

RESUMEN

El matorral de *Acacia caven* (espinal), característico del secano interior de la zona central de Chile, se desarrolla en las zonas donde las precipitaciones son escasas y frecuentemente es eliminado en zonas de agricultura de tipo extensiva, no permitiendo su recuperación.

Con el propósito de contribuir al conocimiento y un mejor aprovechamiento productivo de esta formación vegetal, se midió la respuesta de la composición botánica y de la materia seca de la pradera anual mediterránea en relación al sombreado parcial de los espinos, según diámetro de copa, durante el día.

El estudio se desarrolló en el área de secano de la Región Metropolitana (33° 29`S y 70° 52`O). Se utilizaron 15 espinos de características similares, según altura y diámetro, distribuidos en 3 tratamientos: árboles grandes, medianos y pequeños, describiendo el movimiento de la sombra proyectada por los espinos durante el día y se midió la composición botánica y materia seca de la pradera que se desarrolla bajo su influencia durante el periodo de crecimiento del pastizal (abril – noviembre).

La diferencia en altura y diámetro de copa de los espinos no influye en la composición botánica de la pradera, sin embargo se presentaron diferencias en cuanto a la distribución de los géneros y especies presentes en el área de influencia de sombra. El promedio de M.S. bajo condiciones de sombra aumenta en un 13% para el tratamiento de espinos chicos y aumenta un 29% para espinos medianos y grandes, respecto de áreas sin influencia de sombra. También las horas de sombra acumuladas durante el día, como la hora del día en que se produce el sombreado influyó significativamente en la distribución de los géneros y especies de la pradera.

Palabras claves: sombra, sombreado parcial, *Acacia caven*.

SUMMARY

The *Acacia caven* (Mol.) thicket, characteristically found in the inner range of Chile's central zone, develops in zones where precipitation is scarce and it is often eliminated in localities with extensive farming, not allowing its restoration.

In order to contribute to knowledge and for a better productive utilization of this vegetational formation, measurements were made of the response of the botanical composition and dry matter of the annual Mediterranean pasture to the partial shade it gets from *A. caven* (Mol.) trees ('espinos') during the day and for different canopy diameters.

This study was conducted in the range area of the Metropolitan Region (33°29' S. and 70°52' W.) Fifteen 'espinos' with similar characteristics, according to height and canopy diameter, were used. They were allotted into three treatments: large, medium and small. The movement of the shade projected by the 'espinos' during the day was described and the botanical composition and dry matter of the pasture developed under their influence during the growth period (April – November) of the pasture were measured.

The difference in height and canopy diameter of the 'espinos' did not affect the pasture's botanical composition, even though differences occurred in the distribution of genera and species in the shadow's area of influence. Larger shadow areas resulted in increased dry matter production, being 13% greater in small trees and 29% greater in medium-size and big trees. Besides, both the shadow hours accumulated during the day and the time when shading took place significantly influenced the distribution of genera and species in the pasture.

Key words: shade, partial shading, *Acacia caven*

INTRODUCCIÓN

El espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) es una microfanerófita que se desarrolla a partir de 160 a 200 mm de precipitación anual y 8 a 9 meses de aridez en la región semiárida, hasta 1000 a 1200 mm de precipitación anual con 4 a 5 meses de aridez en la región húmeda. (Ovalle y Squella, 1988.). Encontrándose distribuida a lo largo del secano interior de la cordillera de la costa, secano precordillerano y sectores del valle central donde aún se realiza ganadería de tipo extensiva.

La formación vegetacional del espinal como estrato arbóreo y pradera anual de clima mediterráneo es considerado por algunos autores como un subclimax, etapa de equilibrio originada por la degradación del bosque esclerófilo mediterráneo (Olivares y Gastó, 1970.) mientras que otros autores postulan que los espinales de *Acacia caven* corresponderían a un climax de sabana arbórea (Rundell, 1981.).

El crecimiento de la pradera anual de clima mediterráneo en el secano interior comienza con un pequeño incremento vegetativo luego de la primera lluvia efectiva del año durante el mes de mayo, manteniéndose durante el invierno, para luego aumentar significativamente a mediados de Agosto a Septiembre, llegando al máximo de producción de materia seca, para luego madurar y secarse.

Los principales géneros que coexisten en la pradera anual mediterránea son: *Erodium* sp, *Bromus* sp, *Hordeum* sp, *Vulpia* sp, *Avena* sp, *Medicago* sp y *Trifolium* sp, aunque también existen representantes de las familias Brassicaceae y Borraginaceae (INIA, 1972; Olivares y Gastó, 1970.).

Las interacciones entre el árbol y el estrato herbáceo plantea la hipótesis de coexistencia de dos estratos, produciendo efectos sinérgicos que permiten un mejor funcionamiento de los elementos biológicos del sistema de manera que el rendimiento, expresado en términos de producción utilizado por los animales, es superior a la suma de los dos componentes ocupando espacios análogos y distintos. (Ovalle y Avendaño, 1984 a y b; Olivares, *et al.*, 1983.).

Con la inclusión de árboles y/o arbustos dentro de los potreros se promueve, la mejor utilización del espacio vertical y se simulan, hasta cierto punto, modelos ecológicos encontrados en la naturaleza en cuanto a estructuras y formas de vida. (Budowski, citado por Mijaíl y Schram, 2005.). De la combinación y beneficio mutuo, se pretende aprovechar en un mismo espacio, dos o más estratos horizontales que permitan aumentar la producción, manteniendo una buena calidad de la composición botánica y alimenticia de las especies que el sistema mantenga. En los últimos años se han efectuado transformaciones en la

explotación de gramíneas en las regiones tropicales con un enfoque agroecológico, donde los sistemas ganaderos se consideran como un ecosistema y no como una simple gestión técnico-económica. Del Pozo, P *et al.*, 1999, describieron un sistema multiestrato de producción de forraje, el cual incluye poaceas y fabáceas rastreras (primer estrato), arbustos y fabáceas trepadoras (segundo estrato) y árboles forrajeros (tercer estrato), y lo comparan con otro no estratificado, determinando que el sistema multiestrato produce más forraje y soporta mayor carga animal que un sistema no estratificado. También determinaron efectos colaterales como una menor infestación de endoparásitos, menor erosión, mayor materia orgánica y nitrógeno en el suelo e incluso, después de 5 años, una mayor producción de leña y mayores beneficios económicos.

Desde un punto de vista físico-espacial, las comunidades presentan una estructura vertical determinada por la forma de las plantas (tamaño, forma de ramificación, arquitectura y hábito caduco o perenne), lo que influye en el gradiente de luz. También existe una estructura horizontal dada por la distribución irregular de las distintas especies, esto estaría reflejando influencias físico-biológicas del ambiente, del lugar en que se desarrolla cada especie vegetal (estructura, fertilidad y humedad del suelo, inundaciones, topografía, microclimas). De la unión de las dos estructuras, vertical y horizontal, las especies vegetales conformarían distintos “parches” de variabilidad vegetacional, de cuya sumatoria resultaría un mosaico vegetacional que influye últimamente en la distribución y biodiversidad dentro de la comunidad (Smith y Smith, 2001.).

Cuando el tamaño del “parche” vegetacional presenta una forma circular o cuadrada, permite el desarrollo de un espacio interior donde se producen cambios de orden edafoclimático. El árbol, de esta manera, presenta una copa circular que actúa como “parche” determinando condiciones de humedad y sombra que cambian el ambiente microedafoclimático permitiendo así, el desarrollo de especies tolerantes a esta nueva condición, luego alrededor de este ambiente se desarrollan especies tolerantes al ambiente externo de la influencia del árbol. Cabe destacar que, cuando el “parche” vegetacional es demasiado pequeño para mantener las especies características del área, se convierte en un hábitat homogéneo ocupado por especies de borde (Smith y Smith 2001). Cuando la estructura del espinal es la de un matorral abierto con 25 a 30% de recubrimiento, con 2 a 3 m de altura, se ha determinado que la influencia de los árboles responde al concepto de “parche” formando un mosaico de vegetación. (Ovalle y Squella, 1988.).

Avendaño, (1988.) plantea que las comunidades herbáceas se organizan según un gradiente en el cual las especies de mayores exigencias hídricas y tróficas (mesoeutróficas) se localizarían primeramente desde el tronco hacia la periferia de la copa, luego progresivamente son reemplazadas hacia el exterior por las menos exigentes (oligoxerifitas).

El comportamiento favorable del estrato herbáceo situado debajo de los árboles parece estar relacionado con el incremento de la actividad biológica y la estimulación de las micorrizas y organismos nitro fijadores en la rizosfera, así como la posibilidad de que en dichas áreas ocurran menos pérdidas de nitrógeno hacia la atmósfera (Crespo *et al.*, 1999.). Los mismos autores en investigaciones realizadas en Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucocephala* sobre la pradera, demostraron la mayor actividad de la fauna del suelo debajo de la copa de los árboles. Este hecho está relacionado con un aumento de la humedad y con condiciones microclimáticas más favorables en el suelo (Crespo *et al.*, 1999; citando a Sánchez *et al.*, 1998.). Por otro lado el árbol contribuye a atenuar las temperaturas extremas y reduce la capacidad evaporativa del área. Estos efectos se traducen a nivel de suelo en una mayor disponibilidad hídrica para las plantas (Fonseca, *et al.*, 2005.).

El ecosistema de espinales de *Acacia caven* es considerado único en su género ya que es el resultante de la coadaptación de un árbol de origen tropical que se desarrolla en un clima mediterráneo con especies del estrato herbáceo circunmediterráneo introducidas a Chile desde el siglo XVI (Di Castri, 1981; citado por Ovalle y Squella, 1988.). *Acacia caven* aún mantiene un comportamiento de especie tropical, es una leguminosa fijadora de nitrógeno atmosférico (no existe otro árbol mediterráneo con esta capacidad), hábito facultativo de tipo caduco, por lo que restituye componentes a través de la materia orgánica.

La relación entre el estrato herbáceo y *Acacia caven* se comprueba en el cambio casi completo de la composición botánica después de 3 años del corte de todos los espinos con 0% de cobertura desde una cubierta de 80% (Avedaño, 1988.) por lo que la eliminación del árbol provoca condiciones restrictivas (hídricas y tróficas) para las especies que se desarrollan cuando el árbol está presente, por lo que existe un desplazamiento de especies de ciclo biológico más largo (*Lolium multiflorum*) por parte de especies más precoces y de menor producción (Ovalle y Avedaño, 1984a.).

