superficiales.	Brunosoles subéutricos háplicos y típicos (ArF y F), superficiales
Vegetación	Praderas estivales, matorrales asociados. Uso pastoril	Praderas, predominan especies estivales, malezas asociadas	Praderas estivales, con matorrales y monte serrano asociados. Uso pastoril
Unidad geología	Santa Clara y sierra de Aiguá	Santa Clara y sierra de Aiguá	Sierra de Polanco
Índice de productividad	53	26	83

Fuente: adaptado de MGAP. RENARE (2019).

Anexo 4

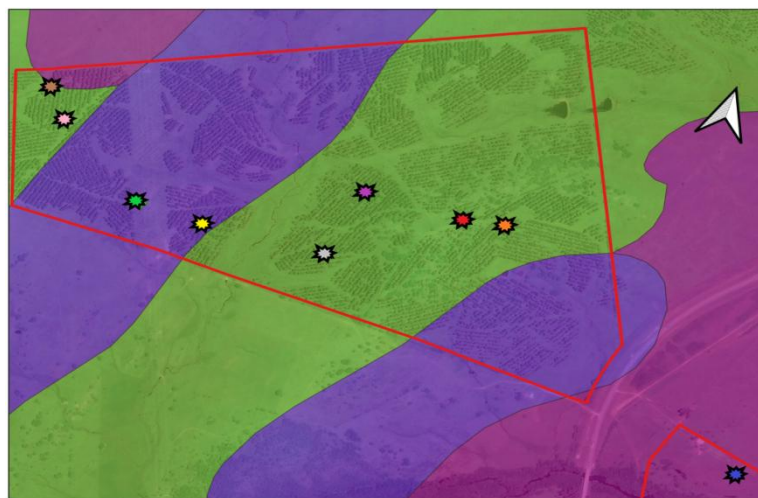
Lista de especies identificadas a campo y en laboratorio: número total de especies 101 al día 23/12/2019.

Cuadro 4. Lista de especies

<i>Aira elegans</i>	<i>Dichondra microcalyx</i>	<i>Nassella sp.</i>
<i>Allophylus edulis</i>	<i>Doryopteris concolor</i>	<i>Oxalis hispidula</i>
<i>Anagalis sp.</i>	<i>Eclipta elliptica</i>	<i>Oxalis niederleinii</i>
<i>Andropogon lateralis</i>	<i>Eragrostis bahiensis</i>	<i>Panicum milioides</i>
<i>Aristida murina</i>	<i>Eragrostis nessii var. nessii</i>	<i>Paspalum dilatatum spp. dilatatum</i>
<i>Aspilia montevidensis</i>	<i>Erianthus angustifolius</i>	<i>Paspalum notatum var. notatum</i>
<i>Axonopus affinis</i>	<i>Eryngium elegans</i>	<i>Paspalum plicatulum</i>
<i>Axonopus argentinus</i>	<i>Eryngium horridum</i>	<i>Paspalum quadrifarium</i>
<i>Baccharis coridifolia</i>	<i>Eustachys retusa</i>	<i>Pfaffia sp.</i>
<i>Baccharis ochraceae</i>	<i>Facelis retusa</i>	<i>Phalaris angusta</i>
<i>Baccharis trimera</i>	<i>Gamochoeta sp.</i>	<i>Picris echioides</i>
<i>Berberis laurina</i>	<i>Gamochoeta spicata</i>	<i>Piptochaetium bicolor</i>
<i>Borreria dasycephala</i>	<i>Gaudinia fragilis</i>	<i>Piptochaetium bicolor var. minor</i>
<i>Bothriochloa laguroides</i>	<i>Glandularia peruviana</i>	<i>Piptochaetium lasianthum</i>
<i>Briza sp.</i>	<i>Glandularia selloi</i>	<i>Piptochaetium montevidense</i>
<i>Briza subaristata</i>	<i>Glandularia sp.</i>	<i>Piptochaetium stipoides</i>
<i>Bromus catharticus</i>	<i>Gomphrena perennis</i>	<i>Piptochaetium sp.</i>
<i>Bromus sp.</i>	<i>Heimia salicifolia</i>	<i>Poa lanigera</i>
<i>Carduus acanthoides</i>	<i>Hordeum stenostachys</i>	<i>Podocoma hiedracifolia</i>
<i>Chaptalia arechavaletae</i>	<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>Pterocaulon sp.</i>
<i>Chevreulia acuminata</i>	<i>Juncus capillaceus</i>	<i>Richardia humistrata</i>
<i>Chevreulia</i>	<i>Juncus sp.</i>	<i>Senecio selloi</i>

