

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE AGRONOMIA

**Evaluación de la competencia entre *Morus alba* L. y
Lolium multiflorum Lam.**

Tesis presentada como parte de
los requisitos para optar al grado
de Licenciado en Agronomía.

Camila Rocío del Rosario Reyes Santolalla

VALDIVIA – CHILE

2007

PROFESOR PATROCINANTE

FIRMA

Ignacio López C.
Ing. Agr., Ph. D.

PROFESORES INFORMANTES

Dante Pinochet T
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

Daniel Calderini R.
Ing. Agr., M. Sc., Dr. Agr.

*Dedicada mis queridos Padres,
apoyos fundamentales para el éxito de
esta anhelada meta.*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a todas las personas que han contribuido de manera especial en la obtención de este título académico:

A Don Ignacio López, profesor patrocinante de esta tesis, quien con su mejor disposición y voluntad, me entregó su constante apoyo y orientación en el desarrollo de este trabajo.

A mis queridos amigos, por haber hecho de esta etapa de formación académica una de las experiencias más lindas de mi vida.

Y muy especialmente a Nicolás, por su gratificante compañía y ayuda en la realización de este trabajo, y por entregarme incondicionalmente todo su amor, optimismo y comprensión.

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Competencia.	3
2.1.1	Habilidad competitiva de las plantas.	4
2.1.1.1	Modelo de las estrategias competitivas en las plantas propuesto por Tilman.	5
2.1.1.2	Modelo de las estrategias competitivas en las plantas propuesto por Grime.	7
2.1.1.3	Otras teorías sobre las estrategias de las plantas.	10
2.1.2	Intensidad de competencia versus su importancia.	11
2.1.3	Competencia intraespecífica e interespecífica.	12
2.1.4	Competencia entre especies herbáceas y leñosas.	13
2.1.5	Niveles de competencia.	14
2.1.5.1	Competencia por luz.	14
2.1.5.2	Competencia por espacio.	16
2.1.5.3	Competencia por nutrientes.	17
2.1.6	Mediciones de competencia.	18
2.1.7	Diseños experimentales.	19
2.2	<i>Morus alba</i> (Morera).	22
2.2.1	Interés agronómico de <i>M. alba</i> .	22
2.2.2	Calidad del forraje	23
2.2.3	Densidad de plantación, frecuencia de corte y rendimiento	23
2.3	<i>Lolium multiflorum</i> (Ballica italiana).	24
3	MATERIAL Y MÉTODO	25
3.1	Ubicación del ensayo y suelo utilizado.	25
3.2	Humedad del suelo y criterio de riego.	26
3.2.1	Estimación de capacidad de campo del suelo.	27
3.2.2	Densidad aparente y humedad inicial del suelo.	27

Capítulo		Página
3.3	Duración del ensayo.	29
3.4	Material vegetal.	29
3.5	Diseño Experimental.	29
3.6	Aislamiento de la competencia radical.	30
3.7	Criterio de corte.	31
3.8	Variables evaluadas.	31
3.8.1	Medición de la luz incidente.	31
3.8.2	Grados Días Acumulados.	32
3.8.3	Altura sin disturbar del arbusto y la pradera.	32
3.8.4	Altura disturbada del arbusto y la pradera.	33
3.8.5	Densidad de la pradera.	33
3.8.6	Índice de área foliar (IAF) de <i>M. alba</i> y de <i>L. multiflorum</i> .	33
3.8.7	Número de hojas de <i>M. alba</i> .	34
3.8.8	Peso seco foliar.	34
3.8.9	Peso seco de la estructura leñosa de <i>M. alba</i> .	34
3.8.10	Peso seco radical.	35
3.8.11	Análisis nutricional.	35
3.9	Análisis estadístico.	35
4	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1	Efecto competitivo de <i>M. alba</i> sobre <i>L. multiflorum</i> .	37
4.1.1	Efecto de <i>M. alba</i> sobre la producción de biomasa de <i>L. multiflorum</i> .	37
4.1.1.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre la producción de biomasa de <i>L. multiflorum</i> .	37
4.1.1.2	Efecto de la competencia radical sobre la producción de biomasa de <i>L. multiflorum</i> .	37
4.1.2	Efecto de <i>M. alba</i> sobre el contenido de nutrientes de <i>L. multiflorum</i> .	38
4.1.2.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre el contenido de nutrientes de <i>L. multiflorum</i> .	38
4.1.2.2	Efecto de la competencia radical sobre el contenido de nutrientes de <i>L. multiflorum</i> .	39
4.1.3	Efecto de <i>M. alba</i> sobre la densidad, área foliar y altura de <i>L. multiflorum</i> .	40

Capítulo		Página
4.1.3.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre la densidad, área foliar y altura de <i>L. multiflorum</i> .	40
4.1.3.2	Efecto de la competencia radical sobre la densidad, área foliar y altura de <i>L. multiflorum</i> .	41
4.1.4	Evaluación de la competencia de <i>M. alba</i> sobre el crecimiento de <i>L. multiflorum</i> a través del análisis de variables canónicas (AVC).	41
4.2	Efecto competitivo de <i>L. multiflorum</i> sobre <i>M. alba</i> .	43
4.2.1	Efecto de <i>L. multiflorum</i> sobre la producción de biomasa de <i>M. alba</i> .	44
4.2.1.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre la producción de biomasa de <i>M. alba</i> .	44
4.2.1.2	Efecto de la competencia radical sobre la producción de biomasa de <i>M. alba</i> .	45
4.2.2	Efecto de <i>L. multiflorum</i> sobre el contenido de nutrientes de <i>M. alba</i> .	46
4.2.2.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre el contenido de nutrientes de <i>M. alba</i> .	46
4.2.2.2	Efecto de la competencia radical sobre el contenido de nutrientes de <i>M. alba</i> .	48
4.2.3	Efecto de <i>L. multiflorum</i> sobre la densidad, área foliar y altura de <i>M. alba</i> .	51
4.2.3.1	Efecto de la competencia aérea y radical sobre la densidad, área foliar y altura de <i>M. alba</i> .	52
4.2.3.2	Efecto de la competencia radical sobre la densidad, área foliar y altura de <i>M. alba</i> .	52
4.2.4	Evaluación de la competencia de <i>L. multiflorum</i> sobre el crecimiento de <i>M. alba</i> a través del análisis de variables canónicas (AVC).	54
4.3	Efecto de los tratamientos aplicados sobre el crecimiento de <i>M. alba</i> y <i>L. multiflorum</i> .	56
4.3.1	Efectos de los tratamientos en la producción de biomasa.	56
4.3.1.1	Efecto de la competencia aérea y radical de los tratamientos sobre la producción de biomasa.	56

Capítulo		Página
4.3.1.2	Efecto de la competencia radical de los tratamientos sobre la producción de biomasa.	58
4.3.2	Efecto de los tratamientos en el aporte total de nutrientes.	59
4.3.2.1	Efecto de la competencia aérea y radical en los tratamientos sobre los contenidos de nutrientes.	59
4.3.2.2	Efecto de la competencia radical en los tratamientos sobre el aporte de nutrientes.	61
4.3.3	Efecto de los tratamientos sobre el Área foliar de la maceta.	62
4.3.3.1	Efecto de la competencia aérea y radical en los tratamientos sobre el área foliar.	63
4.3.3.2	Efecto de la competencia radical en los tratamiento sobre el área foliar.	64
4.3.4	Análisis canónico del efecto complementario de la asociación arbusto-pradera de <i>M. alba</i> y <i>L. multiflorum</i> , en la producción de MS y aporte nutricional.	65
4.4	Intercepción de luz de <i>M. alba</i> .	67
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
5.1	Efecto competitivo de <i>M. alba</i> sobre <i>L. multiflorum</i> .	69
5.1.1	Producción de biomasa.	69
5.1.2	Contenido de nutrientes.	70
5.1.3	Densidad, área foliar y altura de <i>L. multiflorum</i> .	71
5.1.4	Análisis de variables canónicas.	71
5.2	Efecto competitivo de <i>L. multiflorum</i> sobre <i>M. alba</i> .	72
5.2.1	Producción de biomasa.	72
5.2.2	Contenido de nutrientes.	74
5.2.3	Densidad, área foliar y altura de <i>M. alba</i> .	75
5.2.4	Análisis de variables canónicas.	75
5.3	Complementariedad de las especies en mezcla en relación a su crecimiento en monocultivo.	76
5.3.1	Producción de biomasa.	76
5.3.2	Contenido de nutrientes.	77
5.3.3	Área foliar.	78
5.3.4	Análisis de variables canónicas.	78

Capítulo		Página
5.4	Luz interceptada por <i>M. alba</i> .	78
6	CONCLUSIONES	81
7	RESUMEN	82
	SUMMARY	84
8	BIBLIOGRAFÍA	85
	Anexos	97

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Base para la generación de las estrategias para la colonización y sobrevivencia de las plantas.	8
2	Características químicas del suelo.	25
3	Nivel de homogenización del suelo.	26
4	Capacidad de retención de agua del suelo.	27
5	Densidad aparente y humedad de suelo.	28
6	Tratamientos.	30
7	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> y tipo de competencia sobre la producción de biomasa (g MS) de <i>L. multiflorum</i> .	38
8	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (g 100g ⁻¹ MS) en <i>L. multiflorum</i> .	39
9	Efecto del tipo de competencia sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio (g 100g ⁻¹ MS) en <i>L. multiflorum</i> .	40
10	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> y del tipo de competencia sobre la densidad (Número de macollos/maceta), IAF (cm ² de hojas/cm ² de suelo), altura sin disturbar (cm) y altura disturbada (cm) de <i>L. multiflorum</i> .	41
11	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> y de la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre la producción de biomasa (g MS) parcial y total de <i>M. alba</i> .	44
12	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y tipo de competencia sobre la producción de biomasa (g MS) parcial y total de <i>M. alba</i> .	46

Cuadro		Página
13	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> y de la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de <i>M. alba</i> .	47
14	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y del tipo de competencia sobre la concentración de nitrógeno ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de <i>M. alba</i> .	49
15	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y del tipo de competencia sobre la concentración de fósforo ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de <i>M. alba</i> .	49
16	Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y del tipo de competencia sobre la concentración de potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de <i>M. alba</i> .	50
17	Efecto de la densidad de plantación de <i>M. alba</i> y de la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre el número de hojas, IAF (cm^2 de hojas/ cm^2 de suelo), altura sin disturbar (cm) y la altura disturbada (cm) de <i>M. alba</i> .	51
18	Efecto de la densidad de plantación de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y de la competencia radical sobre el número de hojas, IAF (cm^2 de hojas/ cm^2 de suelo), altura sin disturbar (cm) y la altura disturbada (cm) de <i>M. alba</i> .	53
19	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> y de la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre la producción de biomasa (g MS/macetero) parcial y total del tratamiento.	57
20	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y el tipo de competencia radical sobre la producción de biomasa (g MS/macetero) parcial y total del tratamiento.	58

Cuadro		Página
21	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> y de la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre la contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (g/macetero) del tratamiento.	60
22	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> , de la presencia de <i>L. multiflorum</i> y del tipo de competencia radical sobre la contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (g/macetero) del tratamiento.	61
23	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> y la presencia de <i>L. multiflorum</i> sobre el índice de Área foliar total (m ² de hojas/m ² de suelo) del tratamiento.	63
24	Efecto de la densidad de <i>M. alba</i> , la presencia de <i>L. multiflorum</i> y del tipo de competencia radical sobre el índice de Área foliar total (m ² de hojas/m ² de suelo) del tratamiento.	64

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Modelo generado por competencia, estrés y perturbación.	9
2	Ejemplos de las estrategias de cuatro formas de vida.	9
3	Esquemas de diseños experimentales.	20
4	Medidas de los maceteros utilizados en el ensayo.	25
5	Esquema de la metodología usada en el cálculo de la capacidad de retención de agua del suelo.	27
6	Diseño de las bandejas evaporimétricas usadas en el ensayo.	29
7	Diseño de los tubos utilizados para aislar las raíces de <i>M. alba</i> en baja y alta densidad.	30
8	Esquema de la medición de la altura sin disturbar en <i>L. multiflorum</i> .	32
9	Esquema de la medición de la altura disturbada en <i>L. multiflorum</i> .	33
10	Medidor de Área foliar.	34
11	Esquema de la separación de raíces.	35
12	Variables que explican las diferencias en producción de <i>L. multiflorum</i> .	42
13	Efecto de los tratamientos sobre las variables que explican diferencias en producción de <i>L. multiflorum</i> .	43
14	Variables que explican diferencias en la producción de <i>M. alba</i> .	54
15	Efecto de los tratamientos sobre las variables que explican diferencias en producción de <i>M. alba</i> .	55
16	Variables que explican diferencias en la producción de los tratamientos.	66
17	Diferencias entre los tratamientos.	67
18	Evolución del promedio de Luz interceptada por <i>M. alba</i> , establecida en baja y alta densidad.	68

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Producción de biomasa (g/macetero) de los tratamientos.	98
2	Contenido de Nitrógeno ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ MS) de los tratamientos.	99
3	Contenido de Nitrógeno (g) de los tratamientos.	100
4	Contenido de Fósforo ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ MS) de los tratamientos.	101
5	Contenido de Fósforo (g) de los tratamientos.	102
6	Contenido de Potasio ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ MS) de los tratamientos.	103
7	Contenido de Potasio (g) de los tratamientos.	104
8	Número de hojas de <i>M. alba</i> , densidad de <i>L. multiflorum</i> (Número de macollos/maceta) e IAF (cm^2 de hojas/ cm^2 de suelo), de los tratamientos.	105
9	Altura disturbada y sin disturbar (cm) de <i>M. alba</i> y <i>L. multiflorum</i> por tratamientos.	106
10	Productividad de <i>M. alba</i> y de una pradera templada en tres tipos de tratamientos (kg MS/10a).	107
11	Contenido mineral en hojas y ramas de <i>M. Alba</i> en comparación a una pradera templada.	107
12	Contenidos minerales de las hojas de <i>M. alba</i> por efecto de distintos niveles de adición de follaje de la leguminosa Poro (<i>Erythrina poeppigina</i>) en el suelo.	108
13	Efecto de la fertilización en los contenidos minerales en brotes nuevos de <i>M. alba</i> .	108
14	Contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en alfalfa, Ballica y pradera permanente.	109

1 INTRODUCCIÓN

El manejo de un sistema pratense debe permitir generar una alta productividad animal por hectárea, manteniendo la pradera en buenas condiciones, sin deteriorar el agroecosistema. Para maximizar la capacidad de un sistema ganadero, de manera sustentable, debe existir un equilibrio entre la comunidad de especies de la pradera, el marco edafoclimático y los animales que pastorean (BALOCCHI, 2004).

La utilización de un sistema silvopastoral, sugiere la complementación de los rendimientos de la pradera con la producción de los árboles o arbustos, contribuyendo a satisfacer los requerimientos de los animales, principalmente, en períodos críticos de baja disponibilidad de forraje, como por ejemplo, en la época de sequía estival.

Morus alba L. es una especie arbórea de alto valor forrajero que se caracteriza por altos niveles de proteína y digestibilidad del follaje, además de una elevada capacidad de producción de biomasa (SÁNCHEZ, 2000).

Actualmente, esta especie se cultiva en hileras en altas densidades, con una estructura arbustiva, para ser usada como soiling o ensilaje (ITO Y TAKAGISHI, 1997). La utilización de *M. alba* en pastoreo implica la presencia de los arbustos en la pradera, esta asociación generaría una competencia por luz, espacio, agua y nutrientes. Esta situación se vería exacerbada al utilizar especies de altas tasas de crecimiento, como son *M. alba* y *Lolium multiflorum* Lam.

La competencia puede influir en el crecimiento y la sobrevivencia de las plantas, siendo esto importante al establecer cultivos mixtos forrajeros. Los niveles de competencia que se producen al asociar un arbusto y una especie pratense de alto metabolismo, han sido estudiados en forma escasa. Además, no existen indicaciones sobre la habilidad competitiva de la especie *M. alba* en sistemas pastoriles.

HIPÓTESIS

La habilidad competitiva de *Morus alba* L. permite que, tanto su producción de biomasa como su valor nutritivo, no sean disminuidos al crecer asociada a una estrata herbácea de rápido crecimiento.

OBJETIVO

Evaluar la competencia interespecífica, en base a la producción de biomasa y al valor nutritivo, al asociar una especie de crecimiento arbustivo (*Morus alba*) con una gramínea forrajera de rápido crecimiento (*Lolium multiflorum*).

Objetivos Específicos.

- Evaluar la habilidad competitiva, a nivel aéreo y radical, de *M. alba* sobre *L. multiflorum*, en base a producción de forraje y valor nutritivo de *L. multiflorum*.
- Evaluar la habilidad competitiva, a nivel aéreo y radical, de *L. multiflorum* sobre *M. alba*, en base a producción de forraje y valor nutritivo de *M. alba*.
- Determinar el efecto de la competencia en la asociación de *M. alba* y *L. multiflorum*, considerado como un sistema, en términos de materia seca y nutrientes, en relación a ambas especies creciendo en monocultivos.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Competencia.

Si bien la definición de competencia a sido constantemente debatida (NEWMAN, 1973, TILMAN, 1980; WELDEN y SLAUSON, 1986; CALLAWAY y WALKER, 1997; TOW y LAZENBY, 2001; AARSSSEN y KEOGH, 2002), para la mayoría de los ecólogos el elemento central que define la competencia se mantiene desde una de las primeras definiciones: “La competencia corresponde a un proceso netamente físico, que ocurre cuando dos o más plantas producen una demanda de luz, nutrientes o agua, que excede el suministro” (WEAVER y CLEMENTS, 1938).

Para CRAINE (2005) un verdadero debate comenzó con la publicación de: “Las estrategias de las plantas y los procesos de la vegetación” (GRIME, 1979) y “Los recursos: un acercamiento gráfico-mecánico a la competencia y a la depredación” (TILMAN, 1980). GRIME (1973), define la competencia por recursos como “La tendencia de plantas vecinas a utilizar el mismo quantum de luz, ión de un nutriente mineral, molécula de agua, o volumen de espacio”. Lo establecido por TILMAN (1987) es esencialmente idéntico a lo indicado en la definición de GRIME (1973); sin embargo, la descripción de “competidor” es muy distinta: Para GRIME (1973), un buen competidor es una especie especialista en capturar recursos, mientras que para TILMAN (1987) es aquel que es capaz de reducir la concentración de un factor limitante al nivel mínimo y aún tolerar ese nivel.

Estas definiciones de competencia se han basado, principalmente, en observaciones y en mediciones experimentales de los efectos que producen en las plantas, mas bien que en el entendimiento de los mecanismos (TILMAN, 1990).

Entre las definiciones de competencia publicadas hasta entonces, la más correcta correspondía a la de GRIME (1973), ya que poseía varias ventajas, entre ellas, su especificidad acerca de los recursos por las cuales las plantas pueden

competir y su exclusión de otros procesos como la alelopatía, frecuentemente incluida bajo el nombre de competencia (WELDEN y SLAUSON, 1986). Sin embargo tiene dos inconvenientes: Primero, esta definición es específica para plantas y no incluye otras especies como hongos, microbios y animales que también utilizan los mismos recursos. Y la segunda imprecisión, en esta definición, se refiere al uso de la palabra “tendencia” que implicaría una situación potencial en vez de un proceso real (WELDEN y SLAUSON, 1986).

Actualmente, la definición que mejor describe la competencia es la descrita por BEGON *et al.* (1996): “La Competencia es una interacción entre individuos que se produce cuando tienen requerimientos compartidos frente a recursos limitados, lo que conllevaría a una posible disminución de la tasa de crecimiento y/o reproducción de los individuos comprometidos” (TOW Y LAZENBY, 2001).

2.1.1 Habilidad competitiva de las plantas. La habilidad competitiva puede ser comparada entre las especies de dos diferentes maneras: 1) de acuerdo a sus “efectos competitivos” que corresponde a la habilidad de la planta para suprimir a otros individuos y 2) mediante su “respuesta competitiva” que se refiere a la habilidad para evadir la supresión de otras plantas (GOLDBERG, 1990).

Un buen competidor efectivo está preparado para reducir la sobrevivencia o el crecimiento de otras plantas, y debería tener grandes efectos unitarios en la disponibilidad de recursos (GOLDBERG y LANDA, 1991).

Competidores con buena respuesta competitiva, están capacitados para soportar supresiones de sus vecinos y aún así crecer más rápido, o sobrevivir más tiempo con bajos niveles de recursos (GOLDBERG y LANDA, 1991). Esta visión es compartida por Timan (1987) al definir a un buen competidor. En tanto, para GRIME (1973) este comportamiento correspondería a una especie tolerante al estrés ambiental.

Las observaciones que los “efectos” y “respuestas” competitivas no siempre se correlacionan positivamente entre sí, los que pueden estar asociados a diferentes

características de las plantas, enfatizan la importancia de medir ambos componentes de la habilidad competitiva (tanto los efectos como las respuestas competitivas de una planta) si se quiere desarrollar una generalización sobre las características que determinan la habilidad competitiva en una especie (GOLDBERG y LANDA, 1991).

La definición de habilidad competitiva no es clara, debido al uso de diferentes terminologías y definiciones por los investigadores del área, para referirse a las interacciones de un individuo con las plantas vecinas y el ambiente. GRIME *et al.* (1989) utilizan el término “estrategia”, mientras que AARSSSEN y KEOGH, (2002) usan el término “aptitud” de las plantas para interpretar la “habilidad competitiva” de las plantas definida por GOLDBERG (1990).

Una estrategia se define como un grupo de características genéticas similares o análogas que son ampliamente compartidas entre especies o poblaciones, y que les permite exhibir semejanzas en su comportamiento ecológico (GRIME *et al.*, 1989).

La aptitud competitiva no solo es entendida en términos de la captura o privación de recursos, y supresión del crecimiento o del tamaño de plantas (GOLDBERG, 1990); sino también como la habilidad relativa de los individuos para dejar descendencia (AARSSSEN y KEOGH, 2002).

2.1.1.1 Modelo de las estrategias competitivas en las plantas propuesto por Tilman. A partir de las observaciones realizadas en un experimento con distintas especies de diatomeas, TILMAN (1977) presumió que, como consecuencia de los diferentes requerimientos de recursos, la diatomea con la tasa de crecimiento más alta, en una concentración dada de suministro, debería disminuir las concentraciones en la solución por debajo de la necesaria para el crecimiento sostenido de la otra especie, y por lo tanto, llega a ser dominante. Él encontró que tales patrones eran observados cuando el suministro de nutrientes era limitado para ambas especies.

TILMAN (1980, 1988, 1990, 1994), posteriormente trabajó con plantas terrestres, afinando su definición de habilidad competitiva, basada en la teoría anterior, declarando que: sobre un número de años, el competidor ganador es la especie entre

las inicialmente presentes, que es capaz de reducir la concentración de la forma disponible de un recurso limitante del suelo al nivel más bajo y, aun así, mantener su población. Por lo tanto, es la especie que tiene el menor requerimiento de ese recurso (R^*). Este mecanismo de competencia ha sido llamado Modelo de Reducción de Recursos (CRAINE, 2005).