La sombra producida por el árbol sobre el estrato herbáceo actúa de forma directa en determinados procesos fisiológicos de las plantas y de forma indirecta a través de los restantes factores bióticos y abióticos presentes en el sistema, (Pentón, 2000.). La interceptación de la radiación solar por la copa de los árboles causa efectos directos e indirectos sobre la pradera. En forma directa provoca la alteración simultánea de dos recursos importantes para el estrato herbáceo: la iluminación y la temperatura. Además, en forma indirecta produce un cambio en la humedad de la capa superior del suelo, con las consecuencias sobre el balance hídrico, la descomposición de las partes muertas de las plantas y la absorción de nutrientes. (Olivares, *et al.*, 1989; Castillo, *et al.*, 1988; Córdoba y Hernández, 2000.).

En estudios llevados a cabo en Uruguay, (Gallo, 2005.) para siembras de pasturas mediante la tala de árboles, quema, roturación y pastoreo de áreas más ó menos restringidas, determinaron la sucesión hacia las praderas, sin embargo, con exclusiones del pastoreo,

observaron rápidas progresiones a la vegetación climáxica arbustiva y/o subarbustiva. Además bajo la sombra de la vegetación arbustiva aumentó la frecuencia de especies invernales de alta calidad y que otrora fueron mucho más abundantes que a pleno sol (*Bromus unioloides*, *B. brachyanthera*, *B. auleticus*, *Agropyron scabrifolium*, *Stipa megapotamica*, *S. hyalina*, etc.). La sombra también favoreció otras especies estivales nativas de gran interés, por un balance hídrico más favorable en el verano, al reducirse la evapotranspiración (*Paspalum dilatatum*, *Axonopus compressus*, *Setaria argentinensis*, *Stenotaphrum*, etc.). Esto significó un aumento significativo de la biodiversidad y sustentabilidad del sistema productivo (Gallo, 2005.).

La cobertura moderada puede favorecer el crecimiento de la pastura mediante el mejoramiento de la temperatura y la humedad cerca del suelo a través de la disminución de la radiación incidente a nivel del estrato herbáceo (Córdoba y Hernández, 2000; Castillo *et al.*, 1990.), sin embargo ésta parece suficiente para mantener la actividad fotosintética de las especies herbáceas (Fonseca, *et al.*, 2005.). Estudios en *Prosopis sp* con densidades entre 400 y 1200 árboles/ha, verificó la existencia de un mayor vigor de las poaceas en el área de influencia de los árboles (Rolfo, 1970; Millot, 1999; citados por Fonseca, *et al.*, 2005.). La sombra generada por los árboles en sistemas silvopastoriles podría reducir la excesiva radiación solar que limita la sobrevivencia de especies invernales de alta calidad forrajera (poaceas de ciclo C3) en las praderas de Uruguay (Picasso *et al.*, 2003; citados por: Fonseca, *et al.*, 2005.).

Estudios realizados en Cuba sobre proyección de sombra por los árboles de la especie *Albizia lebeck*, leguminosa arbórea, caducifolia, con gran desarrollo de su copa, determinaron que en la estación seca se crea una dinámica del régimen luminoso, que durante el año influye sobre el estrato herbáceo y el sistema en general (Blanco y Pentón, 2005.), por esto, *Albizia lebeck*, en su condición de planta caducifolia, provocó una variación estacional significativa de la sombra, que para el caso de *Panicum maximum*, muestra alto potencial asociativo a las condiciones de sombra, *Dichanthium sp*, en cambio, disminuye ante el aumento del nivel de sombra y la competencia del *Panicum maximum*.

Para condiciones de sombra, en el caso de especies arbóreas perennes, según Somarriba (1988.) citado por Villafuerte, *et al.*, (1999.), pasturas con sombra de árboles de *Psidium guajava* (guayabo), la composición botánica no presenta un cambio drástico, pero si en cuanto a su productividad, la cual puede disminuir de 43% a 63% que la productividad a pleno sol.

De lo anterior se desprende que el efecto provocado por la sombra en el estrato herbáceo dependería del hábito perenne o caduco del estrato arbóreo.

En el espinal de *Acacia caven*, el paso de la luz solar a través de las copas de los árboles es de aproximadamente 35-50% de la radiación incidente durante primavera y verano, lo que

constituye un nivel suficiente para promover el crecimiento y reproducción de las praderas. El dosel abierto de *Acacia caven* es, no obstante, efectivo en la reducción de la evapotranspiración del estrato herbáceo, prolongando la curva de crecimiento de las plantas anuales, como resultado de la modificación de las temperaturas extremas y el incremento de la humedad bajo las copas. Adicionalmente, los efectos positivos de *Acacia caven* sobre el suelo son significativos, tanto si se expresan en niveles de materia orgánica como de nitrógeno total y potasio disponible. La relación carbono/nitrógeno decrece bajo los árboles, mientras que el pH y los niveles de fósforo no son aparentemente afectados (Castillo, *et al.*, 1988; Ovalle y Avendaño, 1984b.).

La productividad de las Poaceas está relacionada con la densidad de copa de los árboles, tamaño de copa o su disposición sobre el terreno, ya que depende de la cantidad de energía lumínica que llegue a los estratos inferiores. También es importante el momento en que los árboles desarrollan sus hojas y los requerimientos de luz de las poaceas a lo largo de año. Hay algunas plantas forrajeras que requieren de menos luz que otras, por lo que éstas últimas pueden producir importantes cantidades de forraje bajo sombra. Entre ellas se destacan dos especies importantes *Cenchrus ciliaris* y el *Atriplex cordobensis*. (Gil de Ringuelet, 2005.).

El estrato herbáceo sombreado altera la fisiología de las plantas, producto de una reducción de la intensidad lumínica, estas variaciones producen cambios en los indicadores estructurales con un mayor porcentaje de hojas y un menor porcentaje de material muerto en el pastizal sombreado (Crespo, *et al.*, 1999.).

Estudios con diferentes niveles de luz visible, en condiciones naturales y artificiales atribuyen el efecto modificador de la sombra del estrato arbóreo sobre la composición botánica. Dentro del estrato arbóreo: *Leucaena leucocephala* y *Eucaliptus* sp y *Panicum maximun*, *Paspalum notatum* y algunas especies del género *Brachiaria* entre las poaceas, (Pentón, 2000; Olivares *et al.*, 1988; Olivares, 1989.).

En ambientes cálidos las poaceas bajo sombra moderada mejoran su relación entre fotosíntesis y respiración (eficiencia en el uso de la luz) y presentan menos tejidos muertos. (Ludlow *et al.*, 1988 citado por Córdoba y Hernández, 2000.).

En poblaciones de *Leucaena leucocephala* con distinta distribución espacial a los 24 meses de haberse iniciado la explotación con animales, se observó que aproximadamente un 1-5% de los árboles alcanzan alturas superiores a 2m, que permitió el desarrollo de áreas de sombreado parcial, en respuesta a esto se determinó una mayor producción de la pradera por m², mayor porcentaje de hoja, menor porcentaje de material muerto y malezas, así como más deposición de excretas y presencia de aves de diferentes especies en el área. Todo lo anterior indica la preferencia de los animales por permanecer en estas áreas. (Ruiz, *et al.*, 2005.).

En sistemas agrícola ganaderos dominados por *Lolium multiflorum*, *Festuca* sp, *Dactylis* sp, y *Panicum máximum*, se confirmó que bajo sombreado parcial, tienen un mayor índice de área foliar, mayor acumulación de nitrógeno en todas las fracciones de la planta y una mayor actividad fotosintética en las hojas individuales (Wong y Wilson, 1980; citados por Gallo, 2005.).

El efecto de la luz incidente bajo influencia de *Acacia caven* descrito por Olivares, *et al.*, (2002.) detalla que las mayores producciones de M.S. se obtienen en los sentidos S y SE, justamente cuando la sombra de la copa de *Acacia caven*, cubre esta zona entre las 12 y 16 horas, recibiendo solo un 52% del total de luz, esto a su vez favorece el desarrollo de especies poaceas. También se describe que después del medio día la atmósfera presenta las mayores temperaturas y a su vez el suelo se ha calentado, aumentando la evapotranspiración, de esta manera, el sentido SE presenta un mejor balance hídrico. Para el caso de la composición botánica, estos mismos autores, describen la distribución de las especies poaceas que se desarrollan bajo *Acacia caven* donde *Bromus berterioanus* se ubica en sectores medios, entre el fuste y la copa, *Vulpia* sp en la misma área que *Bromus* sp, pero donde el porcentaje de luz que pasa por la copa varía entre 40 y 60%. Para el caso de *Hordeum murinum*, este se ubica en lugares sombríos y se presenta en mayor porcentaje al aumentar el volumen de follaje de la copa de *Acacia caven*.

En *Acacia caven* se concluyó que la orientación geográfica respecto al fuste determina la intensidad de los efectos en las áreas de influencia, siendo el Norte el menos favorable debido a una rápida extinción de los efectos microambientales provocados por la presencia del árbol. (Polzenius, 1987.). En el caso de la producción de M.S. los sectores SE y NE son los que presentan la mayor y menor producción respectivamente (Hermosilla, 1991).

Otro ensayo realizado por Olivares, *et al.*, 1988, señala que la senescencia de las especies del estrato herbáceo se retrasa, debido a que existe una mayor disponibilidad de agua aprovechable, acumulada bajo *Acacia caven* aumentando así la M.S. debido a una mayor velocidad de desarrollo y menor evapotranspiración realizada por las especies herbáceas asociadas a la influencia de *Acacia caven*.

Hipótesis: El sombreado parcial de zonas cercanas al árbol durante el día, provoca un aumento en la M.S. y un cambio en la distribución de la composición botánica.

Objetivo: Cuantificar el efecto de la sombra en la pradera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó entre abril y noviembre de 2007. La parte inicial se desarrolló en la Estación Experimental Germán Greve sector seco, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Rinconada de Maipú, Región Metropolitana, ($33^{\circ} 29' S$ y $70^{\circ} 52' O$) (Figura 1), posteriormente, se cuantificó el material cosechado, en el laboratorio de Manejo de Praderas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicado en la comuna de la Pintana, Región Metropolitana.