<i>sarmentosa</i>		
<i>Chloris bahiensis</i>	<i>Kyllinga pungeus</i>	<i>Setaria vaginata</i>
<i>Cichorium intybus</i>	<i>Krapovickasia flavescens</i>	<i>Setaria vaginata</i> var. <i>vaginata</i>
<i>Cirsium vulgare</i>	<i>Krapovickasia sp.</i>	<i>Solanum bonariense</i>
<i>Coelorhachis selloana</i>	<i>Lolium multiflorum</i>	<i>Sporobolus indicus</i>
<i>Conyza bonariensis</i>	<i>Malva sylvestris</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
<i>Commelina erecta</i>	<i>Melica aurantiaca</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
<i>Commelina platyphylla</i>	<i>Melica brasiliensis</i>	<i>Verbena montevidensis</i>
<i>Cuphea racemosa</i>	<i>Melica brevicoronata</i>	<i>Verbena rigida</i>
<i>Cynara cardunculus</i>	<i>Melica macra</i>	<i>Vulpia bromoides</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Nassella charruana</i>	<i>Zephyranthes mesochloa</i>
<i>Cyperus cayennensis</i>	<i>Nassella neesiana</i>	
<i>Danthonia rizomata</i>	<i>Nassella pauciciliata</i>	

Anexo 5



Escala 1:13000. Parcelas afuera de monte. ★ Parcela 0. ★ Parcela 4. ★ Parcela 5. ★ Casco
Parcelas dentro de monte. ★ Parcela 1. ★ Parcela 2. ★ Parcela 3. ★ Parcela 4. ★ Parcela 5.
Grupos CONEAT. ■ 2.11 a. ■ 2.11 b. ■ 2.12.

Figura 1. Mapeo del área experimental con grupos CONEAT dominantes

Anexo 6

Agua disponible en las fechas de corte de muestras de pasto.

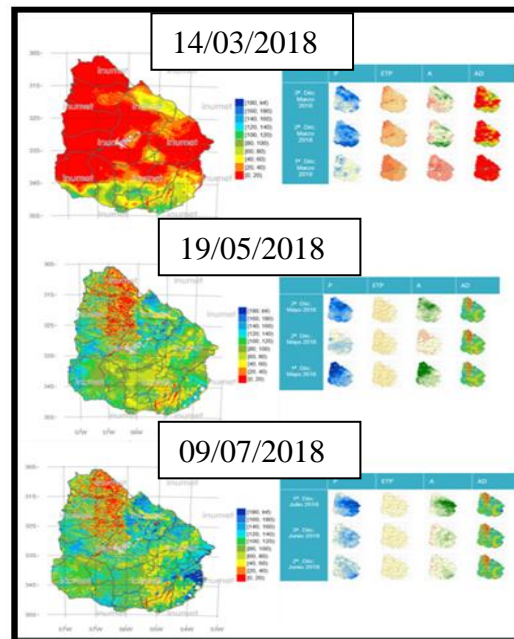


Figura 2. Agua disponible entre 14/03/2018-09/07/2018

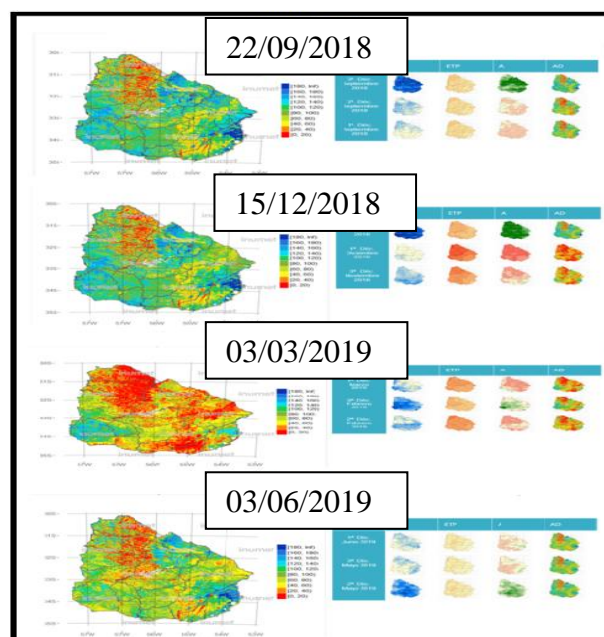


Figura 3. Agua disponible entre 22/09/2018-03/06/2019