El valor R^* , si es conocido para un grupo de especies, puede predecir el resultado final o equilibrio de la competencia para desplazar a los demás competidores. Además, debería ser independiente del tiempo de establecimiento, y de las proporciones y de los tamaños iniciales de las plantas, entre las especies en competencia (TILMAN, 1990).

El trabajo experimental que avala esta definición ha sido hecho en parcelas pequeñas no pastoreadas, por lo tanto, el Modelo de Reducción de Recursos puede ser aplicable solo a pastoreos ligeros y praderas con bajos insumos, en vez de praderas con pastoreo intensivo y que reciben regularmente altas dosis de nutrientes (TOW y LAZENBY, 2001).

En trabajos siguientes, observaciones de la distribución de la biomasa en las plantas, realizados por TILMAN (1986a) y GLEESON y TILMAN (1994), indicaron que pastos C_4 , que dominaban las praderas más antiguas de una sucesión evolutiva, tenían una mayor fracción de biomasa en raíces y, consecuentemente, eran mejores competidores por N, en experimentos a largo plazo. Así mismo, observó que los árboles tienen una gran fracción de su biomasa en tallos y hojas y, prácticamente, dominan ambientes imperturbados con un alto suministro de N. Por lo tanto, asumió que las plantas que asignan una gran fracción de su biomasa a las raíces tienen una mejor capacidad para reducir concentraciones de nutrientes en la solución del suelo y son así, mejores competidores cuando los nutrientes son limitados. Sin embargo, bajo condiciones “ideales”, estas plantas crecerían lentamente, porque ellas están asignando sus recursos lejos de la zona de adquisición de energía. Plantas que asignan una gran fracción de su biomasa a las ramas y hojas tienen mejores capacidades para competir por luz, pero también crecerían lentamente bajo condiciones “ideales” debido a su alta asignación a tejido leñoso. Cuando la

competencia es baja, las plantas que asignan la fracción más alta a las hojas serían favorecidas, y esta asignación predominante a los órganos que adquieren energía (tejidos fotosintetizadores) conduciría a una alta tasa de crecimiento relativo.

El fundamento central del modelo de Asignación de GLEESON y TILMAN, (1994), fue testado por SHIPLEY y PETERS (1990), usando datos de las tasas de crecimiento relativo y de la relación entre la distribución de biomasa aérea versus radical en 68 especies, sin encontrar evidencias para tal correlación.

Aún cuando la reducción en las concentraciones es el mecanismo detrás de la competencia por nutrientes descrito por TILMAN (1986a), no está claro cuáles son los enlaces entre las características de la planta, el crecimiento y el suministro, que permite que las plantas reduzcan las concentraciones de nutrientes del suelo por debajo del nivel requerido para el crecimiento de competidores (CRAINE, 2005). Ni diferencia en las tasas de adquisición en una relación dada del suministro (TILMAN, 1986a), ni las diferencias en las tasas de asignación (GLEESON y TILMAN, 1994) se asocian a éxito competitivo a largo plazo (CRAINE, 2005).

2.1.1.2 Modelo de las estrategias competitivas en las plantas propuesto por Grime. Para permitir clasificar la habilidad competitiva de las plantas en forma útil, este modelo se basa en dos factores externos: estrés y perturbaciones ambientales (GRIME, 1974).

GRIME *et al.* (1989), describe el estrés como los fenómenos que restringen la producción en una especie, por ejemplo, la escasez de luz, agua o nutrientes para una planta; mientras que las perturbaciones ambientales corresponden a la destrucción parcial o total de la biomasa de una planta debido a la actividad de herbívoros, patógenos y humanos, o por fenómenos ambientales como el viento, las heladas, el fuego, etc.

El modelo descrito por GRIME *et al.* (1989), sostiene que las especies vegetales presentan tres estrategias básicas para su sobrevivencia y colonización:

competidor, oportunista y/o tolerante al estrés ambiental (Cuadro 1). Este modelo ha sido denominado Modelo CSR.

CUADRO 1. Base para la generación de las estrategias para la colonización y supervivencia de las plantas.

Intensidad de perturbación ecosistémica	Intensidad del estrés	
	Bajo	Alto
Bajo	Competidores	Tolerantes
Alto	Oportunistas	(Estrategia no viable)

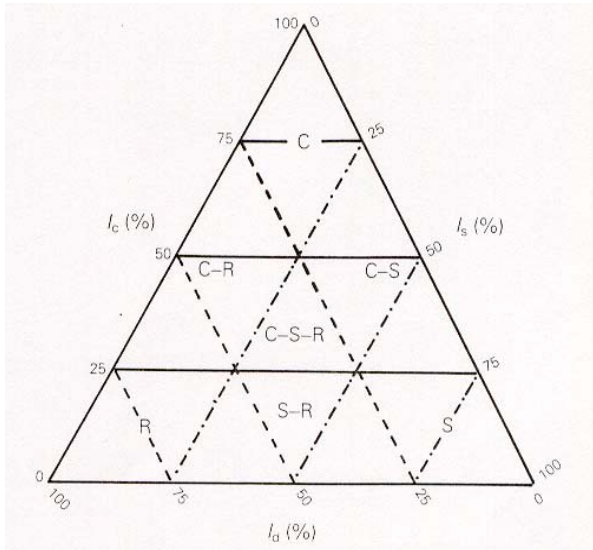
Fuente: Grime *et al.* (1989)

GRIME (1979), describió las diferencias entre las tres estrategias de respuestas al estrés de la siguiente forma: “Una diferencia genética decisiva entre las plantas competidoras, tolerantes y oportunistas hace diferir la forma y al grado de respuesta genotípica; éstas diferenciaciones en las respuestas constituyen uno de los criterios fundamentales por el que las tres estrategias pueden ser distinguidas. La respuesta al estrés de las especies oportunistas asegura la producción de semillas, las especies competidoras maximizan la captura de recursos, mientras que las tolerantes permiten la conservación de los recursos capturados”.

La capacidad de dominar a una comunidad de plantas no está determinada por un solo atributo; sino que es determinada por un conjunto de características, que también incluye la tasa de crecimiento relativa máxima, la tasa neta de asimilación y el área foliar (GRIME *et al.*, 1988).

El modelo CSR (figura 1) propone que la vegetación que se desarrolla en un determinado momento y lugar es el resultado del equilibrio que se genera entre: Intensidad del estrés, perturbación y competencia. En este modelo, el estrés y la perturbación ambiental controlan la intensidad de la competencia a través de la restricción de la densidad y/o el vigor de la vegetación. Cuando el estrés y los disturbios son bajos, las plantas con mayor habilidad competitiva van a invadir y

eventualmente ocupar el sitio, tendiendo a generar una situación de monocultivo (GRIME *et al.*, 1989).



C = Competidor

S= Tolerante

R = Oportunista

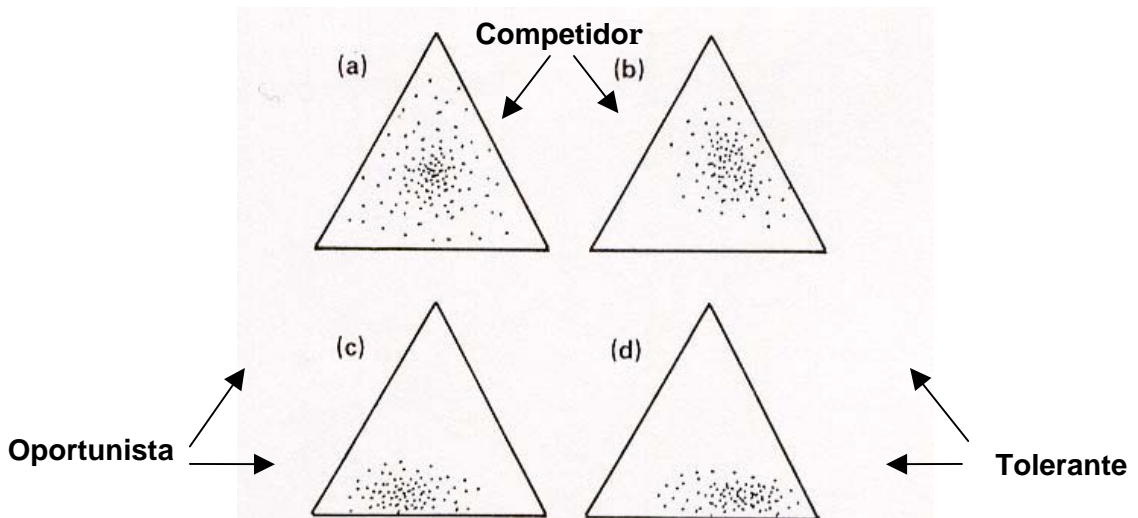
I_c = Importancia relativa de la competencia (—)

I_s = Importancia relativa del estrés (- - - -)

I_d = Importancia relativa de la perturbación (- . . . -)

FIGURA 1. Modelo generado por competencia, estrés y perturbación.

Fuente: Grime *et al.* (1989)



(a) Especies herbáceas, (b) árboles y arbustos, (c) helechos y (d) líquenes.

FIGURA 2. Ejemplos de las estrategias de cuatro formas de vida.

Fuente: GRIME *et al.* (1989).

El rango de las condiciones ambientales y su asociación con las estrategias de las plantas, es representado por el triángulo de la Figura 1, en el que las variaciones en la importancia de la competencia, estrés y perturbación, no sólo controlan los tres tipos de especializaciones de las plantas, sino también un gran número de estrategias intermedias (Figura 2) (GRIME *et al.*, 1989).

El modelo triangular CSR es una herramienta muy útil para la representación conceptual de la dinámica poblacional de las especies de una pradera, y de la influencia de la competencia sobre la distribución y abundancia de especies (WOLFE y DEAR (2001).

Tanto el modelo de reducción de recursos como el modelo CSR, admiten una apropiación inicial de recursos por una especie, pero difieren en los mecanismos que determina el resultado a largo plazo de la competición (WEDIN y TILMAN, 1993; TOW y LAZENBY, 2001)

Así, cada teoría puede ser aplicada a diferentes circunstancias. Por ejemplo, el modelo CSR entrega predicciones útiles para ambientes productivos, mientras que el modelo de reducción de recursos puede ser más adecuado para el entendimiento de sistemas con bajos niveles de nutrientes en el suelo y por un tiempo más prolongado (KEMP Y KING, 2001).

2.1.1.3 Otras teorías sobre las estrategias de las plantas. Existe la hipótesis de que las diferencias en la tasa de adquisición de recurso entre especies competitivas, una vez que están establecidas, son mantenidas y ampliadas durante la competición, debido a la respuesta positiva entre crecimiento y captura de recursos (BEGON *et al.*, 1996). La propuesta de este mecanismo de competencia por recurso se ha llamado Derecho Preferencial de Obtención del Recurso o Competición Asimétrica. Ocurre, por ejemplo, cuando las plantas más grandes interceptan una gran proporción de la luz, mientras que las plantas pequeñas tienen muy poco efecto en la luz que alcanzan las plantas más grandes (BEGON *et al.*, 1996; CRAINE, 2005).

Otra teoría, basada en que la competencia es el factor más relevante de la selección y evolución de las especies (Darwin, 1859, citado AARSEEN, 1992), propone que las diferencias en la habilidad competitiva implican diferencias en la habilidad para producir rebrotes dentro de la próxima generación, y de esa forma limitar la producción de rebrote de otras especies, independientemente de la intensidad de competencia (AARSSSEN y KEOGH 2002)

De acuerdo a este modelo, la importancia de la habilidad competitiva no son solo las que les permiten a la planta limitar recursos a sus competidores o suprimir el crecimiento y desarrollo de plantas vecinas para así maximizar su propio tamaño de planta; sino también que estas características le permitan soportar las supresiones lo suficiente para persistir, tanto en forma individual, como a través de las generaciones (AARSSSEN y KEOGH, 2002).

2.1.2 Intensidad de competencia versus su importancia. La intensidad de competencia se define como la cantidad en que la competencia disminuye las condiciones óptimas de un individuo (WELDEN y SLAUSON, 1986; WEIGELT y JOLLIFFE, 2003). Otros investigadores interpretan la intensidad de competencia como una reducción en las funciones de la planta causada por la competencia de otros individuos de la misma o de diferente especie (SNAYDON y SATORRE, 1989; SACKVILLE, 2001).

La distinción entre la “intensidad” competitiva de individuos de una o más especies y la “importancia” de la competencia para la aptitud individual, la estructuración de comunidades y la coevolución de las especies, no ha sido expresamente analizada (WELDEN y SLAUSON, 1986; SNAYDON y SATORRE, 1989; SACKVILLE, 2001; WEIGELT y JOLLIFFE, 2003).

La “importancia” se refiere al grado en que la competencia contribuye a la disminución de la tasa de crecimiento, metabolismo, fecundidad, sobrevivencia, o aptitud de un organismo, por debajo de sus condiciones óptimas, en relación a la suma total de procesos que provocan dicha disminución. Por lo tanto, la importancia de la competencia incluye otros procesos y condiciones como: aspectos genéticos,

parasitismos, depredación, perturbaciones ambientales, etc. (WELDEN y SLAUSON, 1986).

La intensidad evalúa el “proceso”, mientras que la importancia corresponde el “producto” de la competencia (WELDEN y SLAUSON, 1986). Por ejemplo, se podrían determinar los cambios en la intensidad de competencia que ocurre a través de un gradiente de productividad, o comparar la importancia de la competencia con otros procesos, como por ejemplo, el pastoreo (WEIGELT Y JOLLIFFE, 2003).

De acuerdo al modelo CSR la intensidad de competencia se presume que aumenta cuando incrementa la productividad del ambiente (GRIME, 1977; GRIME 1979). En contraste, el Modelo de Reducción de Recursos asume que la intensidad competitiva total no es afectada por la productividad del hábitat, aunque reconoce que se producen variaciones entre la competencia sobre y bajo el suelo (NEWMAN, 1973; TILMAN, 1986a). Sin embargo, GOLDBERG *et al.* (1999), después de analizar una base de datos de 296 casos en 14 estudios, reportaron resultados no consistentes con la literatura anterior, afirmando que la intensidad de competencia total disminuye con el aumento de la productividad.

2.1.3 Competencia intraespecífica e interespecífica. La competencia en un sistema natural puede ser interespecífica o intraespecífica, la primera más intensa que la última (FLORENTINE y FOX, 2003). Estos tipos de competencia también han sido denominadas competencia homotípicas (intraespecífica) y heterotípica (interespecífica) (OLIVARES, 1986).

En un monocultivo la competencia intraespecífica induce hacia una relación balanceada entre el rendimiento por planta y la densidad (FLORENTINE y FOX, 2003; PARK *et al.*, 2003), mientras que en mezclas, el rendimiento de cada especie es dependiente de su frecuencia relativa y de la densidad total de ambas especies (FLORENTINE y FOX, 2003).

El entendimiento de la competencia intraespecífica es un buen comienzo para la construcción de hipótesis acerca la competencia en especies en mezcla (BI y TURVEY, 1996).

2.1.4 Competencia entre especies herbáceas y leñosas. La idea de la separación de los nichos donde se desarrollan pastos y árboles, en el cual los pastos son competidores superiores en las capas más superficiales del suelo, mientras los árboles tienen acceso exclusivo a las capas más profundas, han sido respaldados por numerosos investigadores (Belski, 1990 citado por FETENE, 2003). Otros estudios han demostrado que, dependiendo de situaciones particulares, árboles y pastos pueden competir por recursos, cuando sus sistemas radicales se superponen (VAN AUKEN y BUSH, 1988; PELTZER y KÖCHY, 2001; FLORENTINE y FOX, 2003). Por ejemplo, esto ocurre cuando plantas leñosas se establecen a partir de semillas, al mismo tiempo que especies herbáceas (ELIASON y ALLEN, 1997; WILLIAMS *et. al*, 2002).

Milthorpe (1961), citado por PELTZER y KÖCHY (2001) concluyó, de varios experimentos en cultivos y pasturas, que la competencia entre las raíces comienza mucho antes de que la parte aérea esté lo suficientemente desarrollada como para causarse sombreado entre sí. Asimismo, siguiendo un análisis de 23 estudios de competencia, WILSON (1988) concluyó que la competencia a nivel de raíz, usualmente, es más importante que la competencia aérea en la determinación del balance competitivo entre especies.

En general, las plántulas de especies leñosas no compiten bien con especies herbáceas (VAN AUKEN y BUSH, 1988; FLORENTINE y FOX, 2003). Por ejemplo, el crecimiento de la parte aérea y radicular de *Pinus resinosa* es suprimido por la interferencia de tres especies herbáceas, *Agropyron repens*, *Agrostis alba* y *Poa palustres* (CALDWELL *et al.*, 1995)

Para un adecuado establecimiento y sobrevivencia de las plántulas de especies leñosas a partir de semilla, la condición ideal sería una germinación temprana, antes de que aparezcan otras especies (FLORENTINE y FOX, 2003). Para que las plantas

leñosas puedan establecerse en la pradera, la capacidad de las especies herbáceas para apropiarse de recursos, sobre y debajo del suelo, deberían ser deprimidas por la defoliación (DISTEL *et. al*, 1994); bajo estas condiciones el crecimiento de las plantas leñosas sería menos limitado y las probabilidades de establecerse serían más altas que bajo condiciones de altos niveles de competencia con los pastos (DISTEL *et. al*, 1994; BROWN Y ARCHER, 1999).

2.1.5 Niveles de competencia. La competencia puede ser aérea o radical (WILSON, 1988). WEAVER y CLEMENTS (1938), sugirieron que los efectos de la competencia aérea interactuaban positivamente con los efectos de la competencia radical; en contraste, MARTIN y FIELD (1987), reportaron la ausencia de interacciones en sus experimentos, sugiriendo que no siempre se produce correlación de la competencia aérea con la competencia radical.

2.1.5.1 Competencia por luz. Con una fuente de luz unidireccional, apropiarse del suministro se convierte en una carrera hacia la cima, ya que, la competencia por luz consiste básicamente en la producción de hojas sobre los competidores. La rápida colocación de las hojas sobre las de otras especies, requiere altas tasas de crecimiento y de adquisición de recursos (luz, nutrientes, agua y espacio) (GRIME *et al.*, 1989).

En un principio, GRIME (1979) asoció la selección natural en hábitats altamente sombreados con la evolución de mecanismos de conservación de energía (en la dinámica del carbono) y postuló que, las tasas de respiración bajas pueden ser importantes para mantener el equilibrio del carbono de las plantas expuestas a baja intensidad de luz y alta temperatura. Por ejemplo, las especies de árboles adaptadas a la sombra tienen hojas con tasas específicas de respiración más baja, así como menor tasa relativa de crecimiento en condiciones de pleno sol, que las especies no adaptadas a la sombra.

Sin embargo, en investigaciones posteriores, GRIME (2001) se centró en las bajas concentraciones de nutrientes en las hojas de la vegetación más cercana al suelo (nivel inferior). GRIME (2001) observó que las plantas de mayor canopia requieren una gran cantidad de nutrientes para sostener su alta productividad,

conduciendo a la baja disponibilidad de nutrientes para las plantas del nivel inferior. Además, como consecuencia de la baja disponibilidad de carbohidratos asociada al sombreado, las plantas del nivel inferior tienen limitado el potencial de crecimiento para las raíces, y no pueden escapar de las zonas de agotamiento que se desarrollan alrededor de ellas, dejando a la planta sub-nutrida. Por lo tanto, las plantas del nivel inferior no se adaptan para conservar la energía, sino para conservar los nutrientes.

COOMES Y GRUBB (2000) demostraron que la competencia radical entre las plantas del nivel inferior y las del nivel superior, puede ocurrir en hábitat sombreados; pero esto no prueba que el conjunto de características que define a las plantas tolerantes a la sombra sea el resultado de la necesidad de conservar los nutrientes frente a la falta de éstos. Por ejemplo, hay estudios que demuestran que eliminar la competencia radical no tiene ningún efecto en las plantas arbustivas del nivel inferior, mientras que aumentar los niveles de luz aumenta su crecimiento enormemente (Putz y Canham 1992, citados por CRAINE 2005). Además, las tasas de suministro de nutrientes pueden exceder lo finalmente utilizado por la vegetación y las zonas de agotamiento de nutrientes móviles no serían tan importantes como para que los nutrientes limitaran el crecimiento de las plantas (CRAINE, 2005).

La disminución del recurso luz ha sido medido, varias veces, en la canopia de plantas en mezclas, y estos estudios indican que las plantas leñosas pueden tener un mayor efecto competitivo que los pastos, causado, en la mayoría de los casos, por la parte aérea más alta de los arbustos y, por tanto, mayor reducción en la disponibilidad de luz (PELTZER y KÖCHY, 2001).

Una vez que la canopia de una planta es superior a aquellos que se encuentran en el mismo plano vertical, la competencia por luz esencialmente ha terminado, y las plantas del nivel de más abajo deben tolerar la sombra (STIGTER y MUSABIHLA, 1982 y PELTZER y KÖCHY, 2001).

La clave en la discusión de la competencia aérea para CRAINE (2005) es si las plantas más cortas compiten con plantas más altas por luz. La respuesta depende del potencial para producir efectos negativos (en forma mutua) y de la posibilidad de

traslapar las canopias verticalmente en el futuro, así como de la escala de tiempo del análisis; ya que aún cuando dos canopias al mismo tiempo pueden estar separadas, su colocación vertical relativa puede cambiar.

Una planta herbácea que sostenga su canopia sobre una planta leñosa joven encontrará probablemente la situación invertida el año siguiente. Si árboles más altos se retardan o detienen el aumento en altura, árboles más cortos tienen el potencial de incorporarse (entrar) a la canopia superior y de reducir los niveles de luz a los árboles que fueron más altos. Si existe potencial para el traslape vertical de canopias, entonces la competencia por luz se puede extender a las plantas con canopias verticalmente separadas (GRACE, 1995; CRAINE, 2005).

Sin embargo, debajo de las canopias de especies adaptadas a la sombra, los niveles de luz pueden estar reducidos a un nivel tan bajo que individuos más cortos, si es que pueden crecer, no pueden lograr suficiente altura para incorporarse (entrar) en la canopia superior sin una perturbación ambiental. Aún así, la competencia debe ser considerada importante mientras que las plantas del nivel inferior puedan tener un efecto negativo sobre la generación siguiente de plántulas de la especie más alta (GRACE 1995; PELTZER y KÖCHY, 2001; CRAINE, 2005).

2.1.5.2 Competencia por espacio. La intensidad de la competencia es dependiente del número de plantas aledañas. Cuando la densidad de las plantas es alta, cada planta puede interferir con las otras mutuamente, sobre y bajo la superficie del suelo (GOLDBERG, 1987).