Figura 1: Vista aérea del lugar de estudio, Parcela 1 a 4 desde arriba hacia abajo.

Descripción del espinal

Los espinos se encontraban distribuidos en 4 potreros a los cuales se denominó parcelas y se les asignó un número.

En una primera etapa se procedió a medir la altura de los espinos desde el suelo hasta el inicio de copa (altura de copa) y desde el suelo hasta el punto más alto con copa densa (altura total), de forma paralela se midió radios de copa en sentidos Noroeste, Sureste, Suroeste y Noreste, para posteriormente estimar copas homogéneas y definir tratamientos.

Cuando el espino era medido, se marcaba con pintura y asignaba un número, y se ubicaba en un mapa, tomando como puntos de referencia los postes (marcados con un número) que cerraban el perímetro de cada parcela. (Figura 2)



Figura 2: Medición en terreno de la altura y radio de copa, con coligüe previamente marcado cada 0.1 m.

En total se midieron 238 unidades o espinos.

Elección de ejemplares

Se procesó los datos de radio y altura para elegir los 3 tratamientos, dejando fuera del ensayo, las 2 últimas parcelas por la cercanía que existía entre árboles, y además porque se encontraban muy cercanos a las divisiones de las parcelas, (Figura 1).

Tratamientos

Se establecieron 3 tratamientos: espinos chicos, espinos medianos y espinos grandes (cuadro 1) con 10 repeticiones cada uno.

Cuadro 1: Tratamientos según tamaño de espinos.

Tratamiento	Altura (m)	Radio (m)
Chico	1,6 – 2.0	1.6 – 2.5
Mediano	2.6 – 3.0	> 2.5 – 3.5
Grande	3.7 – 4.2	> 3.5 – 5.0

Conforme avanzaba la estación invernal se procedió a llevar registro fotográfico y anotaciones en las visitas efectuadas, todo para posteriormente poder interpretar de mejor forma los datos, al mismo tiempo se procedía a marcar los 8 puntos cardinales de cada repetición con brújula y estacas de madera.

En la primera quincena de noviembre se procedió a la medición y cosecha en terreno, realizando un muestreo sistemático de la pradera a través del establecimiento de parcelas cuadradas de 0,2 m de lado cada 0,6 m, a lo largo de cada eje cardinal, partiendo desde el fuste del árbol, el que se consideró el origen para cada punto cardinal y se tomó hasta el área donde no existía influencia asociada a sombra, esto se definió según dos criterios generales: la disminución de la altura promedio de la pradera y el cambio en la composición botánica, este último criterio fue tomado con la información encontrada, ya que las especies gramíneas estarían más asociadas a la sombra. Para esto, en cada parcela, primeramente se procedió a medir la altura con regla desde el suelo hasta el promedio de la altura de la pradera, luego se observó el porcentaje de géneros botánicos poacea y geranacea versus otras especies y por último se cosechó la parte aérea de la parcela guardándolas en bolsas de papel, con su correspondiente descripción según: número de muestra, punto cardinal, número de árbol, fecha de cosecha, muestra cosechada bajo o fuera de la proyección de copa y tipo de tratamiento al que pertenece, luego se llevaron las muestras a laboratorio y se dejaron en estufa con aire forzado a 70°C por 24 horas, para posteriormente medir en pesa digital los gramos de cada muestra y estimar la M.S.

En el terreno mismo se procedió a cosechar primeramente las parcelas del lado norte de cada árbol, y hacia el atardecer las del lado sur, esto para determinar de forma más simple hasta donde efectivamente se proyectaba la sombra del árbol. Una vez determinada el área de no influencia (sin proyección de sombra) igualmente se procedía a cosechar una o dos parcelas más para tener muestra-testigo, que posteriormente permitiese establecer alguna comparación con las parcelas con influencia de sombra.

Medición de la sombra

El movimiento de sombra, se midió mediante 9 maquetas de espinos, diseñadas a escala, según altura y radio de copa, con equivalencia 0,1 m: 1 m del tamaño real de cada espino, sobre una cartulina demarcada para los 8 puntos cardinales y también cada 1 m (en igual escala con altura y radio) desde el tronco (origen) hacia la periferia, formando anillos concéntricos que permitiesen posteriormente cuantificar la sombra. Las mediciones se realizaron cada 1 hora, desde las 9 hasta las 19 horas.

Para lograr un efecto lo más real posible la cartulina, se orientó mediante una brújula hacia el Norte. Una vez ubicada la cartulina con las maquetas, se procedió a la medición y al registro fotográfico desde un punto lo más perpendicular posible sobre la maqueta y a la vez con un lápiz de color se iba demarcando la figura de la sombra, para cada hora y teniendo muy en cuenta la entrada de luz directa bajo la copa y que el registro fotográfico no permitiría apreciar (Figuras 3 y 4).

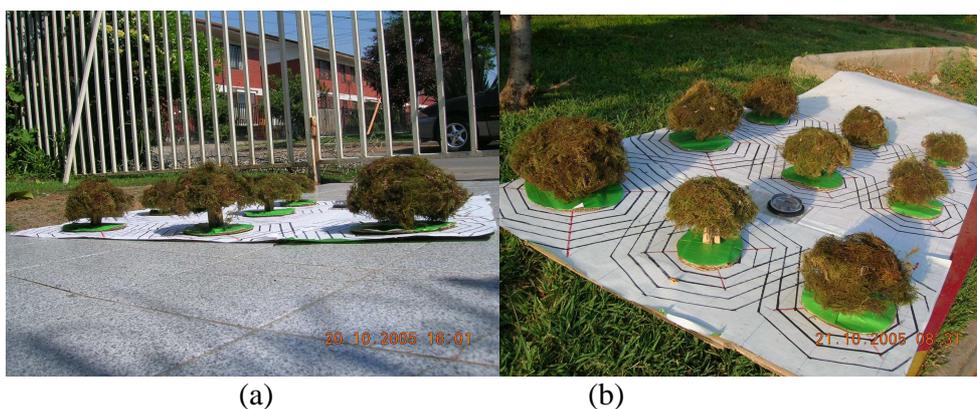


Figura 3: (a) Vista lateral y (b) vista general de maquetas del ensayo.

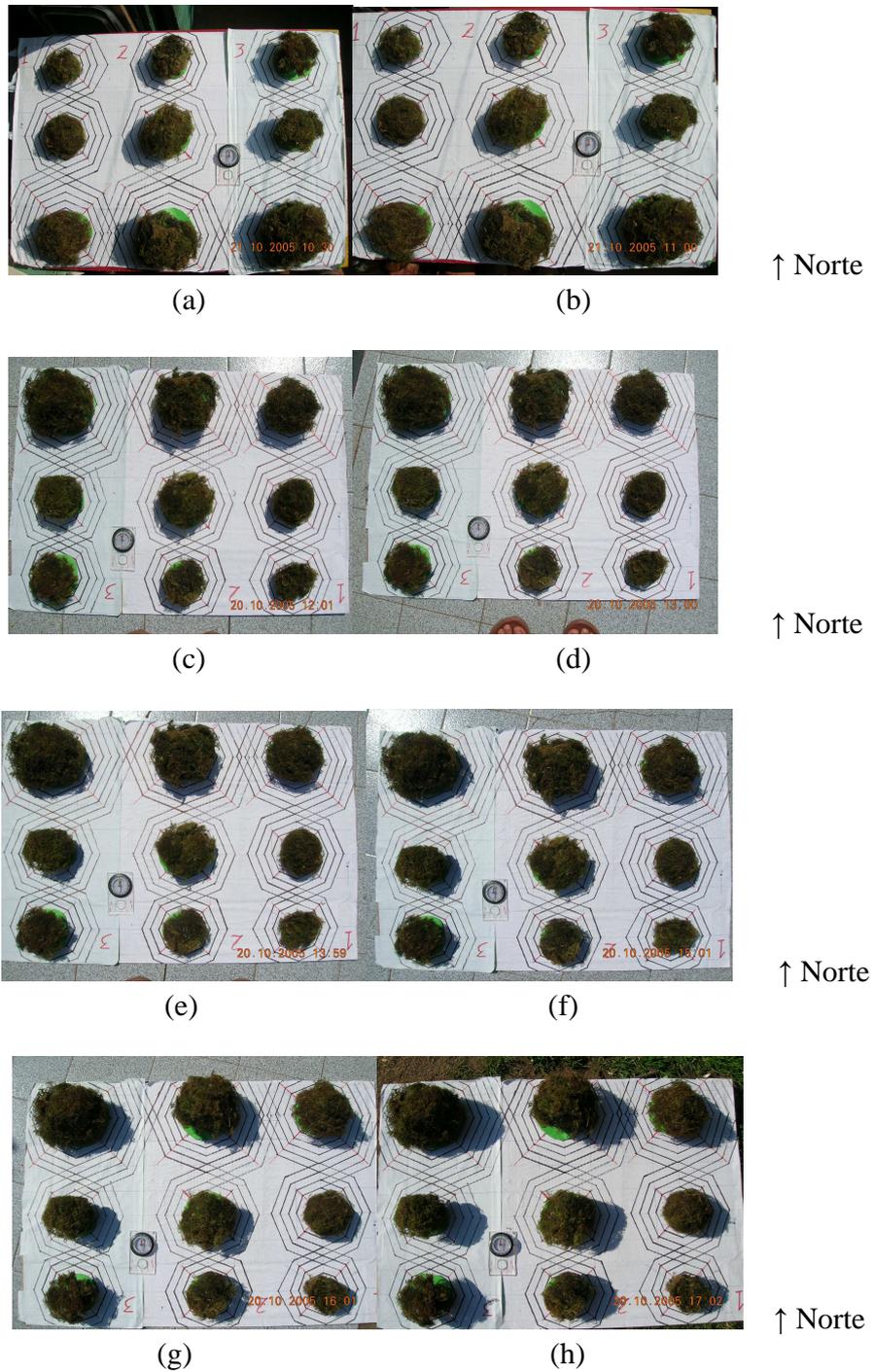


Figura 4: Proyección de sombra en las maquetas durante el día (a) 10:30; (b) 11:00; (c) 12:00; (d) 13:00; (e) 14:00; (f) 15:00; (g) 16:00 y (h) 17:00 horas.