Durante la fase de crecimiento de una planta en particular, la competencia por recursos no ocurre entre todas las plantas de la población, sino más bien entre el individuo en cuestión y las plantas inmediatamente alrededor de ésta (NEWMAN, 1973; HARPER, 1977; TILMAN, 1994; FLORENTINE y FOX, 2003). Pero las plantas vecinas pueden diferir en su composición, como resultado de la dispersión y de la mortalidad (TILMAN, 1994), esta estructuración espacial creada por las diferencias en la composición botánica, tiene una profunda influencia en la dinámica y biodiversidad de las comunidades herbáceas.

Aún en estudios experimentales es poco probable poder separar los efectos del tamaño de las plantas y de la distancia de las plantas vecinas respecto a una planta blanco, ya que, después de un período de crecimiento y competencia, estos dos factores se vuelven confusos. Por ejemplo, si las plantas están creciendo en una densidad alta entonces, después de un período de crecimiento, ellas serán más chicas que si hubieran crecido en una densidad baja (RAMSEIER y WEINER 2006).

2.1.5.3 Competencia por nutrientes. La competencia por recursos del suelo es uno de los factores más relevantes en la estructuración de las comunidades de plantas (TILMAN, 1990; GRACE, 1995; SCHENK, 2006; TOW y LAZENBY, 2001; PELTZER y KÖCHY, 2001).

La competencia por nutrientes es una carrera por producir raíces en áreas de alta disponibilidad de nutrientes, pero de baja ocupación, permitiendo a una planta apropiarse de los nutrientes antes que se establezcan los competidores (HODGSON *et al.*, 1999).

Las tasas de difusión de los nutrientes en la solución del suelo son bajas; de esta manera, apropiarse del suministro requiere la dominación de mecanismos que le permitan a la especie una mayor capacidad de extracción. Cuando la capacidad de extracción de nutrientes de las plantas excede la difusión, baja la concentración en la superficie de la raíz, y se producen zonas de agotamiento a su alrededor; cuando las zonas de agotamiento de dos plantas se traslapan, las raíces, por definición, están compitiendo por los mismos nutrientes (CRAINE, 2005).

Características como: bajo diámetro de la raíz, altas tasas de asignación a las raíces y alta longevidad de las raíces, son decisivas en la habilidad competitiva de las plantas a nivel radical, ya que le permiten a la planta asegurarse de que sus raíces estén más cercanas a los puntos de suministro. (CRAINE, 2005).

Los contenidos de agua y las propiedades del suelo (tipo de suelo), a través de su influencia en la tasa de difusión de nutrientes, juegan un rol clave en la determinación de los resultados de la competencia por nutrientes en las plantas, y por

lo tanto, la difusión de nutrientes debe ser considerada en los modelos de competencia (RAYNAUD y LEADLEY, 2004)

2.1.6 Mediciones de competencia. En cualquier consideración práctica de competencia en comunidades de plantas es importante ser capaz de cuantificar el efecto de las interacciones competitivas en los componentes de la comunidad a través del tiempo (TOW y LAZENBY 2001).

El grado de competencia es manipulado generalmente en forma indirecta, controlando la densidad o el tamaño inicial de individuos en un diseño experimental, e interpretando sus efectos en el crecimiento, reproducción o supervivencia entre los distintos tratamientos (GIBSON *et al.*, 1999; SACKVILLE, 1994; KEMP Y KING, 2001; SACKVILLE, 2001). Estos modelos mecánicos explican la reducción en el crecimiento de una planta, debido a la competencia, en relación a lo siguiente:

- La densidad de otras plantas. Si una planta de un tamaño dado depende de una cierta “zona de influencia” para crecer y sobrevivir, entonces el crecimiento se verá reducido si el espacio disponible es menor que el requerido para el tamaño máximo de la planta.
- El tamaño relativo de otras plantas. Dada la competencia asimétrica por luz, las plantas más grandes que el promedio tienen una ventaja competitiva sobre las más pequeñas.

El grado de competencia se puede también manipular directamente, controlando la fuente de recursos. La ventaja de este acercamiento es que permite que la competencia por cada recurso sea estudiada de manera independiente, por ejemplo, la competencia por fósforo puede ser estudiada restringiendo la fuente de P mientras se provee abundante luz, agua y otros minerales. Sin embargo, este acercamiento no es suficiente por si solo, ya que no permite separar los efectos de la competencia, de los efectos no competitivos de la variación del nutriente. Esta aproximación es útil para los estudios de competición cuando está combinado con la

manipulación experimental de la densidad o del tamaño de plantas (SACKVILLE, 2001).

Además, la competencia entre o dentro de la misma especie puede ser demostrada al menos de dos maneras: Usando experimentos de campo para explicar patrones de espaciamiento o usando maceteros que minimizan la variación de todos los otros factores que pueden afectar el crecimiento (FLORENTINE y FOX, 2003). De esta manera, numerosos diseños se han desarrollado para estudiar aspectos puntuales de la competencia (BEGON *et al.*, 1996; GIBSON *et al.*, 1999).

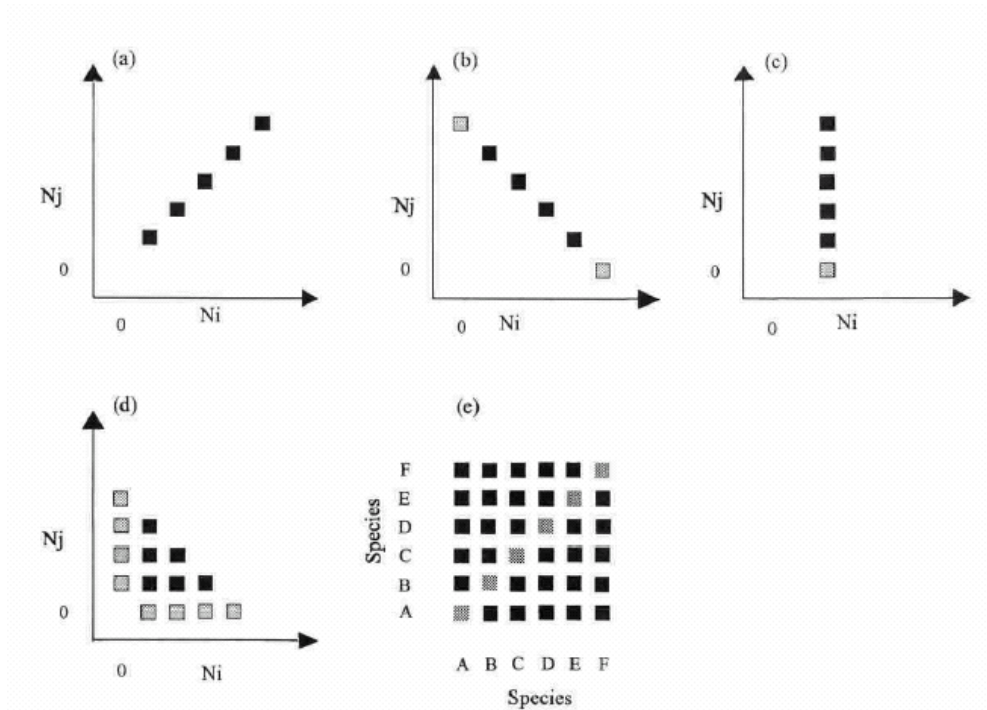
Estos estudios requieren la manipulación experimental rigurosa de la competencia (SNAYDON, 1991; COUSENS, 2000; FRECKLETON y WATKINSON, 2000). En el caso más simple, esto puede implicar el comparar un tratamiento “con competencia” y un control “sin competencia”; o puede conllevar el establecer una serie de tratamientos que varían cuantitativamente el grado de competencia (SACKVILLE, 2001).

2.1.7 Diseños experimentales. Antes de embarcarse en cualquier experimento de competencia es esencial elegir un diseño y un análisis experimental que clarifiquen los objetivos que se persiguen (SNAYDON y SATORRE, 1989; SNAYDON, 1991; COUSENS, 2000; FRECKLETON y WATKINSON, 2000; SACKVILLE, 2001).

Además, es importante considerar las limitaciones impuestas por la elección de: El diseño experimental, las variables medidas, y el análisis estadístico usado para interpretar los resultados; ya que pudieran ser mal entendidos o no apropiados para la respuesta que se espera dar con el experimento. Un ejemplo es la dificultad para distinguir entre los resultados de la competencia (interacciones a largo plazo) y los efectos de una especie en la otra. Muchas veces, los efectos que se generan de las interacciones entre las especies durante el curso del experimento, no pueden ser separados de diferencias pre-existentes (GIBSON *et al.*, 1999).

El uso de diseños artificiales en invernadero (Figura 2) ha sido uno de los acercamientos experimentales más populares (GIBSON *et. al.*, 1999; COUSENS, 2000;

FRECKLETON y WATKINSON, 2000; SACKVILLE, 2001). La ventaja principal de este acercamiento es su facilidad en el control de las densidades iniciales, tanto de las especies en mezcla como en monocultivo, y un buen control sobre la heterogeneidad ambiental. Una desventaja de este acercamiento, como todos los diseños artificiales, es la extrapolación de los resultados del experimento a la realidad, la que resulta cuestionable (SACKVILLE, 2001).



Símbolos ligeramente sombreados representan monocultivos. En diseños (a), (b), (c) y (d), “N” corresponde a densidades de especies “i” y “j”. Diseño (e), símbolos A, B, C, D, E y F corresponden a seis especies diferentes: **(a) Diseño de pares simples; (b) Series de reemplazo; (c) Especie blanco y especies vecinas (Modelo TN); (d) Diseño de series aditivas; (e) Diseño completo** (incluye los monocultivos, símbolos ligeramente sombreados, y las mezclas repetidas).

FIGURA 3. Esquemas de diseños experimentales.

Fuente: GIBSON *et al.* (1999).

El diseño de “pares simples” corresponde a la utilización de densidades múltiples, pero no incluye los monocultivos. Se usa para explicar los efectos de la

competencia en los resultados de los tratamientos aplicados (GIBSON *et al.*, 1999), pero no entrega información útil sobre los efectos de la competencia en sí (SACKVILLE, 2001).

El diseño de “Series de reemplazo” consiste en dos especies en monocultivo y un rango de mezclas en que una especie es sembrada en proporción p de su densidad en monocultivo y la otra especie es sembrada en la proporción de $1 - p$, es decir, manteniendo una sola densidad total. Normalmente las densidades de las dos especies en monocultivo son iguales y se usa una mezcla simple (1:1) (CONNOLLY 1986). Este diseño es apropiado para estudios basados en la similitud de las especies en competencia, tales como: complementariedad, sobreposición de nichos, eficiencia de uso de suelo o rendimiento de la cosecha de cultivos mixtos; y para mediciones de habilidad competitiva que cuantifican como los recursos limitantes son distribuidos entre las especies (GIBSON *et al.*, 1999).

En contraste, los diseños aditivos se usan para cuantificar la competencia interespecífica entre dos especies cuando a pesar de existir competencia intraespecífica ésta no es considerada. Por ejemplo, en un estudio del efecto de una maleza en un cultivo (SACKVILLE, 1994).

Tanto el diseño de “Series aditivas” como el diseño “completo” generalmente producen resultados que pueden estar influenciados por el tamaño inicial de las plantas (GIBSON *et al.*, 1999).

Los diseños “TN” son apropiados cuando el interés primario está en el efecto competitivo de una especie (i) sobre una segunda (j). En estos casos, el rendimiento de la especie i en monocultivo puede no ser de interés, y la densidad de la segunda especie j se puede fijar por práctica agronómica. Entonces, toda la información relevante puede ser obtenida variando la densidad de la i en una sola densidad de j (SACKVILLE, 2001).

2.2 *Morus alba* (Morera).

Morus alba es una especie arbustiva, originaria de Asia (BENAVIDES, 1994; GONZALEZ *et al.*, 1996), pertenece al orden *Urticales*, familia *Moraceae* y género *Morus*; las especies más conocidas en el mundo son: *Morus alba*, *Morus nigra* y *Morus indica* (BENAVIDES, 1995).

A pesar de ser originaria de climas templados, se considera una especie cosmopolita, por su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes (BENAVIDES, 1995). En zonas tropicales, se ha comprobado que *M. alba* se desarrolla adecuadamente con una temperatura mínima de 18° C y máxima de 38° C; encontrándose su óptimo entre 24 y 28° C (BENAVIDES, 1994; GONZALEZ *et al.*, 1996). Sin embargo, el crecimiento de esta especie en climas mediterráneos con cambios bruscos de temperatura, ha sido satisfactorio, tolerando valores por debajo de 0° C (BENAVIDES, 1994). Otros rangos climáticos para su cultivo son: precipitación de 600 a 2.500 mm; fotoperíodo de 9 a 13 h/día y humedad relativa de 65 a 80 %. (TING-ZING *et al.*, 1988).

En Chile, *M. alba* presenta un período de abscisión foliar total, con dormancia invernal desde los últimos días de Junio hasta el reinicio de su actividad vegetativa durante Agosto y Septiembre (HERNÁNDEZ, 2003).

2.2.1 Interés agronómico de *M. alba*. Históricamente se ha utilizado en la producción de seda para la alimentación del gusano de la seda a partir del follaje (SÁNCHEZ, 2000b). También es muy apreciado su fruto y su madera (SÁNCHEZ, 2000b). Es ampliamente utilizada como especie ornamental y también se le atribuyen propiedades medicinales (SÁNCHEZ, 2000a).

Morus alba es un árbol que se ha adaptado para la producción de follaje (GONZALEZ *et al.*, 1996). Estudios en *M. alba* como planta forrajera, se han llevado a cabo en todo el mundo. Estos estudios incluyen aspectos agronómicos como modalidades de cosecha, conservación de forraje, y su inclusión en dietas de rumiantes y monogástricos (SÁNCHEZ, 2000c).

En condiciones de crecimiento libre puede alcanzar hasta 12 metros de altura, pero si se maneja bajo una poda periódica se comporta como un arbusto perenne (ITO Y TAKAGISHI, 1997). Desarrolla un sistema radicular vertical fuerte y horizontal profuso, lo que le permite una mayor resistencia en períodos de escasez de agua (BENAVIDES, 2000; SALAZAR, 2003).

2.2.2 Calidad del forraje. Dentro de sus características nutricionales, además de su buena palatabilidad, destacan su aporte en proteína cruda con valores de 15 a 28%, dependiendo de la especie, de la variedad, grado de madurez de hojas y tallos y condiciones de crecimiento. Esto, sumado a su gran capacidad para la producción de materia seca con un rendimiento de biomasa de hasta 30 t ha⁻¹ corte⁻¹, y adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, permiten clasificarla dentro de las especies arbustivas con potencial para la alimentación de rumiantes y monogástricos (ESPINOZA, 1996; SÁNCHEZ, 2000a; SALAZAR, 2003).

La calidad del follaje se afecta por factores ambientales. En la costa del Pacífico de Costa Rica, con alta luminosidad y elevadas temperaturas, los contenidos de proteína cruda y la digestibilidad de las hojas se reducen (15,1 y 71,5%, respectivamente), en comparación con sitios más elevados, con más nubosidad y menor temperatura (24,8 y 74,9%, respectivamente). Sin embargo, al comparar los rendimientos de materia seca, los estudios determinaron que, con mayor temperatura la producción promedio fue 31,2 t MS ha⁻¹ año⁻¹, a pesar de sufrir un largo período de sequía, duplicando la de las zonas montañosas equivalente a 15,5 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (ESPINOZA, 1996).

Morus alba extrae gran cantidad de nutrientes del suelo, por lo tanto, es necesario reponer los nutrientes extraídos por la planta por medio de fertilización, pudiendo considerarse la asociación con leguminosas o aplicación de estiércol, ya que los niveles de N en el suelo resultan fundamentales para su crecimiento (CIFUENTES, 1996).

2.2.3 Densidad de plantación, frecuencia de corte y rendimiento. El rango de densidades de plantación varía desde 10.000 pl ha⁻¹ para los sistemas de producción

tradicionales (BOSCHINI, 2000) hasta 200.000 pl ha⁻¹ en sistemas intensivos (DUKE, 1983). En Guatemala, Blanco (1992), citado por BOSCHINI (2000), obtuvo 19 Mg ha⁻¹ de materia seca en cuatro cortes cada nueve semanas, con 30 centímetros entre plantas y una altura del corte de 75 centímetros. En Costa Rica, BENAVIDES (1994), utilizó densidades de 23.000 pl ha⁻¹ con rendimientos de 21 a 28 toneladas/ha.

2.3 *Lolium multiflorum* (Ballica italiana).

Gramínea forrajera de crecimiento anual o bianual, originaria del norte de África y Asia menor (HUGHES *et al.*, 1966). En la actualidad se encuentra diseminada por todo el mundo (WILKEN, 1993).

Lolium multiflorum se caracteriza por presentar un rápido establecimiento, alta tasa de crecimiento y excelente calidad nutricional (DEMANET, 1994).

Los rendimientos que alcanzan los cultivares de esta especie se encuentran entre 12 y 14 Mg MS ha⁻¹ (Muslera y Ratera, 1992 citado por VYHMEISTER, 2000). Sin embargo, en condiciones de riego, en la zona central de Chile, se han obtenido rendimientos de hasta 18 Mg MS ha⁻¹ (López, 1988 citado por VYHMEISTER, 2000). Otras evaluaciones en la IX región señaladas por DEMANET (1994) muestran productividades de 9 a 17 Mg MS ha⁻¹.

Los contenidos de proteína cruda (PC) pueden diferir entre cultivares o verse influenciados por las condiciones ambientales. Por ejemplo, los cultivares tetraploide presentan valores mayores a los diploides, en igual estado fenológico, y utilizando las mismas variedades, se han registrado mayores contenidos de PC en la época de invierno en relación a ensayos en primavera (DEMANET, 1994).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Ubicación del ensayo y suelo utilizado.

El ensayo se realizó en un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile, Valdivia. El suelo utilizado, correspondió a la Serie Valdivia (Duric Hapludand), fue obtenido de los primeros 20 cm de profundidad de una pradera permanente de buena condición nutricional. El aporte de nutrientes dependió de la fertilidad inicial de suelo, ya que no hubo adición de fertilizantes. El suelo fue tamizado a 2 cm, homogeneizado y colocado en macetas cónicas de 60 cm de profundidad y 43 cm de radio superior (Figura 4).

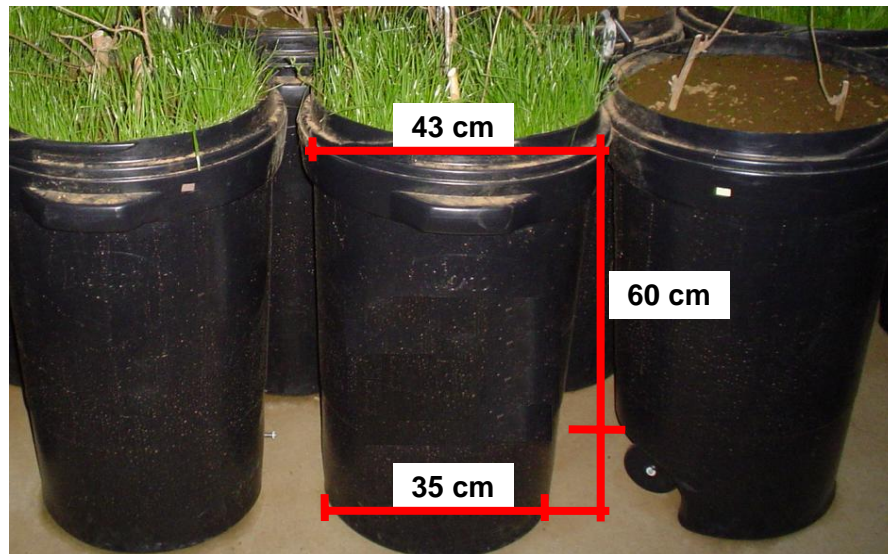


FIGURA 4. Medidas de los maceteros utilizados en el ensayo.

De cada maceta se obtuvo una submuestra del suelo para formar una muestra completa, para su análisis químico (Cuadro 2).

CUADRO 2. Características químicas del suelo.

pH agua (1:2,5)	5,3
pH CaCl ₂ (1:2,5) 0,01 M	4,9
Materia orgánica (%)	13,2
Nitrógeno disponible (mg kg ⁻¹)	70,2
Fósforo Olsen (mg kg ⁻¹)	22,4
Potasio intercambiable (mg kg ⁻¹)	178,6
Calcio intercambiable (cmolc kg ⁻¹)	3,71
Magnesio intercambiable (cmolc kg ⁻¹)	0,73
Sodio intercambiable (cmolc kg ⁻¹)	0,08
Suma de Bases (cmolc kg ⁻¹)	4,90
Saturación de Aluminio (%)	2,97

Se verificó en el suelo de los maceteros la homogeneidad de los niveles de N, P, K y pH muestreando 5 de ellos al azar (Cuadro 3).

CUADRO 3. Nivel de homogenización del suelo.

	N (ppm)	P-Olsen (ppm)	K (ppm)	pH agua	pH CaCl ₂
Promedio	79,52	21,20	208,18	5,38	4,96
Desviación estandar	6,21	1,05	20,99	0,04	0,02
Coefficiente de variación	7,81	4,96	10,08	0,76	0,40

3.2 Humedad del suelo y criterio de riego.

Debido a que la competencia por agua no estaba entre los objetivos propuestos para el presente estudio, el suelo se mantuvo a 75% de la capacidad de campo. Así el suministro de agua fue adecuado para ambas especies evitando pérdidas de nutrientes por lixiviación al aplicar un riego excesivo.

La cantidad de agua a regar se calculó a partir de la capacidad de retención de agua del suelo, la densidad aparente del suelo y la humedad del suelo al inicio del experimento.

3.2.1 Estimación de capacidad de campo del suelo. Se determinó por diferencias de peso (suelo seco y suelo con agua retenida; McLAREN y CAMERON, 1996), de la siguiente manera: En un embudo se colocó lana de vidrio en su interior para retener el suelo, y luego se agregó una cantidad conocida de suelo seco, previamente secado a 105°C (Figura 5). Se agregó agua lentamente hasta saturar el suelo. Se dejó drenar por 36 horas y luego el suelo fue pesado. Se realizaron tres repeticiones, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 4.

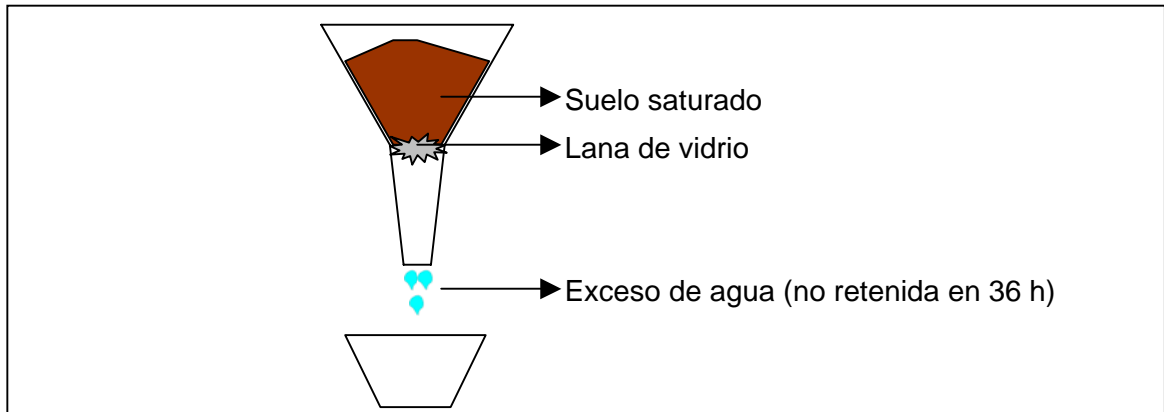


FIGURA 5. Esquema de la metodología usada en el cálculo de la capacidad de retención de agua del suelo.

De acuerdo a los resultados del cuadro 4, cada kilogramo de suelo es capaz de retener hasta 1,06 litros de agua.

CUADRO 4. Capacidad de retención de agua del suelo.

Repetición	Embudo (g)	Embudo + suelo seco (g)	Embudo + suelo seco + agua retenida (g)	Suelo seco (g)	Agua retenida (g)
1	46,6	78,27	111,09	31,67	32,82
2	60,11	91,70	125,62	31,59	33,92
3	54,49	86,22	119,81	31,73	33,59
Promedio				31,66	33,44

3.2.2 Densidad aparente y humedad inicial del suelo. De dos macetas se obtuvo una muestra de suelo por medio de un cilindro de volumen conocido. Se pesaron,

secaron a 105°C/48 h, para obtener el peso seco de las muestras (Cuadro 5). De estos datos se calculó la densidad aparente y la humedad inicial del suelo (McLAREN y CAMERON, 1996), por lo que, cada maceta (capacidad: 125.000 cm³) al inicio del estudio contenía 64 kg de suelo seco y 35 l de agua.

CUADRO 5. Densidad aparente y humedad de suelo.

Repetición	Peso cilindro (g)	Peso suelo húmedo + cilindro (g)	Peso suelo seco + cilindro (g)	Volumen cilindro (cm ³)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Humedad inicial del Suelo (%)
1	223,67	417,73	349,31	247,57	0,507	54,5
2	224,76	424,40	354,18	248,29	0,521	54,3
Promedio					0,514	54,4

De lo anterior, se desprende que cada maceta con 64 kg de suelo a capacidad de campo contendría 68 l de agua. Sin embargo, como la humedad inicial del suelo era 54,4%, equivalente a 37 l, se adicionaron 14 litros para lograr 75% de CC por maceta (ecuación 3.1):

$$CAA = (AR * PCCD) - CAP \quad (3.1)$$

Donde:

CAA = Cantidad de agua a agregar (l)

AR = Agua retenida en el suelo a capacidad de campo (l)

PCCD = Porcentaje de la capacidad de campo deseado en el suelo (%).

CAP = Contenido de agua presente en el suelo (l).

Para permitir la adecuada distribución del agua en la maceta, la adición de los 16 l de agua se hizo en forma parcializada (1 l cada 30 minutos).

La reposición del agua se efectuó en función del promedio de la evaporación de bandeja (Figura 6) medida en tres bandejas evaporimétricas tipo A modificadas (ORTEGA-FARIAS *et al.*, 2001), cada vez que las bandejas perdieron 1 litro de agua.



FIGURA 6. Diseño de las bandejas evaporimétricas usadas en el ensayo.

3.3 Duración del ensayo.

La evaluación se desarrolló entre el 27 de enero y el 22 de abril del 2005. Al inicio del experimento (27 de enero) se realizó un corte de homogenización de las plantas de *M. alba* ya establecidas en los maceteros. Se llevaron a cabo dos cosechas de *M. alba* y *L. multiflorum*: El primer corte se efectuó el 4 de Marzo y el segundo el 22 de Abril. Cada período de crecimiento se prolongó hasta la aparición de la cuarta lámina de *L. multiflorum*, aproximadamente a los 700 grados días acumulados (GDA) (AKMAL y JANSSENS, 2004).

3.4 Material vegetal.

Las plantas de *M. alba* utilizadas corresponden a arbustos de dos años, obtenidos a partir de estacas y mantenidas en potes individuales bajo invernadero. Las semillas de *Lolium multiflorum* correspondieron al cultivar *Status*.

Los arbustos fueron transplantados a los maceteros del experimento con el suelo de los potes individuales (raíz cubierta).

3.5 Diseño Experimental.

Correspondió a bloques incompletos al azar, con un arreglo factorial de los tratamientos en tres bloques: Tres densidades de *M. alba* (0; 2; 5 plantas macetero⁻¹;

equivalentes a 0; 13.8; 34.4 plantas m^{-2}); dos niveles de presencia de *L. multiflorum* (equivalentes a 0 y 7 kg de semilla $100 m^{-2}$); y dos niveles de competencia radical (con competencia, y sin competencia, a través del aislamiento de las raíces de las plantas de *M. alba*). De esta manera se evaluaron 9 tratamientos (Cuadro 6).

CUADRO 6. Tratamientos.

Tratamiento	Simbología	Composición de cada macetero
1	0 Ma C/Lm St	Sólo <i>Lolium multiflorum</i>
2	2 Ma C/Lm St	2 <i>Morus alba</i> + <i>Lolium multiflorum</i>
3	5 Ma C/Lm St	5 <i>Morus alba</i> + <i>Lolium multiflorum</i>
4	2 Ma S/Lm St	Sólo 2 <i>Morus alba</i>
5	5 Ma S/Lm St	Sólo 5 <i>Morus alba</i>
6	2 Ma C/Lm Ct	2 <i>Morus alba</i> con raíz aisladas + <i>Lolium multiflorum</i>
7	5 Ma C/Lm Ct	5 <i>Morus alba</i> con raíz aisladas + <i>Lolium multiflorum</i>
8	2 Ma S/Lm Ct	2 <i>Morus alba</i> con raíz aisladas
9	5 Ma S/Lm Ct	5 <i>Morus alba</i> con raíz aisladas

3.6 Aislamiento de la competencia radical.

Para aislar las raíces entre *M. alba* y *L. multiflorum* se utilizaron tubos metálicos de forma cónica que permitieron dividir el volumen total de suelo del macetero, dejando el 50% para cada especie.



FIGURA 7. Diseño de los tubos utilizados para aislar las raíces de *M. alba* en baja y alta densidad.

Cuando el arbusto se encontraba en densidad baja los tubos utilizados eran de radio superior e inferior de 21,5 y 18,5 cm respectivamente, y de 60 cm de profundidad; para densidades altas del arbusto se utilizaron cinco tubos de 60 cm profundidad, pero de radio superior e inferior de 14,5 y 11,5 cm, respectivamente (Figura 7).

3.7 Criterio de corte.

En cada corte (aparición de la cuarta lámina de *L. multiflorum*), la pradera fue dejada a una altura residual de 4 cm y las plantas de *M. alba* fueron completamente desfoliadas.

3.8 Variables evaluadas.

Durante el experimento se midió diariamente la luz incidente recibida por la canopia *M. alba* e incidente sobre *L. multiflorum*.

Además, en tres termómetros ubicados en el invernadero, se midieron y registraron diariamente las temperaturas máxima, mínima y la correspondiente al momento de la medición de luz.

En cada desfoliación se midió: altura de planta sin disturbar, altura disturbada, número de plantas de la pradera, número de hojas de *M. alba*, índice de área foliar, peso seco foliar y el contenido de nutrientes (N:P:K) en las hojas de *M. alba* y de *L. Multiflorum*.

Al segundo corte se midió, además: Peso seco y los contenidos de nutrientes (N:P:K) de la parte aérea leñosa de *M. alba* y de las raíces de ambas especies.

3.8.1 Medición de la luz incidente. Se realizaron tres mediciones diarias de la luz incidente a la canopia de *M. alba* y a la gramínea. Los datos fueron registrados a las 9 am, 12 pm y 8 pm, utilizando un luxímetro digital Extech Light Meter. Los resultados fueron interpretados como el porcentaje diario de luz interceptada por el arbusto sobre la gramínea:

$$LI_{Ma} = \sum LI_{Lm} * 100 / \sum LI_{Ma} \quad (3.2)$$

Donde, LI_{Ma} : Luz interceptada por *M. alba*

LI_{Lm} : Luz incidente al nivel de *L. multiflorum*

LI_{Ma} : Luz incidente en la canopia de *M. alba*

3.8.2 Grados Días Acumulados. Se calcularon los grados día acumulados (GDA) utilizando la siguiente fórmula (ONSTAD y FICK, 1983; BUXTON y MARTEN, 1989):

$$GDA = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{base} \quad (3.3)$$

Donde T max = Temperatura máxima acumulada en el periodo de crecimiento.

T min = Temperatura mínima acumulada en el periodo de crecimiento.

T base = Temperatura base de 5° C.

3.8.3 Altura sin disturbar del arbusto y la pradera. Con una regla dispuesta en forma vertical, se midió la altura (cm) de las plantas desde la superficie del suelo hasta la hoja más alta de *M. alba* en cada planta por maceta. Para *L. multiflorum* (Figura 8) se midió la altura desde el suelo hasta el punto más alto en que la gramínea contactó la regla, en cinco macollos tomados al azar por maceta.



FIGURA 8. Esquema de la medición de la altura sin disturbar en *L. multiflorum*.

3.8.4 Altura disturbada del arbusto y la pradera. Con una regla se midió la altura (cm) de la planta desde la superficie del suelo hasta el extremo de la hoja más alta, estirando el tallo de las plantas de *M. alba* y, de igual manera, se midió la altura extendida de cinco macollos al azar de *L. multiflorum* por maceta (Figura 9).



FIGURA 9. Esquema de la medición de la altura disturbada en *L. multiflorum*.

3.8.5 Densidad de la pradera. Correspondió al número de macollos de *L. multiflorum* por maceta, el que fue calculado, después de cada corte, utilizando un anillo de 6 cm² ubicado dentro de la superficie con *L. multiflorum*. Se contó el número de macollos presentes dentro del anillo. Esta operación se realizó 3 veces en cada maceta, y el promedio de estos datos (submuestras) fue aplicado al área de la maceta (43 cm²).

3.8.6 Índice de área foliar (IAF) de *M. alba* y de *L. multiflorum*. Para este cálculo se utilizó un medidor de área foliar (marca HAYASHI DENKO Co. LTD). Este equipo determinó el área de las hojas mediante la proyección de su sombra sobre una superficie plana. Al colocar las hojas en el equipo, éstas iban completamente extendidas y no superpuestas (Figura10).

El índice de área foliar (IAF) se calculó como la relación entre la superficie de hojas y la superficie de suelo WATSON (1947):

$$\text{IAF} = \text{Area}_{\text{foliar}} / \text{Aarea}_{\text{macetero}} \quad (3.4)$$

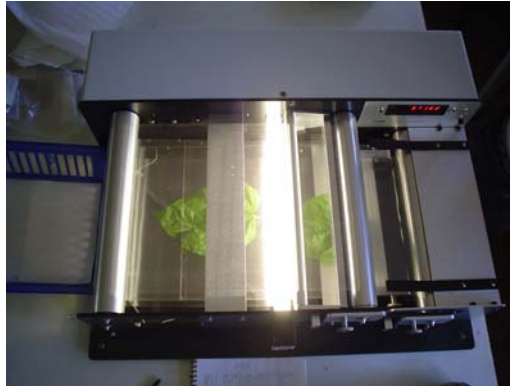


FIGURA 10. Medidor de Área foliar.

3.8.7 Número de hojas de *M. alba*. Se contó y registró el número de hojas que tenía cada planta de *M. alba* al momento de cada corte.

3.8.8 Peso seco foliar. El peso seco foliar correspondió al peso seco de las láminas. En cada corte, las láminas cosechadas, fueron colocadas en bolsas de papel, separadas por planta por maceta, e identificadas. Se pesaron en verde y se secaron en un horno de aire forzado a 60 °C por 48 horas, o hasta peso constante, para así obtener el peso seco. Los datos del peso final son los valores de materia seca en gramos por maceta, y las diferencias de peso corresponden a la humedad, expresada en forma porcentual.

3.8.9 Peso seco de la estructura leñosa de *M. alba*. En la presente tesis, la estructura leñosa de *M. alba*, equivalente a pecíolos, ramillas, ramas y fuste serán denominados “tallos”. Los tallos de *M. alba* fueron cosechados al segundo corte inmediatamente después de la defoliación de los arbustos, cortando las ramas menos lignificadas con una tijera y dividiendo el tronco (parte más lignificada) con una sierra manual. El material se colocó en bolsas de papel, identificó, pesó en verde, y fue secado en un horno de aire forzado a 60 °C por 4 días, o hasta peso constante, para ser pesado nuevamente. Los datos del peso final son valores en materia seca y las diferencias de peso entre los pesos verde y seco, correspondieron a la humedad presente en los tallos.

3.8.10 Peso seco radical. Las raíces fueron extraídas de los maceteros (una vez cosechada toda la biomasa aérea) fraccionando el volumen de suelo en 6 partes y vaciando el suelo, de a una porción a la vez, sobre una sábana plástica, para separar manualmente las raíces de cada especie. Finalmente, las raíces fueron lavadas con agua para eliminar el resto de suelo adherido (Figura 11).



FIGURA 11. Esquema de la separación de raíces.

Una vez que las raíces estuvieron secas (a temperatura ambiente) fueron colocadas en bolsas de papel, identificadas y pesadas, luego se secaron en un horno de aire forzado a 60 °C por 48 horas, y fueron pesadas nuevamente para determinar los valores de materia seca.

3.8.11 Análisis nutricional. Las muestras de MS de hojas, tallos y raíces de cada especie por corte fueron analizadas separadamente, en el Laboratorio de Nutrición Animal (Instituto de Producción Animal, Universidad Austral de Chile) para determinar el contenido (%) de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.9 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante el Análisis de Varianza (ANDEVA), las medias fueron separadas usando el test del LSD cuando

no hubo interacción y el test PDIFF para las interacciones. Previo a esto, se chequeó que todas las variables cumplieran con poseer una distribución normal y una varianza homogénea.

Además, las asociaciones y relaciones de las variables evaluadas entre las especies en estudio, fueron analizadas aplicando el Análisis de Variables Canónicas (AVC) (WEIHS, 1995; JOBSON, 1996).

La relación entre la intercepción de luz y la densidad de plantas de cada especie se exploró a través del análisis de regresiones.

4 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las variables evaluadas. Para ello se han analizado las variables por especie, con el fin de poder diferenciar el efecto competitivo individual de una especie sobre la otra. Además, se comparan el rendimiento y aporte nutricional obtenidos en cada tratamiento.

4.1 Efecto competitivo de *M. alba* sobre *L. multiflorum*.

Con el fin de determinar la habilidad competitiva de *M. alba* para influir en el crecimiento y desarrollo de *L. multiflorum*, se evaluó la respuesta competitiva de la especie *L. multiflorum* al encontrarse asociada a distintas densidades de *M. alba* y de acuerdo al tipo de competencia radical, al separar el espacio del suelo ocupado por las raíces de cada especie.

4.1.1 Efecto de *M. alba* sobre la producción de biomasa de *L. multiflorum*.

Resultados de los rendimientos en materia seca (g MS), obtenidos en cada corte y acumulados durante el período experimental.

4.1.1.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre la producción de biomasa de *L. multiflorum*. La producción de biomasa (g MS) en hojas y en raíces de *L. multiflorum*, así como la materia seca total acumulada, no fue afectada ($P > 0,05$) por las densidades de *M. alba* cuando crecieron compitiendo por recursos a nivel aéreo y radical. Dichos resultados se detallan en el Cuadro 7.

4.1.1.2 Efecto de la competencia radical sobre la producción de biomasa de *L. multiflorum*. De acuerdo al tipo de competencia radical (con tubo v/s sin tubo), para la producción de biomasa de hojas y raíces, tanto en el segundo corte como para los totales acumulados, *L. multiflorum* no fue afectada ($P > 0,05$). Sin embargo, en el primer

corte, hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la producción de hojas, siendo mayor la cantidad de materia seca en los tratamientos en que no se aisló la competencia radical (St). Estos resultados se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Efecto de la densidad de *M. alba* y tipo de competencia sobre la producción de biomasa (g MS) de *L. multiflorum*.

Densidad de <i>M. alba</i>	Corte 1	Corte 2		Total acumulado	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
0 Ma	28,8	28,7	12,9	57,4	70,3
2 Ma	27,4	33,1	8,5	60,5	69,0
5 Ma	21,9	27,6	8,1	49,5	57,6
significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Tipo de competencia	Corte 1	Corte 2		Total acumulado	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
Sin entubado (St)	26,0 a	29,8	9,8	55,8	65,6
Con entubado (Ct)	16,7 b	26,7	7,7	43,4	51,1
significancia	*	ns	ns	ns	ns

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0.05$; ns $P > 0.05$. **0 Ma:** *L. multiflorum* en monocultivo; **2 Ma:** dos plantas de *M. alba*/maceta; **5 Ma:** cinco plantas de *M. alba*/maceta.

4.1.2 Efecto de *M. alba* sobre el contenido de nutrientes de *L. multiflorum*.

Resultados de las variables nutricionales evaluadas en hojas y raíces de *L. multiflorum*, expresadas como porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio presente en cada fracción de materia seca (MS) por corte y ponderado a la MS total producida.

4.1.2.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre el contenido de nutrientes de *L. multiflorum*. Los contenidos de nitrógeno (Cuadro 8), fósforo (Cuadro 8) y potasio (Cuadro 8) presentes en las hojas y raíces de *L. multiflorum*, fueron estadísticamente similares ($P > 0,05$) al aumentar la densidad de plantación de *M. alba*.

CUADRO 8. Efecto de la densidad de *M. alba* sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en *L. multiflorum*.

Densidad de <i>M. alba</i>	Nitrógeno ($\text{g N } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
0 Ma	5,2	4,7	2,1	5,0	4,5
2 Ma	5,3	4,6	2,0	4,9	4,6
5 Ma	5,4	4,6	2,1	5,0	4,6
significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Densidad de <i>M. alba</i>	Fósforo ($\text{g P } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
0 Ma	0,30	0,34	0,22	0,32	0,31
2 Ma	0,31	0,34	0,19	0,33	0,31
5 Ma	0,32	0,34	0,20	0,33	0,31
significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Densidad de <i>M. alba</i>	Potasio ($\text{g K } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
0 Ma	6,02	3,94	0,49	5,01	4,24
2 Ma	5,83	4,12	0,13	4,91	4,32
5 Ma	4,99	3,84	0,14	4,37	3,82
significancia	ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: ns $P > 0.05$.

0 Ma: *L. multiflorum* en monocultivo; **2 Ma:** dos plantas de *M. alba*/maceta; **5 Ma:** cinco plantas de *M. alba*/maceta.

4.1.2.2 Efecto de la competencia radical sobre el contenido de nutrientes de *L. multiflorum*. El Cuadro 9 presenta los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio, presentes en hojas y raíces de *L. multiflorum*, de acuerdo al tipo de competencia radical. En éstos se observa que la concentración de nutrientes absorbidos por *L. multiflorum*, localizados en hojas y raíces, no fue afectada ($P > 0.05$) por la competencia radical de *M. alba*.

CUADRO 9. Efecto del tipo de competencia sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en *L. multiflorum*.

Tipo de competencia	Nitrógeno ($\text{g N } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
Sin entubado	5,26	4,67	2,06	4,62	4,54
Con entubado	5,35	4,55	1,79	4,13	4,40
significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Tipo de competencia	Fósforo ($\text{g P } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
Sin entubado	0,31	0,34	0,20	0,32	0,31
Con entubado	0,30	0,34	0,19	0,32	0,30
significancia	ns	ns	ns	ns	ns
Tipo de competencia	Potasio ($\text{g K } 100\text{g}^{-1}$ MS)				
	Corte 1	Corte 2		Total	
	Hojas	Hojas	Raíz	Hojas	Hojas y raíz
Sin entubado	5,61	3,96	0,25	4,76	4,12
Con entubado	5,64	3,64	0,15	4,40	3,77
significancia	ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: ns $P > 0.05$.

4.1.3 Efecto de *M. alba* sobre la densidad, área foliar y altura de *L. multiflorum*.

A continuación se presenta el efecto de *M. alba* sobre las características del crecimiento de *L. multiflorum* al crecer asociados.

4.1.3.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre la densidad, área foliar y altura de *L. multiflorum*. Los resultados obtenidos en número de macollos (NM), Índice de área foliar (IAF) y alturas sin disturbar (ASD) y disturbada (AD) de *L. multiflorum*, no exhibieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos con distintas densidades de *M. alba* (Cuadro 10).

4.1.3.2 Efecto de la competencia radical sobre la densidad, área foliar y altura de *L. multiflorum*. El Cuadro 10 presenta los resultados obtenidos en el número de macollos (NM), Índice de área foliar (IAF) y altura sin disturbar (ASD) y disturbada (AD) de *L. multiflorum*, de acuerdo al tipo de competencia radical. Las variables de crecimiento analizadas exhibieron valores estadísticamente iguales ($P>0,05$) en el primer y segundo corte.

CUADRO 10. Efecto de la densidad de *M. alba* y del tipo de competencia sobre la densidad (Número de macollos/maceta), IAF (cm^2 de hojas/ cm^2 de suelo), altura sin disturbar (cm) y altura disturbada (cm) de *L. multiflorum*.