Evaluación de la sombra

Una vez obtenida la figura de la sombra, por medio de las maquetas, se procedió a integrar las variables medidas, para esto se trabajó sobre laminas (Figura 5a) donde se coloreó la composición botánica y la M.S, por separado, para cada parcela medida en terreno. Luego se coloreo la lámina entre parcelas vecinas, obteniendo una figura aproximada de la distribución en terreno (Figura 5b). Finalmente se integra el dibujo obtenido a la figura de la sombra obtenida con las maquetas, demarcando el movimiento de sombra durante el día, cada dos horas (Figura 6).

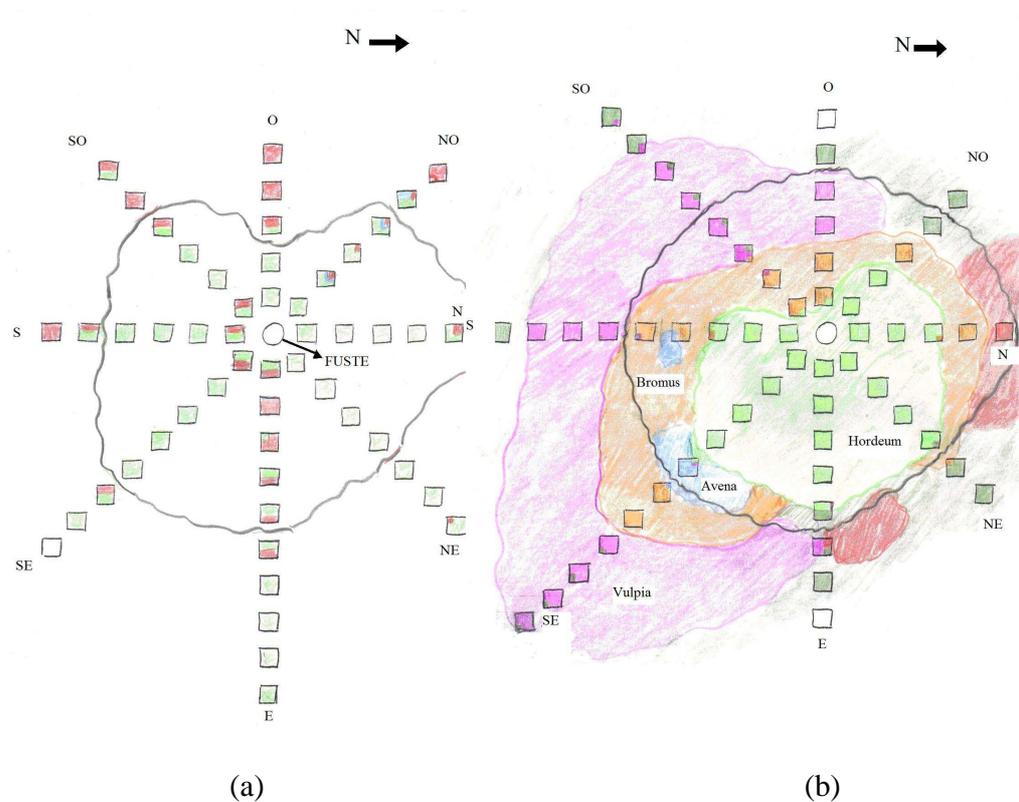


Figura 5: Esquema distribución: (a) de las muestras de pradera y (b) de la distribución aproximada de las especies dominantes.

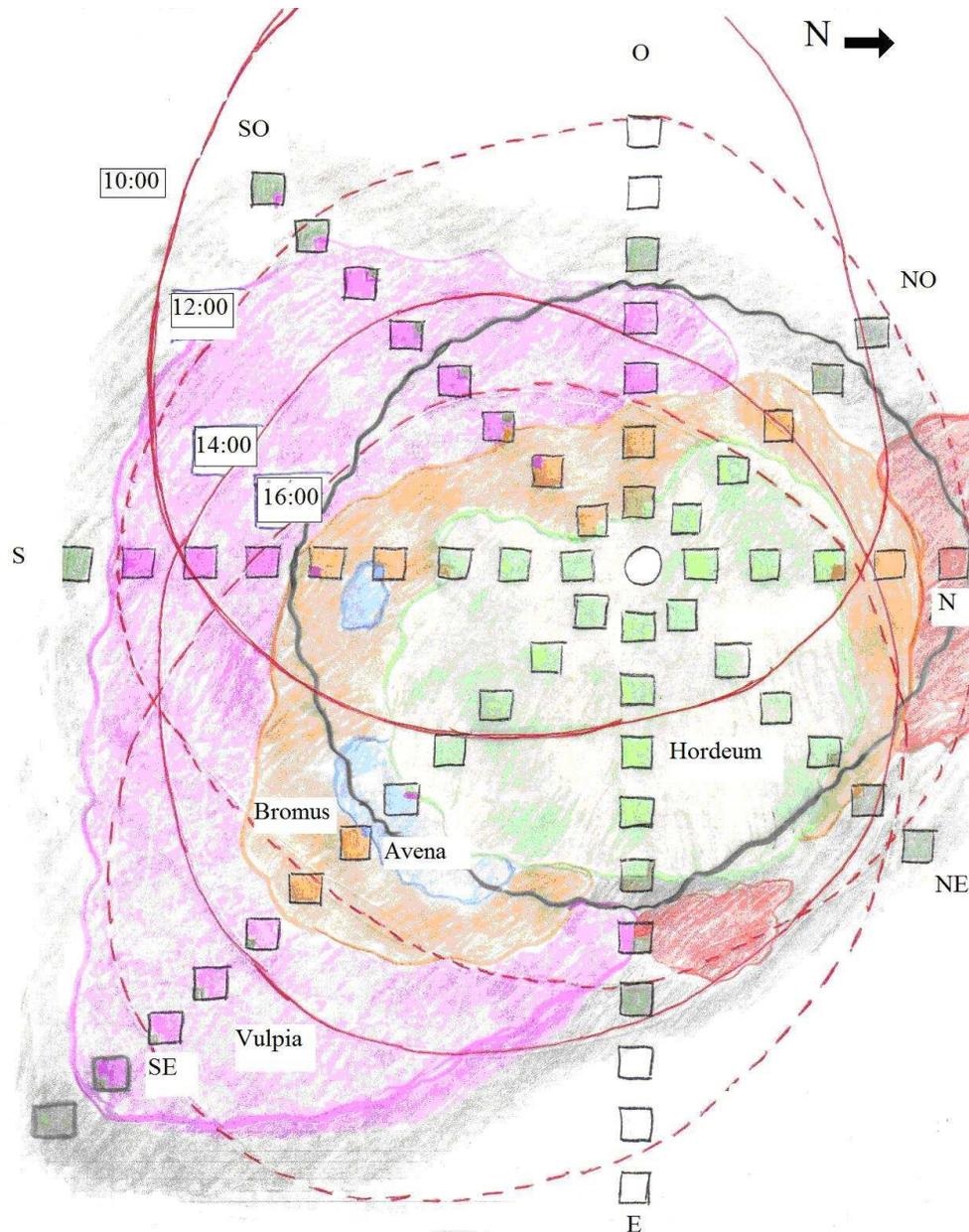


Figura 6: Distribución espacial de las especies dominantes de la pradera y movimiento de la sombra proyectada por la copa de *Acacia caven*, durante el día (noviembre).

Diseño de experimento

El diseño experimental correspondió a un modelo completamente al azar. El ensayo consistió en 3 tratamientos: árboles chicos, medianos y grandes con 10 repeticiones cada uno, pero por condiciones de traslape entre árboles se eliminaron y se trabajó con 4, 7 y 4 repeticiones respectivamente. Dentro de cada tratamiento se cosecharon 37, 73 y 106 parcelas para el análisis estadístico. La unidad muestral del ensayo fue un ejemplar de *Acacia caven* (espino).

Para establecer, la respuesta de la sombra de los distintos tratamientos se calculó el área de proyección de copa de *Acacia caven* sobre el suelo y el área donde se mueve la sombra durante el día, según se detalla en figura 7.

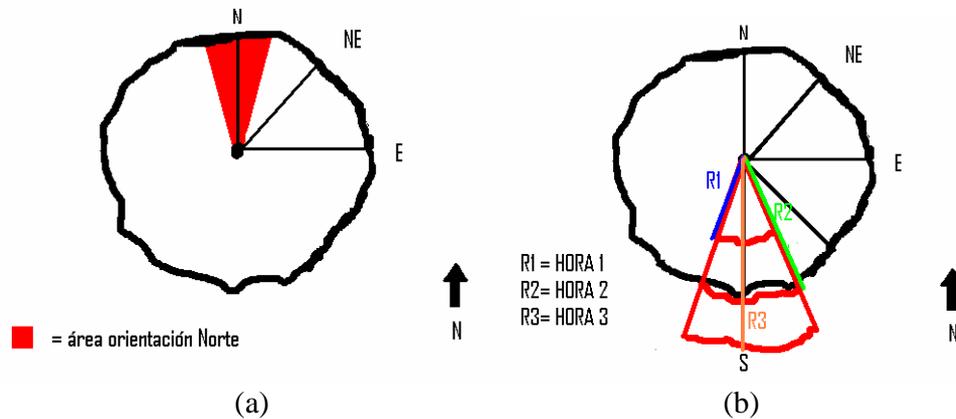


Figura 7: Cálculo de (a) área de copa y (b) área de sombra según hora del día.

El área de copa y de sombra, para cada orientación, se calculó con las siguientes formulas:

$$A_{\text{copa}} = (A_{xS} + A_{xSE} + A_{xE} + A_{xNE} + A_{xN} + A_{xNO} + A_{xO} + A_{xSO})$$

Donde $A_X = (R_i^2 * \pi) / 8$; con R_i = radio de copa según orientación.

$$A_{\text{sombra}} = (A_{yS} + A_{ySE} + A_{yE} + A_{yNE} + A_{yN} + A_{yNO} + A_{yO} + A_{ySO})$$

Donde $A_Y = (R_j^2 * \pi) / 8$; con R_j = radio de sombra según hora del día.

De esta forma, para los 3 tratamientos de diámetro de copa de árbol fue posible establecer el efecto del sombreado parcial, sobre los distintos puntos cardinales y cuyos efectos fueron analizados con respecto a su influencia sobre M.S. y composición botánica.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para los valores obtenidos en la totalidad de las parcelas, según porcentaje de composición botánica, altura y materia seca; y cuando existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($\alpha=0.05$), se realizó una prueba de comparación múltiple (SNK).

Adicionalmente se construyó una tabla de radio de sombra para cada hora y cada punto cardinal versus el radio de copa, también se dibujó la distribución de las especies bajo y alrededor de la copa de *Acacia caven*, junto con una figura empírica del área impactada por la sombra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del movimiento de sombra durante el día.

La sombra de *Acacia caven* proyectada sobre la pradera, dependiendo de la hora del día, presenta 3 fases (Figura 8): durante la mañana y hasta el mediodía, la sombra de la copa presenta una forma elíptica hacia el Noroeste, Oeste y Suroeste, esta figura de la sombra al avanzar el día se acorta en los sentidos antes nombrados; al medio día, entre las 12 y 14 horas queda ubicada bajo la copa de *Acacia caven*, pero desplazada hacia Sur, luego, al pasar las 14 horas, la sombra comienza a proyectar nuevamente una figura elíptica que se prolonga en los sentidos Sur, Sureste, Este y Noreste, conforme avanza el día.

Este movimiento se repite de igual forma para los tres tratamientos, siguiendo el mismo sentido y forma, sólo varía el diámetro que la sombra alcanza debido a la dimensión de la copa de cada tratamiento.

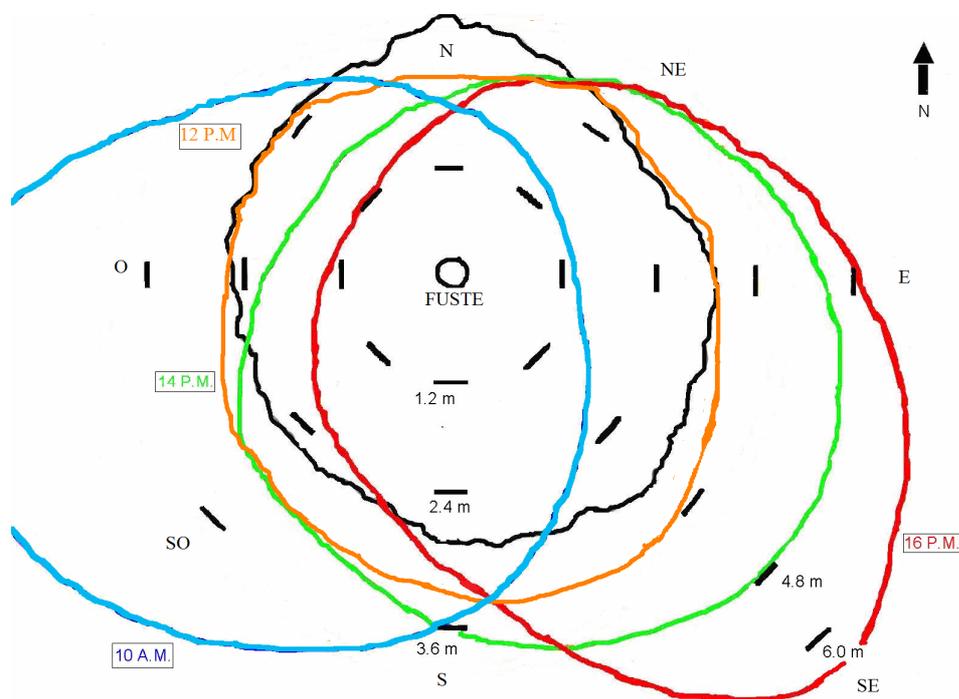


Figura 8: Movimiento de sombra proyectada por *Acacia caven*, cada 2 horas, durante primavera (sept- nov). Secano interior de la Región Metropolitana ($33^{\circ} 29' S$ y $70^{\circ} 52' O$).

Cuadro 2: Áreas de sombra proyectada por espinos: chico, mediano y grande, según la hora del día (Durante sept-nov.), comparado con el área de copa promedio de *Acacia caven*.

Tratamiento	Radio de sombra Árbol (m)								
	Radio promedio de copa (m)	Hora del día							
		10	11	12	13	14	15	16	17
Chico									
N	1,2	0	0	0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1
NO	1,2	1	1	1	1	0,4	0,1	0	0
O	1,2	1	1	1	1,2	1	0,1	0	0
SO	1,2	1	1	1	1,4	1	0,1	0	0
S	1,2	0	0,4	1,9	1,6	1,9	1,9	1,9	0,4
SE	1,2	0	0	0,1	1,4	1,9	1,9	1,9	1,9
E	1,2	0	0	0,1	1,2	1,9	1,9	1,9	1,9
NE	1,2	0	0	0,1	1,2	1,9	1,9	1,9	1,9
Área total (m2)	4,5	1,2	1,2	2,6	4,7	6,6	5,7	5,7	4,3
Mediano									
N	1,6	0	0,4	1,2	0,6	0,4	0,4	0,1	0,1
NO	1,6	1,9	1,8	1,6	1	1	0,1	0,1	0
O	1,6	2,5	2,5	1,6	2	1,6	0,1	0,1	0
SO	1,6	3,5	3,2	1,8	1,6	1,2	0,4	0,1	0,1
S	1,6	0	1	1,9	3,5	3,5	3,5	3,5	1
SE	1,6	0	0,2	1,6	1,9	3,5	5,1	5,1	5,1
E	1,6	0	0	1,6	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9
NE	1,6	0	0	1,4	1,4	1,6	1,6	1,2	1
Área total (m2)	8,0	8,7	8,2	8	11,1	14,1	17,5	17	12,4
Grande									
N	2,6	1	2,2	2	2	1,5	1	1	1
NO	2,6	3,5	3,3	2,6	1,9	1	0,4	0,4	0,1
O	2,6	3,5	3,4	2,8	2,6	2	0,4	0,4	0,4
SO	2,6	8	3,5	3,2	2,6	2	1,5	1	0,4
S	2,6	1	2,2	2,8	3,5	4,8	5,1	5,1	3,5
SE	2,6	1	1,8	2,8	3	5,5	7,2	8	8
E	2,6	0,4	1,6	2,4	2,6	4,5	5,5	6	6
NE	2,6	0,4	2,2	2	2,4	3,5	4,2	5	5
Área total (m2)	21,2	36	21,6	21,3	21,6	38	50,7	60	54,4

El área de copa calculada, corresponde sólo a la prolongación perpendicular de los radios de copa en el suelo, mientras que el área de sombra disminuye o aumenta, debido al movimiento que realiza durante el día, lo que varía sus radios, según se aprecia en Cuadro 2.

El área de sombra proyectada durante la mañana se ubica hacia el O-SO, luego al medio día se desplaza hacia SO; S y SE, para presentar el máximo en longitud, después de las 15 horas, donde su forma elíptica, comienza a alargarse hacia el SE. Esto es igual para los tres tratamientos. (Cuadro 2)

Los valores de las distintas áreas de sombra, durante las horas del día, (cuadro 2), confirman el desplazamiento de la sombra hacia el Sur, Sureste y Este, pasadas las 15 horas. Estos valores presentan igual distribución para los 3 tratamientos, sin diferencias significativas debido al tamaño. Sólo se observa que, a medida que la dimensión de la copa aumenta, el sombriamiento también aumenta, desde el fuste hacia el exterior (Cuadro3).

Cuadro 3: Distribución espacial de las horas de sombra sobre el estrato herbáceo, bajo distintos diámetros de copa de *Acacia caven*, desde el fuste hacia el exterior

Trat. orient.		Distribución de horas de Sombra bajo y alrededor de copa de <i>Acacia caven</i>									
		Metros, desde el fuste al exterior									
		0,2	0,8	1,2	1,8	2,2	2,8	3,2	4,2	4,8	5,2
Ch	N	8	7	5							
	NO	8	6	5							
	O	8	6	5	4						
	SO	8	7	6	6						
	S	8	8	8	6	6					
	SE	7	7	7	5	5	3				
	E	7	7	5	5	5	5				
	NE	7	7	5	4						
Med	N	7	7	5							
	NO	8	7	4	1	1					
	O	8	5	5	4	4	3				
	SO	8	5	5	5						
	S	7	7	7	6	5	1				
	SE	7	6	5	5	5	4	3			
	E	6	6	5	4	3					
	NE	6	6	5	2	2					
Gr	N	8	8	8	3	2					
	NO	8	7	5	4	1					
	O	8	8	5	4	4					
	SO	8	8	7	5	5					
	S	8	8	8	8	5	4				
	SE	8	8	8	7	7	6	4	4	3	2
	E	8	8	7	7	6	5	4			
	NE	8	8	7	7	7	5				

*Negro: dentro de la proyección perpendicular de copa; Rojo: fuera de copa

La distribución de las horas sombra acumuladas durante el día, según cuadro 3 y figura 9, muestra que, a pesar de que hacia el Sur, Sureste y Este, se presenta una menor cantidad de horas sombras acumuladas, su efecto en la respuesta de la distribución de la composición botánica y materia seca estaría fuertemente asociado a la hora del día y según esto a la temperatura, recordando que después de las 15 horas se presenta la temperatura máxima del día. Esta respuesta será analizada en los siguientes capítulos, sólo tomando en cuenta el movimiento de sombra de *Acacia caven*, dejando la temperatura como antecedente para explicar el fenómeno.