Densidad de <i>M. alba</i>	Corte 1				Corte 2			
	NM	IAF	ASD	AD	NM	IAF	ASD	AD
0 Ma	335	3,9	19,3	42,0	443	3,8	22,3	38,7
2 Ma	353	3,5	24,0	43,0	402	3,6	22,3	39,0
5 Ma	391	3,0	24,6	39,3	434	3,4	23,3	37,3
significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Tipo de competencia	Corte 1				Corte 2			
	NM	IAF	ASD	AD	NM	IAF	ASD	AD
Sin entubado	383	3,4	20,7	41,4	427	3,6	22,7	38,3
Con entubado	360	2,9	19,8	36,8	394	3,2	27,5	41,3
significancia	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

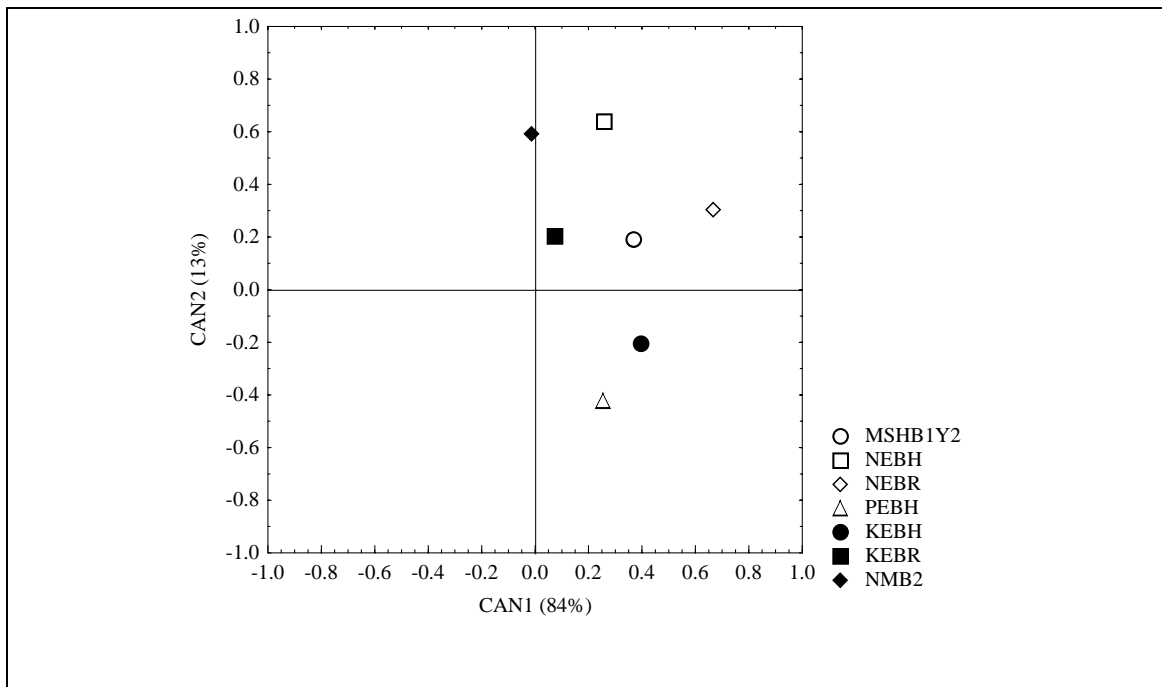
Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas: ns $P>0.05$.

0 Ma: *L. multiflorum* en monocultivo; **2 Ma:** dos plantas de *M. alba*/maceta; **5 Ma:** cinco plantas de *M. alba*/maceta; **NM:** número de macollos; **IAF:** Índice de área foliar; **ADS:** altura sin disturbar; **AD:** Altura disturbada.

4.1.4 Evaluación de la competencia de *M. alba* sobre el crecimiento de *L. multiflorum* a través del análisis de variables canónicas (AVC).

El efecto de *M. alba* sobre los atributos de crecimiento de *L. multiflorum* se explicó a través de las diferencias entre los tratamientos (Wilks' Lambda $P\leq 0.05$), entregadas por el análisis multivariado, expresado por medio de las variables

canónicas. Las primeras dos variables canónicas explicaron en conjunto 97% del total de las diferencias provocadas por *M. alba* sobre *L. multiflorum*: 84% explicadas por CAN1 y 13% por CAN2. Las variables que tuvieron un mayor peso en explicar dichas diferencias para CAN1 (Figura 12) fueron la concentración de nitrógeno en la raíz de *L. multiflorum*, la concentración de potasio en las hojas de *L. multiflorum* y la producción de hojas *L. multiflorum*. De igual forma, las variables originales más relevantes en CAN2 fueron la concentración de nitrógeno en hojas *L. multiflorum* y densidad de macollos de *L. multiflorum* al corte 2.

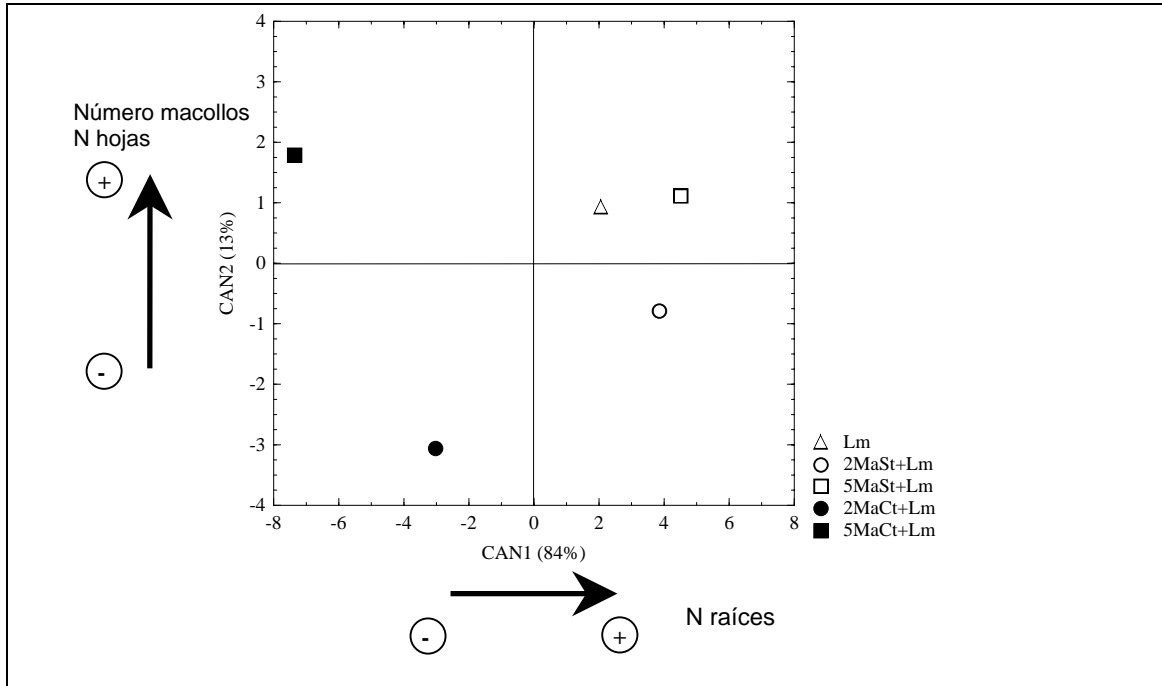


MSHB1y2: MS total de hojas *Lm* (g); **NEBH:** Nitrógeno en hojas *Lm* (%); **NEBR:** Nitrógeno en raíz *Lm* (%); **PEBH:** Fósforo hojas *Lm* (%); **KEBH:** Potasio hojas *Lm* (%); **KEBR:** Potasio raíz *Lm* (%); **NMB2:** Número macollos *Lm* corte 2.

FIGURA 12. Variables que explican las diferencias en producción de *L. multiflorum*.

La Figura 13 muestra la agrupación de los tratamientos en relación al efecto de la presencia de *M. alba* y de la competencia a nivel de raíces sobre *L. multiflorum*. En el sentido horizontal (CAN1), los tratamientos fueron separados según el tipo de competencia radical. Los tratamientos en que la competencia radical no fue restringida

estuvieron asociados a un mayor contenido de N y K en las raíces, como también a una mayor producción de biomasa foliar.



0 Ma St C/Lm: Sólo *L. multiflorum*, **2 Ma St C/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*.

FIGURA 13. Efecto de los tratamientos sobre las variables que explican diferencias en producción de *L. multiflorum*.

En la dirección de CAN 2 las diferencias en el número de macollos y el contenido de N en hojas de *L. multiflorum* se expresaron como el contraste entre los tratamientos que contenían 5 y 2 plantas de *M. alba*. Este efecto se acentuó cuando se aisló la competencia radical.

4.2 Efecto competitivo de *L. multiflorum* sobre *M. alba*.

El presente estudio exploró la habilidad competitiva de *L. multiflorum* para influir en el crecimiento y desarrollo de *M. Alba*, lo que fue estudiado bajo dos densidades del arbusto: baja y alta.

4.2.1 Efecto de *L. multiflorum* sobre la producción de biomasa de *M. alba*. Se presentan los resultados para los rendimientos en materia seca (g MS por maceta), parciales y totales, alcanzados por *M. alba* en cada tratamiento durante el período experimental.

4.2.1.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre la producción de biomasa de *M. alba*. Para la producción de tallos ($P \leq 0.05$), raíces ($P \leq 0.001$) y el rendimiento acumulado (hojas primer y segundo corte, más tallos y raíces; $P \leq 0.001$), *Morus alba* en alta densidad (5 plantas/maceta) presentó rendimientos de MS estadísticamente mayores a los alcanzados por *M. alba* en densidad baja (2 plantas/maceta). La presencia de *L. multiflorum* no afectó ($P > 0.05$) los rendimientos para dichas variables (Cuadro 11).

CUADRO 11. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba* y de la presencia de *L. multiflorum* sobre la producción de biomasa (g MS) parcial y total de *M. alba*.

Materia Seca de <i>M. alba</i>	Densidad			Presencia		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
Tallos	34,9 b	75,6 a	*	62,3	48,2	ns
Raíces	5,1 b	15,0 a	***	10,1	10,0	ns
Total	55,8 b	135,2 a	***	97,0	93,9	ns
Materia Seca de <i>M. alba</i>	Densidad * Presencia					
	2 Ma C/Lm	5 Ma C/Lm	2 Ma S/Lm	5 Ma S/Lm	S	
Hojas Corte 1	9,4 c	22,9 b	9,7 c	35,0 a	***	
Hojas Corte 2	5,3 c	12,0 b	7,3 c	19,4 a	***	
Hojas total	14,7 c	34,8 b	17,0 c	54,4 a	***	

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0.05$; *** $P \leq 0.001$; ns $P > 0.05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **2 Ma C/Lm**: Densidad baja de *M. alba* con *L. multiflorum*; **5 Ma C/Lm**: Densidad alta de *M. alba* con *L. multiflorum*; **2 Ma S/Lm**: Densidad baja de *M. alba* sin *L. multiflorum*; **5 Ma S/Lm**: Densidad alta de *M. alba* sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

Para la producción de hojas en el primer y segundo corte, y para la producción acumulada de hojas (suma de ambos cortes) hubo una interacción altamente significativa ($P \leq 0.001$) entre la densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum*. La mayor densidad de *M. alba* produjo un incremento en la producción de hojas/maceta, mientras que la presencia de *L. multiflorum* disminuyó el rendimiento de *M. alba* cuando ésta se plantó en alta densidad.

4.2.1.2 Efecto de la competencia radical sobre la producción de biomasa de *M. alba*. El aislamiento de las raíces (comparación entre *M. alba* con raíz entubada v/s raíz no entubada), no afectó ($P > 0,05$) la producción de biomasa en tallos, raíces y la producción total acumulada (suma de hojas cosechadas al primer y segundo corte, más tallos y raíces) de *M. alba*. A su vez, la presencia de *L. multiflorum* no afectó la producción de biomasa ($P > 0,05$) en tallos, raíces y la producción total acumulada (MS de hojas de ambos cortes, más tallos y raíces) de *M. alba* (Cuadro 18).

En relación a la producción de hojas de *M. alba*, tanto para ambos cortes como para la producción total (Cuadro 18), se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.001$) cuando habían 5 plantas de *M. alba*/maceta y se incluía *L. multiflorum* y/o se aislaban las raíces de *M. alba*. La interacción significativa ($P \leq 0.001$) triple entre la densidad de *M. alba*, la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia radical mostró que el mayor rendimiento de *M. alba* en materia seca foliar fue obtenido por la alta densidad de *M. alba* creciendo sin la presencia de *L. multiflorum* y sin el aislamiento (entubado) de la raíz (Ma St S/Lm). Le siguieron los tratamientos con alta densidad de *M. alba* (independientemente de la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia), y finalmente los tratamientos con *M. alba* en baja densidad. Esto significó en términos cuantitativos que 5Ma St S/Lm produjo prácticamente 1/3 más de MS en hojas total (54,4 g/maceta) que el promedio de los demás tratamientos con 5 *M. alba* (36,5 g/maceta), y 2/3 más que el promedio de los tratamientos con 2 *M. alba* (18,15 g/maceta).

CUADRO 12. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y tipo de competencia sobre la producción de biomasa (g MS) parcial y total de *M. alba*.

MS	Densidad			Presencia			Tipo de Competencia			
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S	
Tallos	35,8 b	71,1 a	**	58,8	48,1	ns	55,3	51,2	ns	
Raíces	5,5 b	14,1 a	***	10,2	9,5	ns	10,0	9,6	ns	
Total	53,9 b	112,0 a	***	95,1	90,4	ns	95,5	90,1	ns	
	Densidad * Presencia * Tipo de competencia									
MS	2 Ma St C/Lm	5 Ma St C/Lm	2 Ma St S/Lm	5 Ma St S/Lm	2 Ma Ct C/Lm	5 Ma Ct C/Lm	2 Ma Ct S/Lm	5 Ma Ct S/Lm	S	
Hojas 1	9,4 c	22,9 b	9,7 c	35,0 a	12,0 c	24,4 b	12,7 c	25,0 b	***	
Hojas 2	5,3 c	12,0 b	7,3 c	19,4 a	7,8 c	11,3 b	8,3 c	14,1 b	***	
Hojas total	14,7 c	34,8 b	17,0 c	54,4 a	19,9 c	35,7 b	21,0 c	39,1 b	***	

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **2 Ma St C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

4.2.2 Efecto de *L. multiflorum* sobre el contenido de nutrientes de *M. alba*. En cada corte a *M. alba* se le evaluó la concentración (%) de nitrógeno, fósforo y potasio presente en hojas, tallos y raíces. Con esta información, además, se determinó el porcentaje ponderado de estos elementos en la MS total acumulada.

4.2.2.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre el contenido de nutrientes de *M. alba*. En el Cuadro 13 se exhibe los resultados de los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (%), presentes en las distintas fracciones de MS de *M. alba*, en dos densidades, y en relación a su crecimiento en monocultivo versus asociada a *L. multiflorum*.

CUADRO 13. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba* y de la presencia de *L. multiflorum* sobre las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de *M. alba*.

Variables	Nitrógeno ($\text{g N } 100\text{g}^{-1}$ MS)					
	Densidad de <i>M. alba</i>			Presencia de <i>L. multiflorum</i>		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
Hojas Corte 1	4,37	4,48	ns	4,57	4,25	ns
Hojas Corte 2	3,99	3,95	ns	4,05	3,88	ns
Tallos	1,38	1,42	ns	1,31	1,49	ns
Raíces	2,87	2,75	ns	2,82	2,81	ns
Total hojas	4,22	4,30	ns	4,38	4,13	ns
MS total	2,37	3,49	ns	2,25 b	2,61 a	*
Variables	Fósforo ($\text{g P } 100\text{g}^{-1}$ MS)					
	Densidad de <i>M. alba</i>			Presencia de <i>L. multiflorum</i>		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
Hojas Corte 1	0,18	0,20	ns	0,20	0,17	ns
Hojas Corte 2	0,28	0,27	ns	0,29	0,25	ns
Tallos	0,05	0,06	ns	0,05	0,05	ns
Raíces	0,16	0,15	ns	0,16	0,15	ns
Total hojas	0,21	0,22	ns	0,23	0,20	ns
MS total	0,11	0,12	ns	0,11	0,12	ns
Variables	Potasio ($\text{g K } 100\text{g}^{-1}$ MS)					
	Densidad de <i>M. alba</i>			Presencia de <i>L. multiflorum</i>		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
Hojas Corte 1	1,68	1,71	ns	1,48	1,91	ns
Hojas Corte 2	1,80	1,97	ns	1,40	2,37	ns
Tallos	0,34	0,37	ns	0,26	0,45	ns
Raíces	0,48	0,49	ns	0,37	0,59	ns
Total hojas	1,73	1,80	ns	1,44	2,09	ns
MS total	0,79	0,86	ns	0,58	1,07	ns

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ns $P > 0,05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum*; **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; S: Significancia.

Al comparar las concentraciones de nutrientes en las distintas fracciones de la MS de *M. alba*, no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos con y sin *L. multiflorum* y, de al igual manera, entre los tratamientos con alta y baja densidad de *M. alba*. Sin embargo, la presencia de *L. multiflorum* produjo una disminución significativa ($P\leq 0,05$) en la concentración de nitrógeno ponderado a la materia seca total de *M. alba* (nitrógeno absorbido; Cuadro 13).

Tanto los contenidos de fósforo como los contenidos de potasio (Cuadro 13) en *M. alba* no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P>0,05$) al comparar los tratamientos con baja y alta densidad de *M. alba* y los tratamientos en que ésta creció asociada a *L. multiflorum*, compitiendo por recursos a nivel aéreo y radical.

4.2.2.2 Efecto de la competencia radical sobre el contenido de nutrientes de *M. alba*. Para el porcentaje de nitrógeno en los tallos, en el total de hojas (primer y segundo corte), y en la MS total producida por *M. alba* (hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces) la interacción entre la densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* fue significativa (Cuadro 14). El menor porcentaje de nitrógeno se obtuvo en los tratamientos con dos arbustos de *M. alba* creciendo con *L. multiflorum*. El tipo de competencia influyó en los contenidos de nitrógeno registrados en tallos ($P\leq 0,01$), hojas totales ($P\leq 0,05$) y en la MS total ($P\leq 0,001$) de *M. alba*, siendo significativamente mayor ($P\leq 0,05$) los contenidos de nitrógeno (%) en los tratamientos en que se aisló la competencia radical (Ct).

Los contenidos de fósforo registrados en las distintas fracciones de MS de *M. alba*, no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P>0,05$), como se detalla en el Cuadro 15.

CUADRO 14. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia sobre la concentración de nitrógeno ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de *M. alba*.

N	Densidad de Ma			Presencia de Lm			Tipo de competencia							
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S					
Hojas 1	4,45	4,53	ns	4,54	4,45	ns	4,42	4,56	ns					
Hojas 2	3,89	3,94	ns	3,90	3,92	ns	3,97	3,86	ns					
Raíces	2,86	2,87	ns	2,88	2,84	ns	2,81	2,91	ns					
N	Densidad de Ma * Presencia de Lm						Tipo de competencia							
	2 Ma C/Lm	5Ma C/Lm	2 Ma S/Lm	5 Ma S/Lm	S		St	Ct	S					
Tallos	1,25	b	1,52	a	1,59	a	1,49	a	**	1,40	b	1,53	a	*
Total hojas	4,13	b	4,45	a	4,29	a	4,20	a	*	4,25	b	4,29	a	*
MS total	2,16	c	2,55	b	2,76	a	2,59	ab	***	2,43	b	2,59	a	*

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum*; **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **2 Ma C/Lm**: Densidad baja de *M. alba* con *L. multiflorum*; **5 Ma C/Lm**: Densidad alta de *M. alba* con *L. multiflorum*; **2 Ma S/Lm**: Densidad baja de *M. alba* sin *L. multiflorum*; **5 Ma S/Lm**: Densidad alta de *M. alba* sin *L. multiflorum*; S: Significancia.

CUADRO 15. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia sobre la concentración de fósforo ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de *M. alba*.

P (%)	Densidad de Ma			Presencia de Lm			Tipo de Competencia		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S
Hojas 1	0,17	0,19	ns	0,18	0,17	ns	0,19	0,18	ns
Hojas 2	0,25	0,24	ns	0,26	0,23	ns	0,27	0,22	ns
Tallos	0,05	0,05	ns	0,05	0,05	ns	0,05	0,05	ns
Raíces	0,16	0,16	ns	0,16	0,15	ns	0,16	0,16	ns
Total hojas	0,20	0,21	ns	0,21	0,19	ns	0,22	0,19	ns
MS total	0,11	0,12	ns	0,11	0,12	ns	0,12	0,11	ns

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: ns $P > 0,05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum*; **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **S**: Significancia.

El contenido de potasio (%) presente en *M. alba*, desde el punto de vista de la densidad de plantas de *M. alba*, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), como se observa en el Cuadro 16.

En los porcentajes de potasio en la MS de las distintas fracciones de *M. alba* y de la MS total acumulada, existió un efecto combinado entre la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia radical (Cuadro 16). En todos los casos, el menor porcentaje de potasio se obtuvo en los tratamientos en que *M. alba* creció sin aislamiento radical y en presencia de *L. multiflorum* (C/Lm St). Los tratamientos sin competencia interespecífica a nivel radical, ya sea por la ausencia de *L. multiflorum* (S/Lm St; S/Lm Ct) o por el aislamiento de las raíces generado por los tubos (C/Lm Ct), presentaron los mayores porcentajes de potasio y fueron estadísticamente similares entre sí, para la mayoría de las variables evaluadas. La excepción fue el potasio contenido en las raíces de *M. alba*, donde los tratamientos sin *L. multiflorum* y sin raíz aislada de *M. alba*, presentaron mayor % de potasio que los tratamientos en que se aislaron las raíces de *M. alba* de las de *L. multiflorum*.

CUADRO 16. Efecto de la densidad de plantación (baja y alta) de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia sobre la concentración de potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) en la MS de *M. alba*.

K (%)	Presencia de Lm * Tipo de competencia					Densidad de Ma		
	C/Lm St	S/Lm St	C/Lm Ct	S/Lm Ct	S	2 Ma	5 Ma	S
Hojas 1	1,48 b	1,91 a	2,01 a	2,07 a	**	1,85	1,88	ns
Hojas 2	1,4 b	2,37 a	2,28 a	2,46 a	***	2,11	2,15	ns
Tallos	0,26 b	0,44 a	0,40 a	0,45 a	**	0,39	0,39	ns
Raíces	0,38 c	0,58 a	0,45 b	0,47 b	*	0,48	0,46	ns
Total hojas	1,44 b	2,09 a	2,10 a	2,21 a	***	1,95	1,97	ns
MS total	0,58 c	1,07 a	0,91 b	1,10 a	***	0,91	0,92	ns

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **2 Ma:** Densidad baja del arbusto; **5 Ma:** Densidad alta del arbusto; **C/Lm:** Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm:** Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St:** Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct:** Con entubado de la raíz de *M. alba*; **C/Lm St:** con *L. multiflorum* y sin entubado; **St S/Lm:** sin *L. multiflorum* y sin entubado; **Ct C/Lm:** con *L. multiflorum* y con entubado; **S/Lm Ct:** sin *L. multiflorum* con entubado; **S:** Significancia.

En el porcentaje de potasio ponderado al total de la MS producida por *M. alba*, los tratamientos sin *L. multiflorum* fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$), independientemente del tipo de competencia (Ct y St) donde, del total de la MS producida por *M. alba*, en promedio, el 1.09% correspondió a potasio. Luego le siguieron los tratamientos en que *L. multiflorum* estuvo presente pero con aislamiento radical (Ct), con una concentración de potasio de 0.91%. Y finalmente, el menor porcentaje de potasio lo obtuvieron los tratamientos con la presencia de *L. multiflorum* sin aislar las raíces, que equivalió a 0.58%.