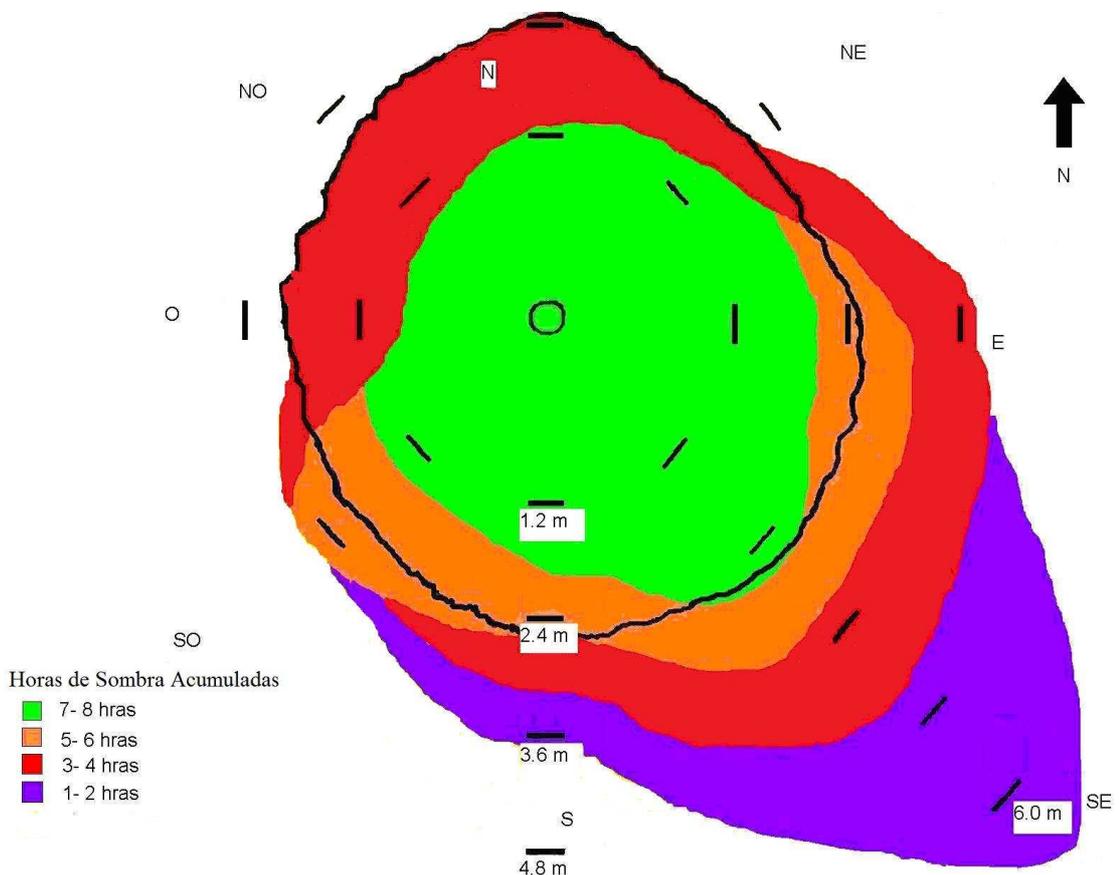


Figura 9: Distribución de las horas de sombra acumuladas durante el día, proyectada por *Acacia caven*.

Descripción de la Influencia de la sombra en la composición botánica del estrato herbáceo.

El efecto de sombra de *Acacia caven*, no mostró diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 4), demostrando que la forma y movimiento de sombra actúa de igual forma para los tres tamaños y sólo se diferencian por las áreas de proyección de copa.

Cuando se analiza el efecto de la sombra, sobre la distribución de la composición botánica de los géneros dominantes (Poaceas y Geranaceas), se evidencia una clara respuesta, en relación a si está sombreada o no, esto demostraría el rol modificador que presenta la sombra expuesto en los trabajos de Ovalle *et al.*, (1984.a.) y Olivares *et al.*, (1989.), quienes afirman que el género Poaceas tendría una relación directa de la influencia parcial de sombra, beneficiándose de esta y por el contrario para Geranaceas actuaría de manera inversa, ubicándose en mayor frecuencia en áreas con menor o nula influencia de sombra parcial de *Acacia caven*. Para todos los tratamientos y para ambos géneros analizados por separado las diferencias significativas se mantienen, demostrando que las especies Poaceas son beneficiadas cuando se encuentran en condiciones de sombreadamiento, y las Geranaceas son desfavorecidas bajo estas condiciones.

Cuadro 4: Porcentaje de distribución de Poaceas y Geraniáceas que crecen en áreas sombreadas y no sombreadas por *Acacia caven*, según su diámetro.

Tratamiento	Género botánico (%)			
	Poaceas		Geranaceas	
Tipo Árbol	Sombreada	No Sombreada	Sombreada	No Sombreada
Chico	78 ^b	13 ^a	22 ^a	87 ^b
Mediano	76 ^b	12 ^a	24 ^a	88 ^b
Grande	82 ^b	10 ^a	18 ^a	90 ^b

Letras distintas entre columnas Poaceas sombreada y no sombreada, señalan diferencias significativas (P = 0.001) y letras distintas entre columnas Geraniáceas sombreada y no sombreada, señalan diferencias significativas (P = 0.007)

Siempre en las áreas sombreadas, sin importar el diámetro de copa de *Acacia caven*, dominan las especies Poaceas y en áreas no sombreadas dominan las especies Geraneaceas, concordando con los promedios de los géneros para cualquiera de los 3 tratamientos, los cuales son muy similares entre sí (cuadro 4) y reflejarían la real distribución en que se dispondrían las especies al encontrarse *Acacia caven* ocupando el estrato arbóreo de forma físico-espacial, actuando como ente modificador de la composición botánica de la pradera anual mediterránea (Avendaño, 1988.).

La respuesta de las especies a la sombra, concuerda con trabajos realizados en Uruguay por Gallo (2005.), quien afirma que las Poaceas son las especies más beneficiadas por la sombra parcial. Esto último concuerda con los resultados expuestos en cuadro 4, que muestra, que a pesar de existir distintos tipos de diámetros de copa las Poaceas son más favorecidas con promedios del orden de 80% bajo la sombra parcial de *Acacia caven*.

La hora del día en que se presente la sombra (cuadros 2 y 3) es un factor importante en el desarrollo y distribución de las especies, esto concuerda con Herosilla (1991.), quien detalla en su estudio que la sombra de la copa de *Acacia caven*, cubre la zona Sur y Sureste entre las 12 y 16 horas, recibiendo solo un 52% del total de luz, lo que a su vez favorece el desarrollo de especies Poaceas.

Cuadro 5: Distribución espacial de las especies del estrato herbáceo, bajo distintos diámetros de copa de *Acacia caven* y fuera de esta, desde el fuste hacia el exterior.

Trat.	Orient.	Distribución de especies bajo y alrededor de copa de <i>Acacia caven</i>												
Metros		0,2	0,8	1,2	1,8	2,2	2,8	3,2	3,8	4,2	4,8	5,2	5,8	
Chico	N	H	H	D										
	NO	H	H	D										
	O	H	H	D										
	SO	H	H/B	V/D										
	S	H/V	V	H	V/D	V/O								
	SE	H	H	H/V	H/V	A/D	A							
	E	H	H	V	A/O	A/D								
	NE	H	H/V	D	D									
Mediano	N	H	H	B/V	B/V	D								
	NO	H	B/V	H/O	H/D/O									
	O	H	H	B/V/O	H/V/D	V	V	V/D						
	SO	H	H	B/V	B/V	V/D								
	S	H	H	B	B	D								
	SE	H	H	H	B/V	V/D	V/D							
	E	H	H	H/V	B/V									
	NE	H	H	H	B/V	B/V/D								
Grande	N	H	H	H	B	D	D	D						
	NO	H	H	B	D	D								
	O	B	B	V	V	D								
	SO	H	H	B/V	V	V	V	V/D	D					
	S	H	H	H/B	B/V	B/V	V	V	V	D				
	SE	H	H	H	H	B/V	V	V	V	V/D	V/D	V/D	D	
	E	H	H	H	H	H/V/D	V/D	D						
	NE	H	H	H	H	B	D							

H: *Hordeum sp*; A: *Avena sp*; B: *Bromus sp*; V: *Vulpia sp*; D: *Herodium sp* y O: otras sp.
Negro: especies ubicadas dentro de la copa; Rojo: especies ubicadas fuera de la copa.

La distribución espacial de las terofitas, según cuadro 5, confirma el concepto de “parche” vegetacional citado por Smith *et al.*, (2001), en relación a árboles de *Acacia caven* mostrando el ordenamiento en forma de anillos concéntricos desde el interior de la copa hacia la periferia, para los 3 tratamientos, *Hordeum sp*, *Bromus sp* y *Vulpia sp* desde el interior de la copa hacia la periferia, respectivamente y el género *Geranium* más alejado de la copa.

La sombra modifica y aumenta la distribución de las especies poaceas al aumentar el tamaño de copa, esto también se explica en el cuadro 5, donde el tratamiento de árboles chicos presenta sólo dos géneros dominantes (*Hordeum* y *Vulpia*), ubicados dentro y fuera de la copa respectivamente, al pasar al tratamiento medianos, con un mayor diámetro de copa, se observa la dominancia de *Hordeum* dentro de la copa, pero hacia el exterior *Vulpia* mezclado con *Bromus*, por último en el tratamiento grandes se observa claramente la distribución espacial y ordenada en forma de anillos concéntricos desde el interior de la copa hacia la periferia, en el siguiente orden: *Hordeum*, *Bromus* y *Vulpia*, detallado claramente en Figura 11. De todo esto se desprende que la sombra sería uno de los principales factores del sinergismo existente entre el estrato herbáceo (estructura horizontal) y *Acacia caven* (estructura vertical) del “parche” vegetacional, reflejado en la Figura 10, que muestra a la vista como se expresa esta relación.

También, se podría explicar cómo la sombra se integra al concepto de “parche”, ya que si bien, para efectos del ensayo la distribución de las especies varió directamente, al aumentar el área de copa de *Acacia caven*, cabe destacar que en todos los tratamientos la distribución del género Poacea se prolonga en el SO, S, SE y E más allá del área de copa o al exterior de esta, coincidiendo con la distribución de horas de sombra (Figura 9) y el aumento de las temperaturas durante el día.

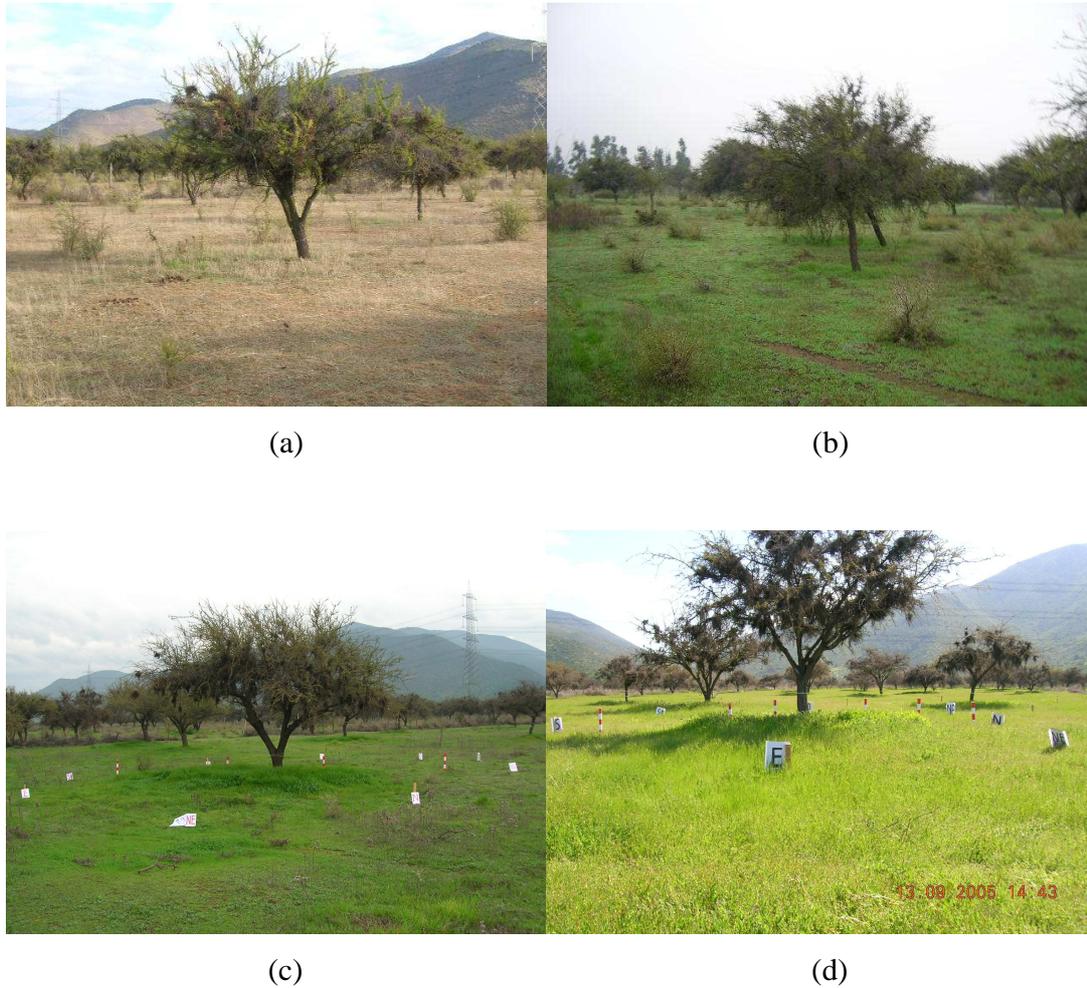


Figura 10: Diferentes estados fenológicos del pastizal que se desarrollan con la influencia de *Acacia caven* durante los meses de (a) mayo, (b) julio, (c) agosto y (d) septiembre.

Según Hermosilla, (1991.) *Bromus berterioanus*, se ubica en sectores medios entre el tronco y la copa (Figura 10d.), *Vulpia* sp en la misma área que *Bromus* sp, pero donde el porcentaje de luz que pasa por la copa varía entre 40 y 60%, dejando a *Hordeum murinum*, ubicado en lugares sombríos y se presenta en mayor porcentaje al aumentar el volumen de follaje de la copa de *Acacia caven*, coincidiendo con la distribución de especies de la figura 11.

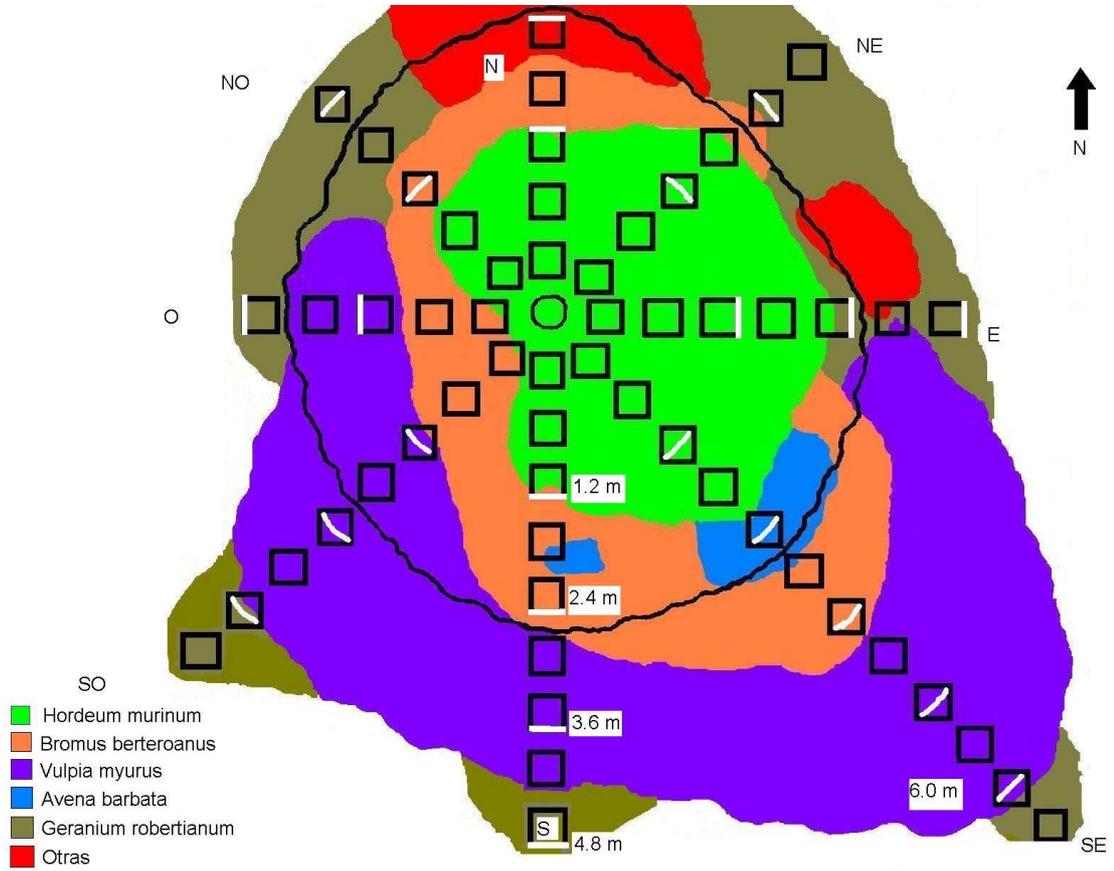


Figura 11: Distribución de especies bajo y alrededor de *Acacia caven*, según dominancia (mayor al 50% en cada parcela).

Influencia de la sombra en la producción de M.S. del estrato herbáceo.

Los árboles medianos y grandes no presentaron diferencias significativas entre sí, (Cuadro 6) pero si en relación al tratamiento de árboles chicos, esto podría explicarse debido a que para árboles grandes y medianos el espacio interior concentra mayores condiciones edafoclimáticas ideales para el género Poacea, recordando que este género es el dominante bajo condiciones de sombreado parcial, a su vez la condición de “parche vegetacional” en árboles chicos tendería a habitat más heterogéneos, presentando mayor dispersión en la distribución de las especies que crecen bajo *Acacia caven*. También, podría ser explicado por la hipótesis de coexistencia expuesta por Ovalle y Avendaño, (1984.a); Olivares, (1987); Córdoba y Hernández, (2000.) quienes afirman que los estratos que en conjunto tendría un mejor funcionamiento de los sistemas biológicos, permitiendo un mayor rendimiento de la pradera en términos productivos, que si ambos estratos fuesen sumados ocupando espacios análogos y distintos.

Cuadro 6: Producción de M.S. bajo la influencia de sombreado parcial de tres tratamientos *Acacia caven*.

Tratamientos M.S (gr/0,04 m ²)	
Chico	15,29 a
Mediano	18,43 b
Grande	19,30 b

Letras distintas entre filas, señalan diferencias significativas (P = 0.001)

Otra condición que podría explicar la diferencia entre los tratamientos de árboles de mayor dimensión de copa con los árboles chicos, es la estructura vertical del “parche vegetacional” citada por Smith y Smith, (2001.), lo que estaría operando a favor de los árboles de mayor dimensión, debido a que presentan un volumen de copa más denso, de esta manera las múltiples condiciones ofrecidas por la presencia y sombreado parcial de *Acacia caven* estarían operando a favor de un mayor rendimiento en los tratamientos de mayor dimensión de copa, como respuesta al sinergismo existente entre el estrato herbáceo y la arbóreo.

Cuadro 7: Rendimiento promedio de M.S (kg/m²), según tratamientos, para exposición a sombra v/s sin sombra de *Acacia caven*.

Tratamientos	M.S. (kg/m ²)	
	Sombra	
	Con	Sin
Chico	0,40	0,35
Mediano	0,49	0,35
Grande	0,49	0,35

Considerando los datos promedio de la materia seca, para los tratamientos y comparado con el rendimiento sin influencia sombra, (cuadro 7) se observa que todos los tratamientos presentan una tendencia a mayor producción. Para el caso de árboles chicos la producción aumenta 13% bajo condiciones de sombreado, pero no de la misma manera que los otros tratamientos, debido a un menor diámetro de copa y de esta manera la distribución y composición botánica, tiende a condiciones de borde, según lo expuesto por Smith y Smith, (2001.). Para el caso de los otros dos tratamientos las condiciones de sombreado actuarían a favor, presentando un 29% más de producción, debido a mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo del género *Poacea*, que se distribuye y domina bajo estas condiciones.

Esto se podría explicar analizando la distribución y composición de las especies que coexisten en el estrato herbáceo y el área de copa que *Acacia caven* presente, expuesto en el cuadro 5, para el caso de árboles chicos la distribución bajo y fuera de la copa, con influencia de sombra, presenta solo dos especies dominantes, *Hordeum* y *Vulpia*, con un área de copa promedio de 3,9 m², considerando la producción de M.S, bajo sombreado parcial.

Los efectos de la sombra para producción de M.S. en los otros dos tratamientos, con áreas de copa promedio de 7,7 y 17,7m², presentan similar producción, de esta manera el mayor diámetro de copa no determinó mayor producción, esto podría explicarse por la distribución y ordenamiento espacial en que se dispondría el estrato herbáceo bajo y alrededor de la copa de *Acacia caven* sumado a el efecto de sombra parcial que produce (cuadro 5), para el caso de tratamientos de árboles de mayor volumen de copa, la distribución en que se disponen las especies herbáceas, es ordenada y en forma de anillos favoreciendo el desarrollo de las especies, debido a que no existiría una competencia intra especie y entre especies tan marcada por los elementos edafoclimáticos.