4.2.3 Efecto de *L. multiflorum* sobre la densidad, área foliar y altura de *M. alba*. Se presentan los resultados de indicadores de crecimiento de *M. alba* evaluados en cada corte.

CUADRO 17. Efecto de la densidad de plantación de *M. alba* y de la presencia de *L. multiflorum* sobre el número de hojas, IAF (cm² de hojas/cm² de suelo), altura sin disturbar (cm) y la altura disturbada (cm) de *M. alba*.

Variables	Densidad de Ma			Presencia de Lm		
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
NH 1	29,2 b	74,5 a	*	47,8	55,8	ns
NH 2	38,8 b	107,3 a	**	63,8	82,3	ns
IAF 1	1,8 b	5,6 a	**	3,2	4,2	ns
IAF 2	1,2 b	3,3 a	***	1,7 b	2,8 a	***
ASD 1	34,2	29,2	ns	30,5	32,9	ns
ASD 2	43,0	41,7	ns	37,4	47,3	ns
AD 1	56,3	58,2	ns	56,8	57,7	ns
AD 2	60,7	61,7	ns	60,1	62,3	ns

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$. **NH1:** número de hojas al Corte 1; **NH2:** número de hojas al Corte 2; **IAF1:** Índice de área foliar al Corte 1; **IAF2:** Índice de área foliar al Corte 2; **ADS1:** altura sin disturbar Corte 1; **ADS2:** altura sin disturbar Corte 2; **AD1:** Altura disturbada al Corte 1; **AD2:** Altura disturbada al Corte 2; **2 Ma:** Densidad baja del arbusto(dos plantas de *M. alba*); **5 Ma:** Densidad alta del arbusto (cinco plantas de *M. alba*); **C/Lm:** Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm:** Sin la presencia de *L. multiflorum*; **S:** Significancia.

4.2.3.1 Efecto de la competencia aérea y radical sobre la densidad, área foliar y altura de *M. alba*. La densidad de plantación alta de *M. alba* generó un mayor IAF (Cuadro 17), tanto en el primer corte ($P \leq 0,01$) como en el segundo corte ($P \leq 0,001$), ambos respaldados por un mayor número de hojas ($P \leq 0,05$ y $P \leq 0,01$, respectivamente).

Para la presencia de *L. multiflorum* sólo se presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) para el IAF de *M. alba* en el segundo corte, de manera que *L. multiflorum* influyó en la disminución del IAF de *M. alba* en 39 %, a través de la expansión foliar.

4.2.3.2 Efecto de la competencia radical sobre la densidad, área foliar y altura de *M. alba*. Las alturas, disturbada y sin disturbar, de *M. alba*, para el primer y segundo corte, no exhibieron diferencias estadísticas ($P > 0,05$) al comparar entre las densidades de *M. alba* utilizadas, la presencia de *L. multiflorum* en los tratamientos y los tipos de competencia radical (Cuadro 18).

En el primer corte *M. alba* establecida en alta densidad presentó una mayor cantidad de hojas que aquella en baja densidad de plantas. Para el segundo corte hubo una interacción significativa ($P \leq 0,001$) entre la densidad de *M. alba* y el tipo de competencia radical: el número de hojas de *M. alba* fue mayor cuando ésta se encontraba en densidad alta y sin aislar las raíces (5 Ma St), luego, la densidad alta con tubos (5 Ma Ct), y por último ambos tratamientos con 2 *M. alba* donde no hubo un efecto de aislar las raíces del arbusto (St y Ct).

La interacción entre densidad de *M. alba* y presencia de *L. multiflorum* fue significativa ($P \leq 0,001$). En ambos cortes el mayor IAF de *M. alba* fue obtenido por la alta densidad de *M. alba* creciendo como monocultivo (5 Ma S/Lm), seguido de 5 *M. alba* con *L. multiflorum*; mientras el menor IAF fue obtenido en 2 *M. alba* con o sin *L. multiflorum*.

Al comparar entre tipos de competencia radical, el IAF al primer corte no mostró diferencias estadísticas ($P > 0,05$). Para el segundo corte, la interacción entre la densidad de *M. alba* y el tipo de competencia fue significativa ($P \leq 0,01$), donde 5 *M.*

alba con raíces sin tubo generó el mayor IAF, diferenciándose de 5 *M. alba* con raíces creciendo aisladas en tubos, la que a la vez presentó mayor IAF que 2 *M. alba*, independientemente del aislamiento de la competencia radical (St y Ct).

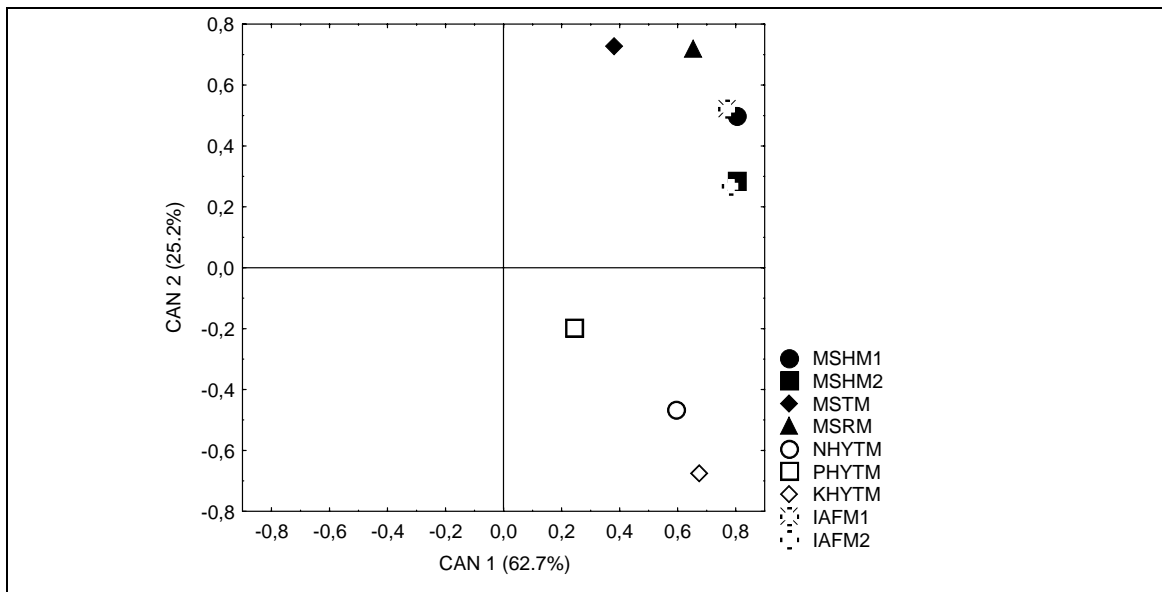
CUADRO 18 Efecto de la densidad de plantación de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y de la competencia radical sobre el número de hojas, IAF (cm² de hojas/cm² de suelo), altura sin disturbar (cm) y la altura disturbada (cm) de *M. alba*.

Variables	Densidad de Ma			Presencia de Lm			Tipo de Competencia											
	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S									
NH 1	29,6	b	68,0	a	***	48,3	49,3	ns	51,8	45,8	ns							
ASD 1	31,5		31,9		ns	33,1	30,3	ns	31,7	31,8	ns							
ASD 2	44,8		43,3		ns	42,5	45,5	ns	42,3	45,7	ns							
AD 1	57,0		58,8		ns	56,9	58,9	ns	57,3	58,6	ns							
AD 2	61,6		61,5		ns	59,2	63,9	ns	61,2	62,0	ns							
Variable	Densidad de Ma * Presencia de Lm						Tipo de competencia											
	2 Ma	C/Lm	5Ma	C/Lm	2 Ma	S/Lm	5 Ma	S/Lm	S	St	Ct	S						
IAF 1	2,0	c	4,6	b	2,1	c	5,6	a	***	3,7	3,4	ns						
Variable	Densidad de Ma * Tipo de competencia						Presencia de Lm											
	2 Ma	St	5Ma	St	2 Ma	Ct	5 Ma	Ct	S	C/Lm	S/Lm	S						
NH 2	38,8	c	107,3	a	43,8	c	81,3	b	***	63,5	72,2	ns						
Variable	Densidad de Ma* Presencia de Lm					Densidad de Ma* Tipo de competencia												
	2 Ma	5 Ma	2 Ma	5 Ma	S	2 Ma	5Ma	2 Ma	5 Ma	S								
	C/Lm	C/Lm	S/Lm	S/Lm		St	St	Ct	Ct									
IAF 2	1,2	c	2,3	b	1,6	c	3,4	a	*	1,2	c	3,3	a	1,6	c	2,4	b	**

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; ns $P > 0,05$. **NH1**: número de hojas al Corte 1; **NH2**: número de hojas al Corte 2; **IAF1**: Índice de área foliar Corte 1; **IAF2**: Índice de área foliar Corte 2; **ADS1**: altura sin disturbar Corte 1; **ADS2**: altura sin disturbar Corte 2; **AD1**: Altura disturbada Corte 1; **AD2**: Altura disturbada Corte 2. **2 Ma**: Densidad baja del arbusto; **5 Ma**: Densidad alta del arbusto (cinco plantas de *M. alba* por macetero); **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **2 Ma C/Lm**: Densidad baja del arbusto con *L. multiflorum* ; **5 Ma C/Lm**: Densidad alta del arbusto con *L. multiflorum*; **2 Ma S/Lm**: Densidad baja del arbusto sin *L. multiflorum*; **5 Ma S/Lm**: Densidad alta del arbusto sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

4.2.4 Evaluación de la competencia de *L. multiflorum* sobre el crecimiento de *M. alba* a través del análisis de variables canónicas (AVC).

La Figura 14 muestra la estructura canónica de las variables evaluadas que explicaron el mayor porcentaje de las diferencias entre los tratamientos, respecto a las características de calidad y rendimiento presentadas por *M. alba*.

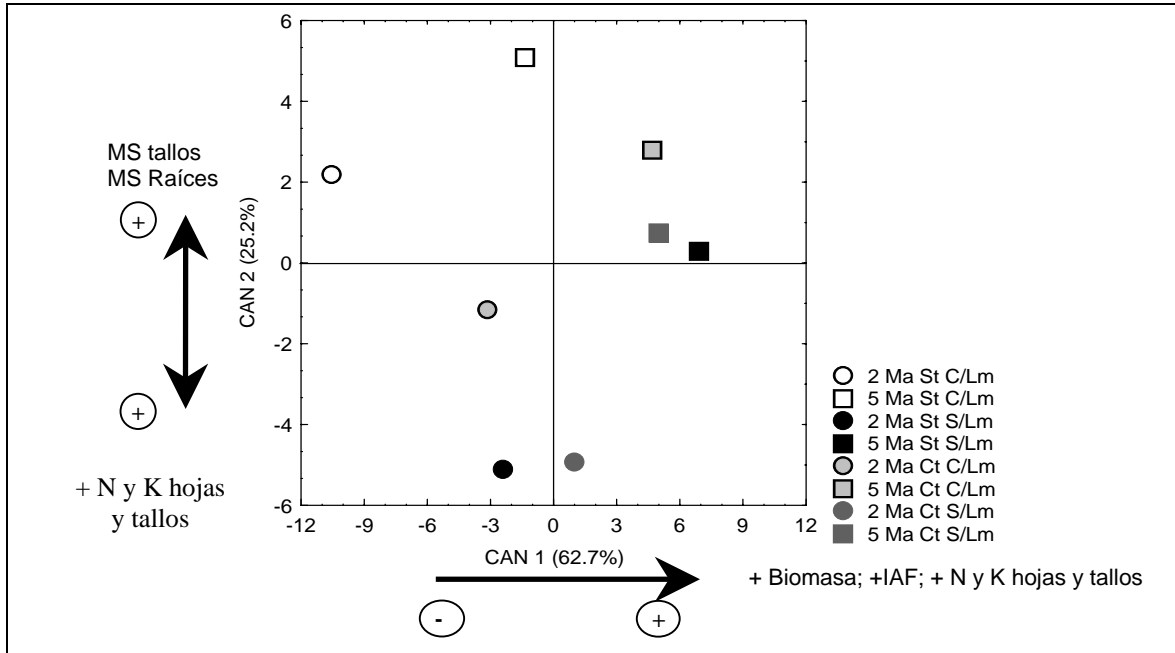


MSHM1: MS hojas Ma corte 1 (g); **MSHM2:** MS hojas Ma corte 2 (g); **MSTM:** MS tallos Ma (g); **MSRM:** MS raíces Ma (g); **NEMHYT:** Nitrógeno hojas y tallos Ma (%); **PEMHYT:** Fósforo en hojas y tallos Ma (%); **KEMHYT:** Potasio hojas y tallos Ma (%); **IAFM1:** Índice de Área foliar Ma corte 1; **IAFM2:** Índice de Área foliar Ma corte 2.

FIGURA 14. Variables que explican diferencias en la producción de *M. alba*.

El análisis canónico exhibió diferencias significativas (Wilk's Lambda $P \leq 0,01$), donde 62,7 % de las diferencias entre los tratamientos fueron explicados por CAN 1 y 25,2 % por CAN 2, siendo ambas variables canónicas significativas ($P \leq 0,01$). Para CAN 1, las variables originales que presentaron una alta asociación positiva fueron (Figura 14): biomasa foliar de *M. alba* en ambos cortes, biomasa en raíces, el IAF de *M. alba* de ambos cortes, y los contenidos de nitrógeno (%) de hojas y tallos, y de potasio (%) de hojas y tallos. CAN 2 presentó un contraste entre la materia seca total

producida por *M. alba* y la biomasa de las raíces, con respecto al contenido de potasio y nitrógeno de tallos y hojas.



2 Ma St C/Lm: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*.

FIGURA 15. Efecto de los tratamientos sobre las variables que explican diferencias en producción de *M. alba*.

La Figura 15 muestra la distribución de los tratamientos de acuerdo a la estructura canónica (Figura 14). Hubo una relación inversa entre las densidades baja y alta de *M. alba*. Además el análisis diferenció de acuerdo a la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia. Cuando las raíces de *M. alba* compitieron con las de *L. multiflorum*, a un mismo nivel de densidad de plantas de *M. alba*, la producción de hojas, la concentración de nutrientes (% N, P, K de hojas y tallos) y el IAF de *M. alba* disminuyeron respecto a *M. alba* crecida en monocultivo. Sin embargo, cuando *L.*

multiflorum estuvo presente y no hubo competencia radical (raíces de *M. alba* aisladas), la producción de hojas, la concentración de nutrientes y el IAF de *M. alba*, fueron similares a *M. alba* en monocultivo.

4.3 Efecto de los tratamientos aplicados sobre el crecimiento de *M. alba* y *L. multiflorum*.

Se presentan los rendimientos y aporte nutricional obtenidos por los tratamientos, como parte de la evaluación de la asociación arbusto-pradera.

4.3.1 Efectos de los tratamientos en la producción de biomasa. Los rendimientos parciales y totales (g MS/ maceta) alcanzados en cada tratamiento corresponden a la suma de la contribución de cada especie presente en el tratamiento.

4.3.1.1 Efecto de la competencia aérea y radical de los tratamientos sobre la producción de biomasa. La materia seca disponible por maceta presentó diferencias significativas para la producción de hojas en cada corte y total acumulada (aérea y radical); estos resultados se detallan en el Cuadro 19.

Para la densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* hubo diferencias significativas para la MS de hojas al Corte 2 ($P \leq 0.01$) y para la MS total ($P \leq 0.001$). En ambos casos la interacción no fue significativa. La MS foliar producida en el segundo corte, en los tratamientos sin *M. alba* (0 Ma), es decir, sólo en base a *L. multiflorum*, fue equivalente a la producida con los tratamientos con alta densidad de *M. alba* (5 Ma), y mayores a los tratamientos con 2 *M. alba* (2 Ma). En cambio, para la variable MS total, los menores rendimientos se obtuvieron tanto en los tratamientos sin *M. alba* como en los tratamientos con baja densidad de *M. alba* (2 Ma), siendo éstos estadísticamente iguales, pero inferiores a los con alta densidad de *M. alba*.

Respecto al efecto de la presencia de *L. multiflorum* en las diferencias estadísticas advertidas, en la producción de MS del segundo corte ($P \leq 0,01$) y la MS total ($P \leq 0,001$), en ambos casos los rendimientos con *L. multiflorum* fueron mayores que los tratamientos sin *L. multiflorum*.

Las diferencias en producción de MS foliar en el primer corte y acumulada (cortes 1 y 2) se expresaron con la interacción altamente significativa entre densidad de *M. alba* y presencia de *L. multiflorum*. La mayor productividad de hojas en el primer corte se obtuvo en el tratamiento de alta densidad *M. alba* con *L. multiflorum* ($P \leq 0.001$). Los menores rendimientos se obtuvieron con los tratamientos de baja densidad de *M. alba* con *L. multiflorum* y de *M. alba* en alta densidad establecida como monocultivo, las que fueron estadísticamente similares entre sí. El tratamiento que incluyó sólo *L. multiflorum* presentó un rendimiento menor a los anteriores, pero estadísticamente mayor a la producción de dos *M. alba* sin *L. multiflorum* (Cuadro 19).

CUADRO 19. Efecto de la densidad de *M. alba* y de la presencia de *L. multiflorum* sobre la producción de biomasa (g MS/macetero) parcial y total del tratamiento.

MS (g)	Densidad de Ma				Presencia de Lm		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
Hoja 2	28,7 a	22,9 b	29,5 a	**	35,6 a	13,4 b	**
MS total	70,3 b	90,2 b	163,9 a	***	130,2 a	93,9 b	***
MS (g)	Densidad * Presencia						S
	0 Ma C/Lm	2 Ma C/Lm	5 Ma C/Lm	2 Ma S/Lm	5 Ma S/Lm	S	
Hoja 1	28,8 c	36,8 b	44,6 a	9,7 d	35,0 b	***	
Total hojas	57,4 b	75,2 a	84,2 a	17,0 c	54,4 b	***	

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **0 Ma:** Sin *M. alba* (0 plantas por maceta); **2 Ma:** Densidad baja del arbusto (dos plantas de *M. alba* por macetero); **5 Ma:** Densidad alta del arbusto (cinco plantas de *M. alba* por macetero); **C/Lm:** Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm:** Sin la presencia de *L. multiflorum*; **2 Ma C/Lm:** Densidad baja del arbusto con *L. multiflorum*; **5 Ma C/Lm:** Densidad alta del arbusto con *L. multiflorum*; **2 Ma S/Lm:** Densidad baja del arbusto sin *L. multiflorum*; **5 Ma S/Lm:** Densidad alta del arbusto sin *L. multiflorum*; **S:** Significancia.

En la producción de MS foliar acumulada de los dos cortes, la interacción entre densidad de *M. alba* y presencia de *L. multiflorum* fue explicado por el mayor rendimiento de los tratamientos en que *M. alba*, tanto en alta como baja densidad, se encontraba asociada a *L. multiflorum* ($P \leq 0,001$). El monocultivo de *M. alba* en baja

densidad obtuvo el menor rendimiento foliar. Los rendimientos foliares de los monocultivos de *L. multiflorum* y *M. alba* en alta densidad fueron estadísticamente similares entre si, e intermedios a los anteriores.

4.3.1.2 Efecto de la competencia radical de los tratamientos sobre la producción de biomasa. Al evaluar el efecto de la competencia radical sobre la producción de materia seca se obtuvieron los resultados que se muestran en el Cuadro 20.

CUADRO 20. Efecto de la densidad de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia radical sobre la producción de biomasa (g MS/macetero) parcial y total del tratamiento.

MS (g)	Densidad				Presencia			Tipo de Competencia		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S
Hoja 2	28,7 a	21,9 b	28,0 a	***	35,8 a	12,3 b	***	26,7	23,7	ns
MS total	70,3 b	88,7 b	161,8 a	***	142,2 a	90,4 b	***	115,7	123,2	ns
MS (g)	Densidad * Presencia * Tipo de competencia									
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	2 Ma	5 Ma	2 Ma	5 Ma	2 Ma	5 Ma	
	St	St	St	St	St	Ct	Ct	Ct	Ct	S
	C/Lm	C/Lm	C/Lm	S/Lm	S/Lm	C/Lm	C/Lm	S/Lm	S/Lm	
Hoja 1	28,8 d	36,8bc	44,6 a	9,7 e	35,0 c	28,5 d	41,2 ab	12,7 e	25,0 d	***
Hoja1y2	57,4 c	75,2ab	84,2 a	17,1 e	54,4 c	62,2 bc	80,1 a	21,0 e	39,1 d	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **0 Ma**: Sin *M. alba* (0 plantas por maceta); **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **0 Ma St C/Lm**: Sólo *L. multiflorum*, **2 Ma St C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

Para la MS foliar del segundo corte y para el total de MS por maceta no hubo diferencias significativas según el tipo de competencia (Cuadro 19); y si las hubo para la densidad de *M. alba* ($P \leq 0,001$) y la presencia de *L. multiflorum* ($P \leq 0,001$).

La densidad de *M. alba*, la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia presentaron interacción significativa tanto para la producción de hojas del primer corte ($P \leq 0.001$) como para la producción total de hojas ($P \leq 0.001$). Los tratamientos donde *M. alba* creció en alta densidad acompañada de *L. multiflorum*, ya sea en condiciones de competencia radical o en ausencia de ella, presentaron los rendimientos foliares más altos al primer corte. Estos resultados son similares para la MS foliar acumulada, a excepción que, *M. alba* en baja densidad y acompañada de *L. multiflorum* sin aislar las raíces, también estuvo entre los mayores rendimientos ($P \leq 0.001$). En contraposición, los menores rendimientos de MS foliar se registraron en los monocultivos de *M. alba* en baja densidad (independientemente del tipo de competencia). Los otros tratamientos fueron intermedios a los anteriores.

4.3.2 Efecto de los tratamientos en el aporte total de nutrientes. Se presentan los resultados de los contenidos nutricionales (en gramos/maceta) aportados por las especies presentes en cada tratamiento.

4.3.2.1 Efecto de la competencia aérea y radical en los tratamientos sobre los contenidos de nutrientes. Al comparar los aportes nutritivos entre los tratamientos se observó un efecto significativo de la presencia de *L. multiflorum*, siendo mayor la cantidad de nitrógeno de las hojas ($P \leq 0.001$), fósforo de las hojas ($P \leq 0.001$) y del total ($P \leq 0.001$), y potasio de las hojas ($P \leq 0.01$) y total ($P \leq 0.01$), en todos los casos en que *L. multiflorum* estuvo presente. Se entiende por “total” a la absorción que hizo un tratamiento, tomado como un todo, es decir *M. alba* más *L. multiflorum*, según correspondiera, de un elemento determinado.