Cuadro 8: Diferencias Promedio de Producción de M.S. según punto cardinal para áreas bajo influencia de sombra parcial de *Acacia caven*.

	M.S. (gr/0,04 m ²)							
	Punto Cardinal							
	N	NO	O	SO	S	SE	E	NE
Tratamiento								
Chico	13,70 a	13,22 a	12,84 a	13,35 a	16,17 ab	16,02 a	20,36 a	16,68 a
Mediano	17,05 a	17,00 a	18,56 b	19,87 b	18,97 b	20,19 b	22,02 a	20,72 a
Grande	22,44 b	16,26 a	18,88 b	17,78 b	14,00 a	19,22 ab	20,11 a	18,75 a

Letras distintas entre filas, señalan diferencias significativas (P = 0.022).

En relación a la orientación geográfica respecto del fuste, en general se observan, mayores producciones para todos los tratamientos en los puntos con ubicación hacia el hemisferio Sur del árbol (cuadro 8), pero al observar los datos según la orientación de cada tratamiento, la mayor producción se obtiene en los sentidos S, SE y NE, todo lo anterior coincide, en parte, con los estudios desarrollados por Hermosilla, (1991.), quien determinó que las mayores producciones de M.S. estarían ubicadas en los puntos Sureste y Noreste. De la misma forma, coincide, en parte con los estudios realizados por Polzenius, (1987.), quien detalla que la menor producción estaría en el Norte del fuste, salvo la diferencia con el tratamiento de árboles grandes, de esta forma se estaría encontrando que el diámetro del árbol es un factor importante en relación a la producción de M.S.

Al separar la influencia de la sombra de *Acacia caven*, según impacte bajo o fuera de la copa, permite comprender el real aporte hacia la producción de M.S. ya que estaría identificando el aporte de la sombra fuera de la copa en los distintos sentidos, acercándose más a las conclusiones de Olivares *et al* (2002) y Polzenius, (1987.), según muestra el cuadro 9.

Cuadro 9: Diferencias de Producción de M.S. según punto cardinal en relación al desarrollo dentro o fuera de la copa de *Acacia caven*.

	M.S.							
	Punto Cardinal							
	N	NO	O	SO	S	SE	E	NE
Cobertura								
bajo copa	20,66 b	14,28 a	18,02 b	19,92 b	18,66 b	20,45 b	21,36 a	17,68 a
fuera copa	14,80 a	16,71 a	15,50 a	14,08 a	14,10 a	16,51 a	20,30 a	19,76 a

Letras distintas entre filas, señalan diferencias significativas (P = 0.008).

CONCLUSIONES

El sombreado parcial proyectado por *Acacia caven*, independiente del tamaño de copa, presenta un rol modificador de la composición botánica del lugar, favoreciendo el desarrollo de especies del género Poacea y aumenta la producción de M.S. del lugar.

La arquitectura y hábito decidido de *Acacia caven* permiten deducir que el rol de “parche” vegetal ejercido, contribuyendo al aumento de la biodiversidad del lugar.

La distribución de las especies, bajo la influencia de sombreado parcial de *Acacia caven* sigue un orden físico y espacial, en el lugar en que se desarrolla, formando anillos concéntricos de especies dominantes, desde el fuste hacia el exterior, especialmente en el género Poacea.

El promedio de M.S. bajo condiciones de sombra aumenta en un 13% para el tratamiento de espinos chicos y aumenta un 29% para espinos medianos y grandes, respecto de áreas sin sombra.

Para las variables estudiadas, composición botánica y M.S. se comprobó que no sólo es importante la orientación cardinal, en referencia al fuste, sino que igualmente el tamaño de copa que *Acacia caven* presente.

La composición botánica y M.S. varía entre los hemisferios, respecto del fuste.

BIBLIOGRAFÍA

Avendaño J. 1988. Praderas sembradas en zonas mediterráneas: paginas 384-409. IN: Praderas para Chile. Capítulo 20.

Castillo, H; Olivares, A; Polzenius, G. 1988. Modificaciones de las características microambientales provocadas por la presencia de Acacia caven (Mol.) Mol. I Influencia en el microambiente. Avances en Producción Animal. 13 (1-2): 31-40.

Castillo, H; Olivares, A; Polzenius, G; Potter, W. 1990. Variaciones de la humedad aprovechable del suelo y su efecto en el rendimiento de la pradera desarrollada bajo la influencia del espino Acacia caven (Mol.) Mol. Avances en Producción Animal. 15 (1-2): 19-28.

Córdoba, E y Hernández, S. 2000. Competencia por luz en Sistemas Silvopastoriles. Ecofronteras 18: 21-23.

Crespo, G; Rodríguez, I; Sánchez, R. y Fraga, S. 1999. Influencia de Albizia lebeck y Leucaena leucocephala en Indicadores del Suelo, el Pasto y los Animales en Sistemas Silvopastoriles. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.

Del Pozo, P.; Jérez Irma, B. Mesa, P. Padilla y J. Ginoria. 1999. Comportamiento Productivo de un Agroecosistema Silvopastoril Asociado con Leucaena leucocephala y Cynodon nlemfuensis. En: Primer congreso Latino Americano de Agroforesteria para la Producción Animal Sostenible. Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

Fonseca Juan, Iacopini Lorena y Pueyo Juan M. Medición de la Producción Primaria del Pastizal Natural en el Centro-Norte de la Provincia de Entre Ríos. (En línea). http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/forrajes/pastizales_naturales/med_past_nat_05.htm. Consultado el 17 de Noviembre del 2005 a las 16 horas.

Gallo, L. Manejo Integrado de Ecosistemas y Recursos Naturales en Uruguay. (En línea). <http://www.mgap.gub.uy/UPCT/Diagn%C3%B3sticoSilvopastoreo.pdf>. Consultado el 17 de Noviembre del 2005 a las 16 horas.

Gil de Ringuelet, I. Aprovechamiento Silvopastoril del Prosopis. (En línea). <http://www.agora.com.ar/prueba/p1221aae.htm>. Consultado el 17 de Noviembre del 2005 a las 16 horas.

Hermosilla, M. 1991. Relación entre la cantidad de luz incidente, producción de materia seca y composición botánica de la pradera anual mediterránea bajo influencia de *Acacia caven* (Mol.) Mol. Tesis Ing. Agr. Santiago, U. De Chile. Fac.Cs.Agr. y Forest. 71 p.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 1972. Praderas de secano Investigaciones Agropecuarias. Santiago. pp: 199-208.

Mijaíl Pérez A. y Schram A. Centro de Diversidad Animal, Universidad Centroamericana Nicaragua. Centroamérica en la Economía Mundial del Siglo XXI. (En línea) www.casies.org/ca1/Documentos/VF02_06.pdf. Consultado el 17 de Noviembre del 2005 a las 16 horas.

Olivares, A; García de Cortázar, V. y Hermosilla, M. 2002. Efecto de la luz incidente en la composición botánica y producción de materia seca de la pradera bajo la influencia de *Acacia caven* (Mol.) Mol. Avances en producción Animal 27(1-2):69-76.

Olivares, A. 1989. El ecosistema silvopastoral. Avances en Producción Animal 14(1-2): 3-14.

Olivares, A; Castillo, H; Polzenius, G. 1988. Modificaciones de las características microambientales provocadas por la presencia de *Acacia caven* (Mol.) Mol. II Influencia en la estrata herbácea. Avances en Producción Animal. 13 (1-2): 41-48.

Olivares, A; Castillo, H; Potter, W. 1989. Cambios en el contenido de humedad, composición botánica y producción de fitomasa en la pradera anual mediterránea bajo la influencia del espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol). Avances en Producción Animal. 14 (1-2): 41-62.

Olivares, A; Cornejo, R.; Gandara, J. 1983. Influencia de la estrata arbustiva (*Acacia caven* (Mol.) Mol.Hook. et Arn.) en el crecimiento de la estrata herbácea. Avances en Producción Animal. 8 (1-2): 19-28.

Olivares A y Gasto J. 1970. Comunidades de terofitas en subseres postaradura y exclusión de la estepa de *Acacia caven* (Mol.) Hook. et Arn. Santiago. Estación Agronómica de la Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. Boletín técnico N° 34: 3-29.

Ovalle, C; Avendaño, J. 1984a. Utilización silvopastoral del espinal. I Influencia del espino Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn sobre la productividad de la pradera natural. Agricultura Técnica 44(4):339-345.

Ovalle, C; Avendaño, J. 1984b. Utilización silvopastoral del espinal. II Influencia del espino Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn sobre la productividad de la pradera natural. Agricultura Técnica 44(4):353-362.

Ovalle C. y Squella F. 1988. Terrenos de pastoreo con pradera anual en el área de influencia climática Mediterránea: pp 373-383. IN: Praderas para Chile.

Pentón, G. 2000. Efecto de la sombra de los árboles sobre el pastizal en un sistema seminatural. Tesis de maestría en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas, Camilo Cienfuegos. Cuba.

Polzenius, G. 1987. Características microambientales provocadas por la presencia de Acacia caven (Mol.) Hook. et Arn. Tesis Ing. Agr. Santiago, U. De Chile. Fac.Cs.Agr. y Forest. 101 p.

Ruiz, V; y Febles P. Enfoque acerca del trabajo sobre árboles y arbustos desarrollados por el instituto de ciencia animal de Cuba. Grupo Multidisciplinario de Leguminosas. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. (En línea) <http://www.lead.virtualcenter.org/es/ele/conferencia1/ICA19.htm>. Consultado el 17 de Noviembre del 2005 a las 16 horas.

Rundel, W. 1981. The matorral zone of central Chile, In: Di Castri, F; Goodall, W. and Specht, L. 1981. Mediterranean-type shrublands, Amsterdam, New York. Elsevier Sci., Public. Com, pp: 175-202. (Ecosystems of the world 11)

Smith R. Y Smith T. 2001. Ecología. Cuarta Edición. 642 pp. Pearson Educación. Madrid. España.

Villafuerte, L; Arze, J y Ibrahim, M. 1999. Rendimiento de pasturas con y sin sombra en el trópico húmedo de Costa Rica. Revista Agroforestería en las Américas. 6(23): 54-56.