Con el cambio en densidad de plantación de *M. alba*, hubo diferencias nutricionales para los contenidos de N de las hojas ($P \leq 0.001$), P de las hojas ($P \leq 0.001$) y P total ($P \leq 0.001$), entre los tratamientos (Cuadro 21). Así, *M. alba* crecida en alta densidad presentó aportes de N y P (g/maceta) estadísticamente iguales a los

tratamientos en que *M. alba* no estuvo presente (sólo *L. multiflorum* en monocultivo), y ambos fueron significativamente mayores a *M. alba* en baja densidad. En cuanto a los contenidos de K, no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) en relación a la densidad de *M. alba*.

La densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* generaron una interacción significativa para el contenido total de N ($P \leq 0.001$). La asociación *M. alba* en alta densidad con *L. multiflorum* (5 *M. alba* C/Lm) alcanzó la mayor cantidad de N (5,7 g/maceta). Le siguió la asociación de *M. alba* en baja densidad con *L. multiflorum* (2 *M. alba* C/Lm), la que alcanzó un aporte de 4,45 g N /maceta. El aporte de N decreció luego al monocultivo de *M. alba* en alta densidad y el monocultivo de *L. multiflorum*. El tratamiento de *M. alba* en baja densidad en monocultivo (2 *M. alba* S/Lm) presentó la menor contribución de N (1,23 g/maceta).

CUADRO 21. Efecto de la densidad de *M. alba* y de la presencia de *L. multiflorum* sobre la contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (g/macetero) del tratamiento.

variables	Densidad de Ma				Presencia de Lm		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
N hojas	2,96 a	2,15 b	3,11 a	***	3,52 a	1,46 b	***
P hojas	0,17 a	0,13 b	0,18 a	***	0,22 a	0,07 b	***
P total	0,22 a	0,17 b	0,25 a	***	0,27 a	0,12 b	***
K hojas	2,88	1,78	1,89	ns	2,92 a	0,73 b	**
K total	2,97	1,91	2,24	ns	3,09 a	1,00 b	**
variables	Densidad * Presencia						
	0 Ma C/Lm	2 Ma C/Lm	5 Ma C/Lm	2 Ma S/Lm	5 Ma S/Lm	S	
N total	3,14 c	4,45 b	5,70 a	1,23 d	3,64 c	***	

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **0 Ma:** Sin *M. alba* (0 plantas por maceta); **2 Ma:** Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma:** Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm:** Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm:** Sin la presencia de *L. multiflorum*; **S:** Significancia.

4.3.2.2 Efecto de la competencia radical en los tratamientos sobre el aporte de nutrientes. Los resultados de la restricción de la competencia interespecífica a nivel radical mediante el entubado de las raíces de *M. alba*, evaluados sobre el contenido de nutrientes, se encuentran detallados en el Cuadro 22.

CUADRO 22. Efecto de la densidad de *M. alba*, de la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia radical sobre la contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio (g/macetero) del tratamiento.

MS (g)	Densidad				Presencia			Tipo de Competencia		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S
N total	3,14 b	2,72 b	4,47 a	***	4,48 a	2,37 b	***	3,63	3,43	ns
P hojas	0,17 a	0,12 b	0,16 a	**	0,21 a	0,07 b	***	0,16 a	0,13 b	*
P total	0,22 a	0,16 b	0,23 a	***	0,26 a	0,11 b	***	0,21 a	0,18 b	*
K hojas	2,88	1,60	1,82	ns	2,75 a	0,70 b	***	2,04	1,58	ns
K total	2,97	1,75	2,16	ns	2,96 a	0,96 b	**	2,25	1,84	ns
	Densidad * Presencia * Tipo de competencia									
MS (g)	0 Ma St C/Lm	2 Ma St C/Lm	5 Ma St C/Lm	2 Ma St S/Lm	5 Ma St S/Lm	2 Ma Ct C/Lm	5 Ma Ct C/Lm	2 Ma Ct S/Lm	5 Ma Ct S/Lm	S
N hojas	3,14 b	3,59a	4,02 a	0,71 d	2,21 c	2,83 b	3,77 a	0,92 d	1,69 c	***

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **0 Ma**: Sin *M. alba* (0 plantas por maceta); **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **0 Ma St C/Lm**: Sólo *L. multiflorum*, **2 Ma St C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

El comportamiento de *M. alba* al variar la densidad y la presencia de *L. multiflorum*, entregó resultados similares al de los contenidos de K y P en las hojas y en el total (g/maceta) a los entregados en el Cuadro 21.

El tipo de competencia radical utilizado, sólo explica diferencias significativas entre los tratamientos para el aporte de P, donde el uso de tubos para impedir la competencia radical entre especies, separando el volumen de suelo (50% para cada especie), generó una disminución significativa en el P en hojas y total (g/maceta), respecto a los tratamientos en que no se restringió el espacio.

Los valores obtenidos para el contenido de nitrógeno total muestran diferencias significativas entre las densidades de *M. alba* ($P \leq 0.001$) y la presencia de *L. multiflorum* ($P \leq 0.001$). Entre las densidades de *M. alba*, los tratamientos con *M. alba* en alta densidad tuvieron un mayor contenido de N total, difiriendo de manera significativa con *M. alba* en baja densidad y con sólo *L. multiflorum* (0 *M. alba*), que a la vez, presentaron valores estadísticamente iguales entre ellos. La presencia de *L. multiflorum* aportó significativamente más N (g/maceta) que cuando no se estableció *L. multiflorum* en los tratamientos.

Para la densidad de *M. alba*, la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia, hubo interacción para el contenido de N en las hojas. Los tratamientos 2 *M. alba* St C/Lm, 5 *M. alba* St C/Lm y 5 *M. alba* Ct C/Lm obtuvieron el mayor aporte de N en las hojas (g/maceta). Con una cantidad de N menor a los tratamientos anteriores, 2 *M. alba* Ct C/Lm presentó un aporte de N estadísticamente superior a los tratamientos restantes, en que *L. multiflorum* no estuvo presente. Entre estos últimos, 5 *M. alba* St S/Lm y 5 *M. alba* Ct S/Lm, fueron estadísticamente iguales entre sí y presentaron valores superiores a los tratamientos 2 *M. alba* St S/Lm y 2 *M. alba* Ct S/Lm, también equivalente entre sí, con los valores más bajo de N en hojas.

4.3.3 Efecto de los tratamientos sobre el Área foliar de la maceta. Se presentan los resultados del IAF obtenidos por maceta para cada tratamiento.

4.3.3.1 Efecto de la competencia aérea y radical en los tratamientos sobre el área foliar. En el primer corte, la interacción entre densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* fue significativa ($P \leq 0.01$) para el IAF, no así en el segundo corte, en el que las diferencias significativas estuvieron dadas por los efectos simples ($P \leq 0.01$) (Cuadro 23).

En el segundo corte, la densidad alta de *M. alba* fue la que presentó el mayor IAF, con un valor promedio de 4.8 suelo; mientras que los tratamientos con *M. alba* en baja densidad y sin arbustos (sólo *L. multiflorum*) alcanzaron valores de IAF de 3.1 y 2.8 suelo, respectivamente, siendo estadísticamente similares entre sí.

La presencia de *L. multiflorum* también tuvo un efecto significativo en el IAF de los tratamientos, registrándose en las macetas con *L. multiflorum* un IAF significativamente mayor ($P \leq 0.01$) que en los tratamientos sin *L. multiflorum* (Cuadro 23).

CUADRO 23. Efecto de la densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* sobre el índice de Área foliar total (m^2 de hojas/ m^2 de suelo) del tratamiento.

Variable	Densidad de Ma				Presencia de Lm		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S
IAF corte 2	2,8 b	3,1 b	4,8 a	**	4,3 a	2,8 b	**
Variable	Densidad * Presencia						S
	0 Ma C/Lm	2 Ma C/Lm	5 Ma C/Lm	2 Ma S/Lm	5 Ma S/Lm		
IAF corte 1	3,9 c	5,1 b	7,2 a	1,8 d	6,6 a	**	

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **0 Ma**: Sin *M. alba* (0 plantas por maceta); **2 Ma**: Densidad baja del arbusto (dos plantas de *M. alba* por macetero); **5 Ma**: Densidad alta del arbusto (cinco plantas de *M. alba* por macetero); **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **2 Ma C/Lm**: Densidad baja del arbusto con *L. multiflorum*; **5 Ma C/Lm**: Densidad alta del arbusto con *L. multiflorum*; **2 Ma S/Lm**: Densidad baja del arbusto sin *L. multiflorum*; **5 Ma S/Lm**: Densidad alta del arbusto sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

Para el caso del IAF en el primer corte, la interacción entre densidad de *M. alba* y la presencia de *L. multiflorum* ($P \leq 0.01$) estuvo dada por el mayor IAF de los tratamientos con alta densidad de *M. alba* asociada o no asociada a *L. multiflorum* (5 Ma C/Lm y 5 Ma S/Lm). Para el resto de los tratamientos el IAF difirió significativamente, en orden descendente, entre *M. alba* en baja densidad con *L. multiflorum*, sólo *L. multiflorum* y sólo *M. alba* en baja (2 Ma C/Lm > 0 Ma C/Lm > 2 Ma S/Lm).

4.3.3.2 Efecto de la competencia radical en los tratamiento sobre el área foliar. En el primer corte el IAF presentó una interacción significativa ($P \leq 0.01$) entre la densidad de *M. alba*, la presencia de *L. multiflorum* y el tipo de competencia (Cuadro 24).

CUADRO 24. Efecto de la densidad de *M. alba*, la presencia de *L. multiflorum* y del tipo de competencia radical sobre el índice de Área foliar total (m^2 de hojas/ m^2 de suelo) del tratamiento.

Variable	Densidad				Presencia			Tipo de Competencia		
	0 Ma	2 Ma	5 Ma	S	C/Lm	S/Lm	S	St	Ct	S
IAF 2	2,8 b	3,0 b	4,3 a	**	4,4 a	2,5 b	***	3,4 a	3,7 a	ns
	Densidad * Presencia * Tipo de competencia									
Variable	0 Ma St	2 Ma St	5 Ma St	2 Ma St	5 Ma St	2 Ma Ct	5 Ma Ct	2 Ma Ct	5 Ma Ct	S
	C/Lm	C/Lm	C/Lm	S/Lm	S/Lm	C/Lm	C/Lm	S/Lm	S/Lm	
IAF 1	3,9 c	5,1 b	7,2 a	1,8 d	6,6 a	4,7 bc	6,8 a	2,4 d	4,6 bc	**

Letras distintas en la fila indican diferencias estadísticamente significativas: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$; n.s. $P > 0,05$. **2 Ma**: Densidad baja de *M. alba*; **5 Ma**: Densidad alta de *M. alba*; **C/Lm**: Presencia de *L. multiflorum* **S/Lm**: Sin la presencia de *L. multiflorum*; **St**: Sin entubado de la raíz de *M. alba*; **Ct**: Con entubado de la raíz de *M. alba*; **0 Ma St C/Lm**: Sólo *L. multiflorum*, **2 Ma St C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm**: Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm**: Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **S**: Significancia.

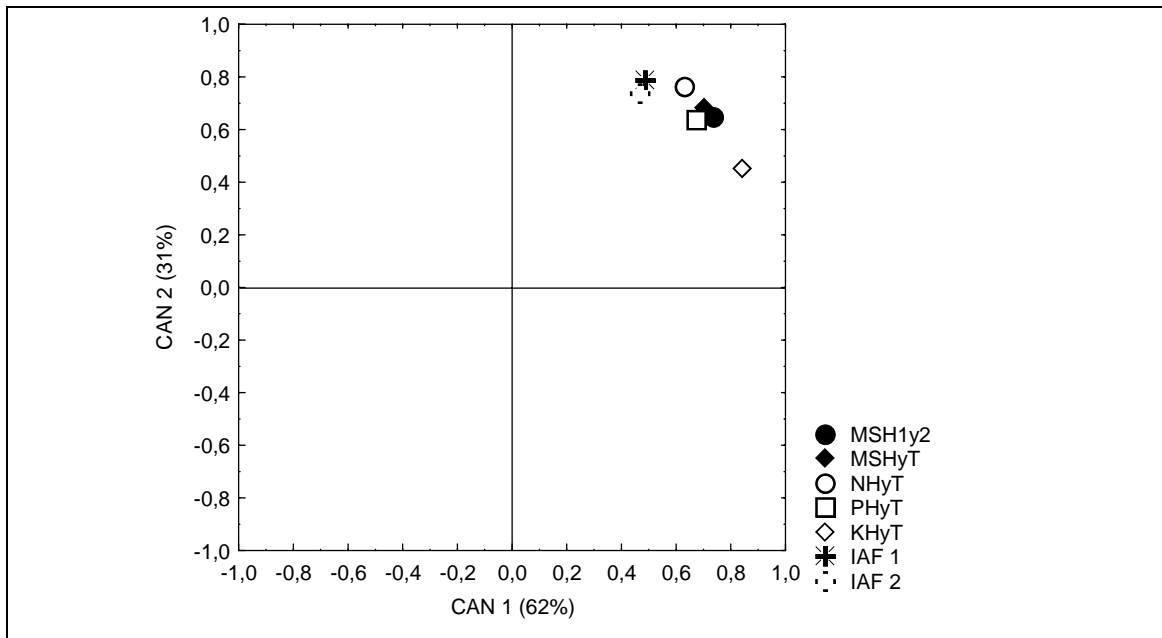
El mayor IAF fue dado por la alta densidad de *M. alba* asociada a *L. multiflorum*, tanto en macetas con las raíces aisladas o compitiendo, y con alta densidad de *M. alba* sin la presencia de *L. multiflorum* y sin uso de tubos (5 Ma St C/Lm, 5 Ma Ct C/Lm y 5 Ma St S/Lm, respectivamente).

Los monocultivos de *M. alba* en baja densidad con raíces aisladas y compitiendo exhibieron el menor IAF en el primer corte. Los otros tratamientos presentaron valores intermedios de IAF.

Los tratamientos en que se restringió la competencia radical, no presentaron diferencias significativas en el IAF al segundo corte ($P>0.05$), al contrastarlos con aquellos en los que hubo competencia radical (Cuadro 24).

4.3.4 Análisis canónico del efecto complementario de la asociación arbusto-pradera de *M. alba* y *L. multiflorum*, en la producción de MS y aporte nutricional.

El análisis de AVC realizado sobre el total de los datos evidenció que los tratamientos fueron estadísticamente diferentes (Wilk's Lambda $P\leq 0.001$). Las dos primeras variables canónicas explicaron el 93% de las diferencias medidas entre los tratamientos, donde 62% correspondió a CAN1 y 31% a CAN2 (Figura 16). Las variables que explicaron el mayor porcentaje de las diferencias entre los tratamientos en CAN1 fueron MS total de las hojas (g), MS de hojas y tallos (g), contenido de nitrógeno en hojas y tallos (g), contenido de fósforo en hojas y tallos (g), y contenido de potasio en hojas y tallos (g). Todas estas variables se asociaron en forma positiva. Para CAN2, las variables que explicaron el mayor porcentaje de las diferencias entre los tratamientos se asociaron en forma positiva; estas fueron el índice de área foliar, la MS total de las hojas (g), y el contenido de nitrógeno de las hojas y tallos (g).

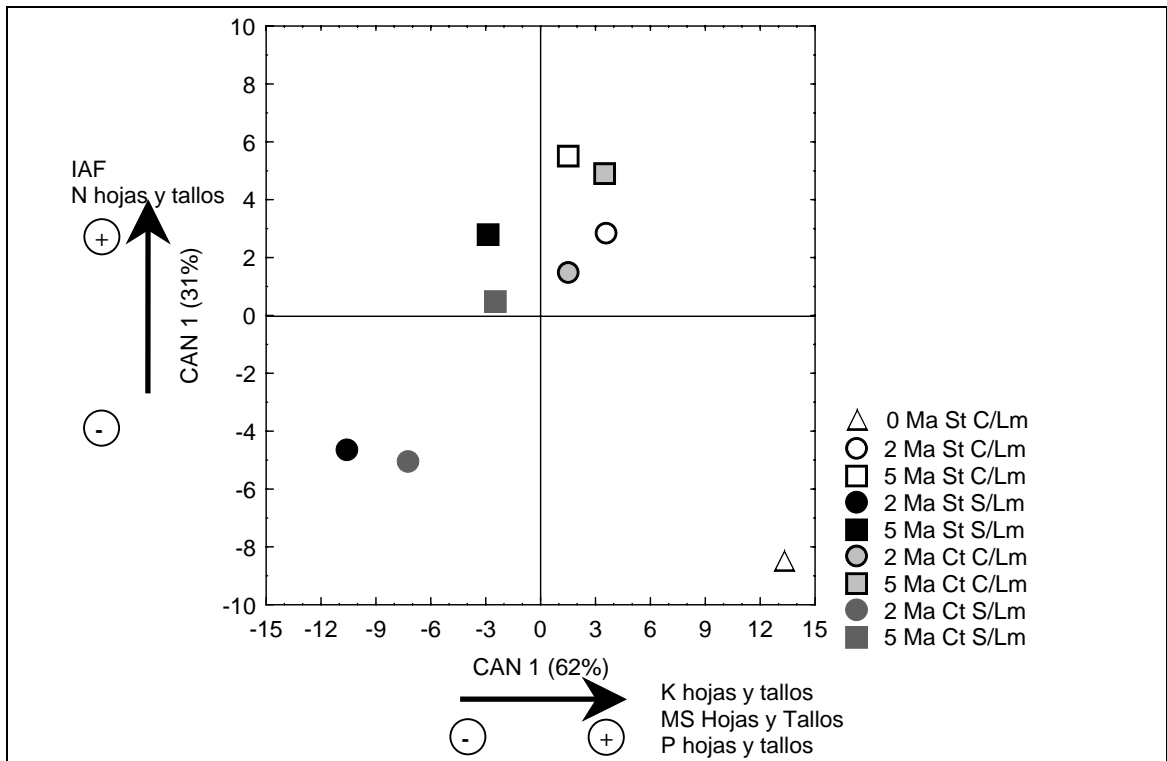


MSH1y2: MS totales hojas (g); **MSHyT:** MS en hojas y tallos (g); **NHyT:** Nitrógeno en hojas y tallos (g); **PHyT:** Fósforo en hojas y tallos (g); **KHyT:** Potasio en hojas y tallos (g); **IAF1:** Índice de Área foliar corte 1; **IAFM2:** Índice de Área foliar corte 2.

FIGURA 16. Variables que explican diferencias en la producción de los tratamientos.

La Figura 17 muestra la distribución de los tratamientos de acuerdo a las variables originales evaluadas (Figura 16). El AVC discriminó los tratamientos, primero, de acuerdo a la presencia de *L. multiflorum*. La mayor área foliar producida, asociada positivamente a un alto contenido de nitrógeno en hojas y tallos, y al incremento de la materia seca generada por hojas y tallos, estuvo estrechamente asociada a la presencia de *L. multiflorum* y la alta densidad de *M. alba*. Así, el aumento en el rendimiento de la materia seca se produjo en forma independiente de la competencia a nivel de raíces (interacción: CAN1(+)*CAN2(+); Figura 17).

En un segundo término el AVC separó los tratamientos según la densidad de plantación de *M. alba*, estando la alta densidad positivamente asociada al incremento del IAF y al contenido de N en las hojas y tallos, no así la baja densidad. Esto se observa al analizar CAN 2 en la Figura 17.



0 Ma St C/Lm: Sólo *L. multiflorum*, **2 Ma St C/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma St C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma St S/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma St S/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, sin tubos y sin *L. multiflorum*; **2 Ma Ct C/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **5 Ma Ct C/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, con tubos y con *L. multiflorum*; **2 Ma Ct S/Lm:** Densidad baja de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*; **5 Ma Ct S/Lm:** Densidad alta de *M. alba*, con tubos y sin *L. multiflorum*.

FIGURA 17. Diferencias entre los tratamientos.

La discriminación que el AVC hace entre los tratamientos debido a la competencia a nivel de las raíces, fue menor que las diferencias generadas debido a la densidad de plantación del arbusto y la presencia de *L. multiflorum* (Figura 17).

4.4 Intercepción de luz de *M. alba*

Se presentan los resultados del aumento diario de la intercepción de luz de *M. alba*, evaluado en tiempo térmico, para las densidades utilizadas (baja y alta densidad).

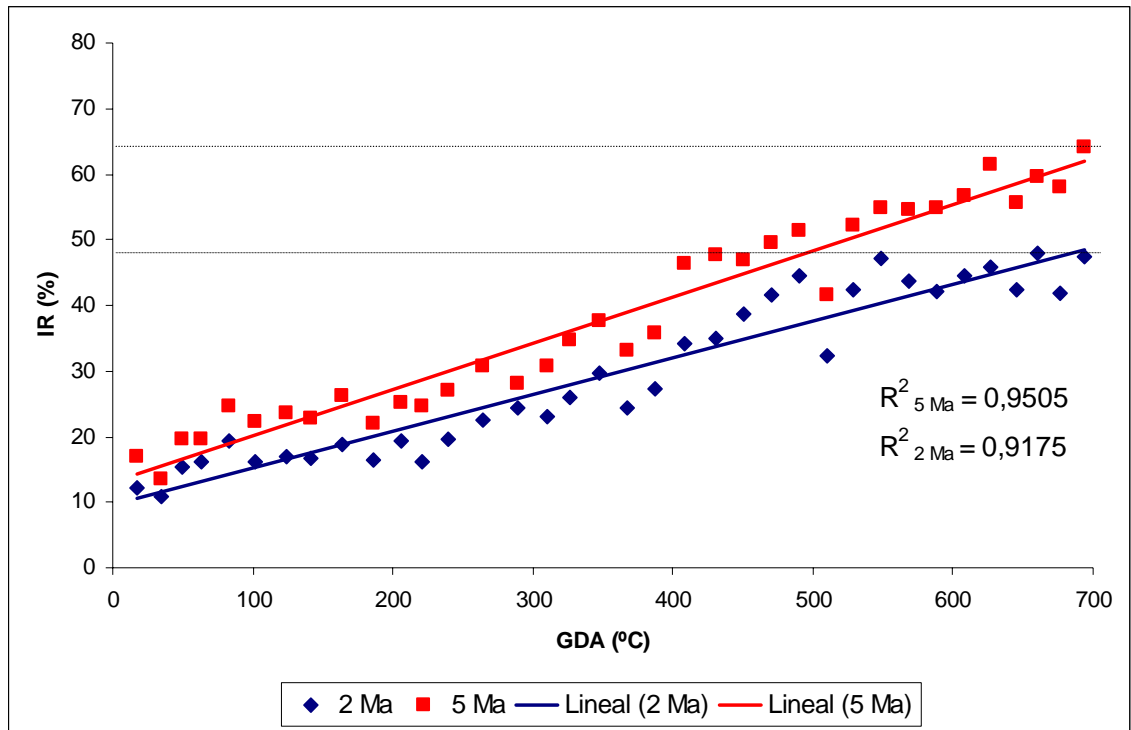


Figura 18. Evolución del promedio de Luz interceptada por *M. alba*, establecida en baja y alta densidad.

La Figura 18 muestra las curvas de evolución de la luz interceptada (IR) por ambas densidades de *M. alba*. En ambas curvas se observa que, al aumentar los grados días acumulados (GDA) en el periodo de crecimiento, se produce un aumento lineal de la interceptación de luz, el que está estrechamente asociado a los GDA ($R^2_{5\text{ Ma}}=0.95$; $R^2_{2\text{ Ma}}=0.91$).

Morus alba en baja densidad llegó a interceptar un 50 % de la luz incidente a nivel de canopia, mientras que, cuando fue establecida en alta densidad, interceptó hasta 65 % de la luz incidente. Estos resultados se traducen en 50 y 65% de sombra para *L. multiflorum* cuando éste creció asociado a las distintas densidades arbusto.

5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La habilidad competitiva de una planta individual se puede comparar de acuerdo a sus “efectos competitivos”, que se define como la habilidad de la planta para suprimir el crecimiento y desarrollo de otros individuos, y a su “respuesta competitiva”, la que se refiere a la habilidad para evadir la supresión de otras plantas (GOLDBERG, 1990). De esta manera, un competidor efectivo, está capacitado para suprimir el desarrollo de otras especies que compiten por los mismos recursos (PELTZER Y WILSON, 2001).

Así, en el presente estudio, tanto el análisis univariado como el análisis de variables canónicas, se usaron para comparar e interpretar el comportamiento de una especie en particular “A”, al crecer en monocultivo (AA) y cuando se desarrolla asociada a otra especie “B”, generando “AB”. Los resultados son interpretados como el efecto competitivo individual de la especie “B” para suprimir el crecimiento de la especie “A”, y determina la habilidad competitiva de “B”.

5.1 Efecto competitivo de *M. alba* sobre *L. multiflorum*.

A continuación se discute la interpretación de los resultados obtenidos en los análisis de las variables de *L. multiflorum* evaluadas en cada tratamiento.

5.1.1 Producción de biomasa. De acuerdo a la producción de biomasa (g MS) en hojas y en raíces de *L. multiflorum*, así como en la materia seca total acumulada (Cuadros 7), no se detectó que *M. alba* tuviera un efecto supresor del crecimiento de *L. multiflorum*.

Estudios similares de competencia entre especies de crecimiento arbustivo y especies herbáceas, realizados por VAN AUKEN y BUSH (1988) y ELIASON y ALLEN, (1997), tampoco encontraron una disminución significativa en la biomasa (MS) producida por la especie herbácea. Por su parte, ASEAD y AL-DOSS (2001),

reportaron que *Lasiurus scindicus*, especie herbácea forrajera, cuando creció asociada a *Rhazya stricta*, arbusto, en las praderas áridas de Arabia Saudita, incrementó su sobrevivencia y altura, en relación al monocultivo. Estos trabajos sugieren que al establecer mezclas de especies de diferente hábito de crecimiento, no necesariamente las especies de menor altura (herbáceas) se verían afectadas negativamente por las más altas (arbustos), y que su sobrevivencia y desarrollo se asociaría a la habilidad competitiva de cada una.

La diferencia significativa ($P \leq 0.05$) registrada en la producción de MS de hojas de *L. multiflorum* al primer corte, al comparar los tipos de competencia radical, mostró que la mayor cantidad de MS se obtuvo cuando no se aisló la competencia radical (St) (Cuadro 7). Sin embargo, la densidad de *M. alba* (0 Ma, 2 Ma y 5 Ma) no ocasionó diferencias significativas para esta variable (Cuadro 7). Por lo tanto, la diferencia en la producción de MS de hojas de *L. multiflorum* entre los tratamientos al primer corte, no es atribuible a un efecto de competencia de *M. alba* sobre *L. multiflorum*.

La siembra de *L. multiflorum* se calculó en base a una dosis de semilla (g semilla/cm²), para mantener una densidad de plantas de *L. multiflorum* equivalente, en los puntos donde ésta crecía. Por lo tanto, en los tratamientos en que la superficie de suelo se redujo a la mitad (tratamientos con tubos), sólo se utilizó la mitad de semillas/maceta, respecto a los tratamientos sin tubos. Así, en primera instancia, pareciera ser que la diferencia en la MS foliar entre los tratamientos sin tubos y los con tubos, se debió al menor número de plantas de *L. multiflorum* crecidas a partir de la semilla aplicada en los tratamientos con tubo.

5.1.2 Contenido de nutrientes. La asociación de *L. multiflorum* con distintas densidades de *M. alba* tampoco deprimió la concentración de nutrientes en *L. multiflorum* (Cuadros 8). Esto respalda los resultados obtenidos en la producción de biomasa (MS total) de *L. multiflorum*.

Las concentraciones de N, P y K (g 100g⁻¹ MS) de *L. multiflorum* (Cuadros 8 y 9) presentaron valores similares a los registrados en la literatura para la MS foliar (MARSCHNER, 1995) pero valores más altos a los presentados por Enrique *et al.*

(1995), en la MS total (hojas y raíces), especialmente en las concentraciones de N y K ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS). Esta mayor concentración de nutrientes probablemente podría deberse a diferencias en las condiciones ambientales o en el estado fenológico en que se encontraba *L. multiflorum* al momento de la medición.

5.1.3 Densidad, área foliar y altura de *L. multiflorum*. La densidad de *L. multiflorum* (número de macollos) presentó valores estadísticamente iguales entre los tratamientos (Cuadro 10). Sin embargo, se esperaban diferencias significativas entre los tipos de competencia radical (Ct v/s St) para la densidad de *L. multiflorum* en el primer corte, que confirmaran el efecto del uso de tubos en la disminución de la MS en hojas de *L. multiflorum* al primer corte, como producto de un menor número de semillas por maceta (Cuadro 7).

Esta discrepancia entre los resultados del primer corte en la MS foliar y la densidad de *L. multiflorum*, indica que las diferencias en la MS foliar no se debió a un menor número de macollos/maceta (como se estimó en un principio), confirmado por una densidad de macollos estadísticamente igual entre todos los tratamientos.

Sabiendo que la superficie de suelo para *L. multiflorum* en los tratamientos con tubos era la mitad, entonces la densidad de plantas, en estos tratamientos, debió ser mayor para generar igual número de macollos/maceta que en los tratamientos sin tubos, por lo tanto, pudo haber ocurrido un efecto compensatorio entre la densidad y el tamaño de los macollos (MATTHEW *et al.* 1995), que sólo se estabilizó al segundo corte. Se sugiere un menor tamaño de macollos como resultado de una mayor densidad de *L. multiflorum*, en los tratamientos en que se usaron tubos, y macollos de mayor tamaño en los tratamientos sin tubos.

5.1.4 Análisis de variables canónicas. Contrariamente a lo anterior, el análisis multivariado identificó diferencias en *L. multiflorum*, para el número de macollos y el contenido de N en hojas, entre los tratamientos que contenían 5 plantas de *M. alba* y los que contenían 2 plantas, sin que estas diferencias fueran exhibidas por el análisis univariado (Figuras 12 y 13). Esto se podría haber debido a una sumatoria de pequeñas diferencias en cada una de las variables incluidas en el análisis multivariado,

que al conjugarse incrementaron su importancia en la diferenciación de los tratamientos.

Para los demás resultados, el análisis de variables canónicas fue congruente con los análisis univariados. No se manifestó un efecto de la densidad de *M. alba* sobre la producción de hojas de *L. multiflorum*, y sólo se apreciaron diferencias entre los tipos de competencia, donde la disminución del volumen de suelo para las raíces de *L. multiflorum*, debido al uso de tubos, se asoció a un descenso en su producción de follaje.

De acuerdo a la respuesta competitiva mostrada por *L. multiflorum* en las variables analizadas, *M. alba* no se comportó como un buen competidor efectivo, lo que se traduce en una baja habilidad competitiva de *M. alba*, en las condiciones de crecimiento del estudio.

5.2 Efecto competitivo de *L. multiflorum* sobre *M. alba*.

A continuación se discuten los resultados obtenidos para las variables de *M. Alba* evaluadas en cada tratamiento.

5.2.1 Producción de biomasa. La disminución en la producción de biomasa foliar (g MS) de *M. alba* en alta densidad cuando creció asociada a *L. multiflorum* sin aislar la competencia radical (5 Ma St C/Lm), respecto al tratamiento homólogo, sin la presencia de *L. multiflorum* (5 Ma St S/Lm), es atribuible a un efecto de competencia ejercido por la presencia de *L. multiflorum* sobre *M. alba* (Cuadros 11 y 12). Sin embargo, aún cuando se esperaba que los tratamientos en que se restringió la competencia radical (5 Ma Ct C/Lm y 5 Ma Ct S/Lm) presentaran valores estadísticamente similares al monocultivo de *M. alba* en alta densidad (5 Ma St S/Lm), éstos fueron menores y se comportaron de manera similar al tratamiento con presencia de *L. multiflorum* (5 Ma St C/Lm). Esto se puede atribuir a la restricción del volumen de suelo a explorar por las raíces de *M. alba*, dado el menor diámetro del tubo usado con *M. alba* en alta densidad (Cuadro 12).

La disminución en la producción de follaje en especies arbóreas por efecto de la asociación con especies herbáceas, también ha sido observada por numerosos autores (VAN AUKEN y BUSH, 1988; CALDWELL *et al.*, 1995; FLORENTINE y FOX, 2003) proponiendo que, en general, las plántulas de especies leñosas no compiten bien con especies herbáceas.

Por el contrario, cuando *L. multiflorum* estuvo asociado a *M. alba* en baja densidad no se observaron diferencias en la producción de biomasa de *M. alba*, lo que implicaría que, en estas condiciones, la gramínea no afectó el crecimiento de *M. alba*.

Asimismo, cuando *M. alba* se estableció en baja densidad y se entubaron sus raíces para aislar la competencia radical, tampoco se constató un efecto en el crecimiento de *M. alba* por el uso de los tubos. Esto respaldaría que el tamaño de los tubos para *M. alba* en alta densidad (5 plantas/maceta) fue muy pequeño en relación a sus requerimientos, restringiendo significativamente el crecimiento de *M. alba*, lo que no ocurrió con los tubos usados con baja densidad de *M. alba* (2 plantas/maceta).

Las diferencias significativas en la producción de tallos, raíces y biomasa total acumulada, explicadas por una mayor densidad de plantas de *M. alba*, independientemente de la presencia de *L. multiflorum*, concuerdan con lo expuesto por BOSCHINI (2000), quien planteó que a pesar de la ocurrencia de una disminución en el rendimiento por planta, el rendimiento total se incrementa con el aumento de la densidad en los cultivos de *M. alba*. Sin embargo, los resultados donde se consideraron tallos y raíces, podrían estar, además, influenciados por la biomasa pre-existente de los arbustos, antes de ser trasplantados al experimento.

Los resultados de la producción de biomasa foliar de *M. alba*, originados en este experimento, son comparables a los resultados obtenidos por KITAHARA *et al.* (2000), en un ensayo sobre el uso y rendimiento de *M. alba* establecida en una pastura de especies templadas. De los datos entregados por este autor (Anexo 10) se desprende que la MS foliar acumulada de *M. alba*, cuando creció asociada a las especies de la pradera, disminuyó entre un 20 y 35% (dependiendo del año de evaluación), en comparación con las parcelas en que creció en monocultivo. Estos

resultados se asemejan a los obtenidos en este ensayo, en relación a la disminución en la MS foliar de 14% para *M. alba* establecida en baja densidad y un 36% en alta densidad.

5.2.2 Contenido de nutrientes. Las variaciones en la composición bromatológica de *M. alba* expresadas en los contenidos de nitrógeno y potasio ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS) están, en ambos casos, estrechamente relacionadas al tipo de competencia radical aplicada a los tratamientos.

La disminución del contenido de N (%) en los tallos, MS foliar y MS total, que presentaron los tratamientos en que no se restringió la competencia radical (Ct), sugiere que hubo un efecto competitivo de *L. multiflorum* sobre *M. alba* (Cuadro 14). Estos resultados son congruentes con la disminución significativa en la concentración de N en la MS total de *M. alba* cuando creció con *L. multiflorum* (Cuadro 13).

Con respecto a la concentración de K en *M. alba*, las diferencias mostradas en el Cuadro 16, confirman el efecto competitivo de *L. multiflorum*, lo que es demostrado con la obtención del menor valor de K ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$ MS), en cada fracción de MS de *M. alba*, en los tratamientos con presencia de *L. multiflorum*, sin restringir la competencia radical (C/Lm St).

Además, el análisis multivariado sugiere que habría un efecto de dilución de los nutrientes (N, P, K), localizado en la parte aérea de las plantas de *M. alba*, con el aumento de la producción de MS.

Trabajos sobre la composición nutricional de *M. alba* (Oviedo, 1995 citado por BEVANIDES, 2000; ESPINOSA y BENAVIDES, 1996; KITAHARA *et al.*, 2000), han reportado valores de la concentración de N, P y K en las hojas y tallos nuevos. Aún cuando no presentan comparaciones estadísticas, los valores obtenidos en sus investigaciones están en los rangos de los presentados en este estudio. Así, Oviedo (1995) citado por BEVANIDES (2000), reportó una concentración promedio de N, P y K en las hojas de *M. alba* de 3.06, 0.22 y 1.49 % respectivamente (Anexo 12). ESPINOSA y BENAVIDES (1996), obtuvieron valores más altos, correspondientes a

3.26 % de N, 0.33 % de P y 2,04 % de K en la MS de las hojas de tres variedades de *M. alba* con distintos niveles de fertilización nitrogenada (Anexo 13). KITAHARA *et al* (2000), registra contenidos de P y K en la MS de hojas de 0.44 y 2.84 %, respectivamente (Anexo 11). En la presente investigación, los rangos de variación para los contenidos de N, P y K de la MS foliar, muestran valores más altos en la concentración de N (entre 3.73 y 4.93 %, dependiendo del tratamiento) que los reportados en la literatura. Los contenidos de P (entre 0.16 y 0.26 %) y K (entre 1.10 y 2.38 %) fueron similares a lo encontrados por OVIEDO (1995) citado por BEVANIDES (2000), y ESPINOSA y BENAVIDES (1996), pero inferiores a los reportados por KITAHARA *et al.* (2000).

El valor nutritivo de *M. alba* es uno de los más altos encontrados en arbustos con potencial forrajero; incluso es superior a forrajes tradicionales como *Medicago sativa* L. Por ejemplo, ANRIQUE *et al.* (1995) reportan 3.4% de nitrógeno, siendo este valor menor a los obtenidos en el presente estudio (Anexo 13).

5.2.3 Densidad, área foliar y altura de *M. alba*. En relación a los resultados obtenidos en las características del crecimiento mensuradas en *M. alba* (Cuadro 17 y 18), los tratamientos no presentaron ninguna diferenciación en la altura, disturbada y sin disturbar, y el número de hojas por tratamiento solo evidenció diferencias por efecto de la densidad *M. alba*. Esto implicaría que estas características en particular no son afectadas o no discriminan el efecto competitivo de la presencia de *L. multiflorum* revelado en otras variables evaluadas.

En ambos cortes el mayor IAF de *M. alba* fue congruente a los resultados obtenidos para la MS foliar. Es decir, a mayor densidad de *M. alba*, aumentó el IAF. Sin embargo, la presencia de *L. multiflorum* asociado a una alta densidad del arbusto hizo disminuir los valores de ambas variables, pero no las afectó cuando estuvo asociado a una baja densidad de *M. alba* (Cuadros 11 y 18). Esto confirma, que *L. multiflorum* produjo un efecto supresor del crecimiento de *M. alba* establecida en alta densidad.

5.2.4 Análisis de variables canónicas. La información entregada por el análisis de variables canónicas (AVC) revela que la principal disminución del rendimiento de *M.*

alba se relacionó con la densidad en que ella fue establecida (Figuras 14 y 15). Sugiriendo que este arbusto presenta mejores rendimientos en alta densidad, lo que es respaldado por numerosos autores. (DUKE, 1983; BOSCHINI, 2000; MACHII, 2000).

En relación a la competencia generada por el establecimiento de *M. alba* asociado a *L. multiflorum*, el AVC fue congruente con los resultados del análisis univariado. Al comparar el monocultivo del *M. alba* respecto a su crecimiento en mezcla con *L. multiflorum*, la calidad y rendimiento del arbusto se vieron significativamente afectados en esta última condición.

De acuerdo a la respuesta competitiva mostrada por *M. alba* en las variables analizadas, *L. multiflorum* mostró ser un buen competidor efectivo, lo que se traduce en una ventajosa habilidad competitiva de esta especie en comparación con la de *M. alba*.

5.3 Complementariedad de las especies en mezcla en relación a su crecimiento en monocultivo.

Se analizan los resultados del rendimiento y aporte nutricional de cada tratamiento, para explorar el efecto de la competencia sobre la complementariedad de la asociación arbusto-pradera en relación a cada especie creciendo en monocultivo.

5.3.1 Producción de biomasa. Cuando *M. alba* creció asociada con *L. multiflorum* se obtuvo un rendimiento mayor de MS en relación a los tratamientos constituidos por ambas especies como monocultivos (Cuadro 19). Esto permite plantear que aún cuando las dos especies compiten por recursos, y *L. multiflorum* deprime el crecimiento de *M. alba*, se produce una complementariedad entre ambas especies, de manera que la producción total de la asociación es mayor que la de los monocultivos. Por ejemplo, al comparar la producción de MS foliar aportada por el monocultivo de *L. multiflorum*, con los tratamientos en que ambas especies crecieron asociadas, en éstos se midió un aumento en la producción de MS total en hojas de 31% para *L. multiflorum* con *M. alba* en baja densidad y 48% para la asociación con el arbusto en alta densidad.

Este efecto de complementariedad entre dos especies que compiten por nutrientes también ha sido observado por FETENE (2003), al evaluar la influencia de una gramínea perenne (*Hiparrhenia hirta*) en el establecimiento de plántulas de *Acacia etbaica*, una especie arbórea, utilizando combinaciones de las dos especies en proporciones de 0:6 y 6:0, en condiciones de invernadero. Por su parte, KITAHARA *et al.* (2000), MARTIN *et al.* (2000) y TALAMUCCI *et al.* (2000), proponen que una mezcla de *M. alba* con otras especies pratenses permite aumentar el rendimiento anual de una pradera por sí solo, sugiriendo una complementación de ambos recursos

Otro aspecto interesante que se observa en estos resultados es que, al comparar los tratamientos en monocultivo, la MS foliar al primer corte producida por *M. alba* en alta densidad superó la producción de *L. multiflorum* al crecer como cultivo puro, que solo alcanzó una producción de hojas (MS) estadísticamente similar a *M. alba* en baja densidad. Mientras que, la producción foliar al segundo corte, la producción de hojas total (corte 1 y 2) y la producción total (MS aérea y radical) alcanzada por *L. multiflorum* en monocultivo fueron equivalentes a la alta densidad de *M. alba* en monocultivo; mientras que *M. alba* en baja densidad obtuvo un rendimiento menor. Estos resultados dan una indicación en el sentido que, aún cuando el mayor rendimiento se obtiene de la asociación de ambas especies, el rendimiento (en MS) del monocultivo de *M. alba* en alta densidad podría ser mejor o igual al monocultivo de *L. multiflorum*.

5.3.2 Contenido de nutrientes. Los mayores aportes de N (g/maceta) son entregados por la asociación de ambas especies, principalmente cuando *M. alba* está en alta densidad (Cuadro 21). Esto implica que existe un mayor aporte proteico de esta asociación arbusto-pradera, respecto al que entregan ambos cultivos puros.

Aún cuando los resultados del análisis univariado muestran los efectos de la presencia de *L. multiflorum*, del aumento de la densidad de *M. alba* y del tipo de competencia en el aporte de nutrientes (P y K), no entregan información precisa sobre un efecto complementario entre las dos especies (Cuadros 21 y 22), y sólo exhiben indicios de ello.

5.3.3 Área foliar. La tasa máxima de crecimiento y producción en un sistema pastoril se obtiene cuando se ha alcanzado el IAF óptimo, es decir, cuando la asociación de especies intercepta 95% de la luz incidente (MATTHEW y HODGSON 2005). Para la especie *L. perenne* se reporta como IAF óptimo 3.0 (AKMAL y JANSSENS, 2004). De acuerdo a los resultados obtenidos, cuando *L. multiflorum* creció en monocultivo, al momento de los cortes se encontraba cercano a dicho IAF óptimo (Cuadros 23 y 24).

En la literatura no se logró encontrar antecedentes sobre el IAF óptimo de *M. alba*.

5.3.4 Análisis de variables canónicas. Los resultados del AVC confirman el efecto complementario de la asociación arbusto-pradera entre *M. alba* y *L. multiflorum* para la producción de biomasa aérea (MS), el aporte de nutrientes (N, P, K) e IAF y confirman el análisis univariado (Figuras 16 y 17).

En el presente estudio, el rendimiento y el aporte nutritivo de *M. alba* no solo fue incrementado con el aumento de la densidad de plantación del arbusto, sino que también al cultivar la especie asociada a *L. multiflorum*. A pesar de que la competencia interespecífica disminuye el crecimiento de *M. alba*, esta disminución se compensa con el aporte generado por la presencia de la especie acompañante.

En general, el efecto del aislamiento de la competencia a nivel radical, tuvo menor importancia en explicar diferencias en rendimiento y calidad entre los tratamientos, en relación a la presencia de *L. multiflorum* y las densidades de *M. alba* usadas. Esto indicaría que la disminución generada por la competencia entre *M. alba* y *L. multiflorum* fue menos intensa, que el aumento producido por la contribución de ambas especies al tratamiento.

5.4 Luz interceptada por *M. alba*.

Cuando *L. multiflorum* creció asociada a *M. alba* en baja densidad, la luz incidente en la especie herbácea, a nivel de la canopia, fue disminuyendo desde 90 % hasta un 50% aproximadamente, por efecto de la presencia del arbusto (Figura 18).

Asimismo, la densidad alta de *M. alba* implicó una disminución desde 85 al 35% de la luz incidente sobre la canopia de *L. multiflorum*. A pesar de esto, no se detectó un efecto competitivo sobre *L. multiflorum* al crecer asociada en las distintas densidades de *M. alba*; ya que los resultados de las variables evaluadas (MS, concentración de N, P y K, número de macollos, IAF y alturas) fueron estadísticamente iguales a los obtenidos cuando creció en monocultivo, con 100% luz incidente.

Cuando sólo se permitió la competencia aérea entre ambas especies, al aislar las raíces de *M. alba*, no se detectaron efectos competitivos significativos de *M. alba* sobre *L. multiflorum*. Estos resultados indicarían que la competencia por luz no fue ni más, ni menos intensa que la competencia radical en *L. multiflorum*, y sería muy interesante poder determinar los mecanismos de adaptación utilizados por la gramínea para tolerar la disminución de luz sin afectar su crecimiento.

Monteith (1977), citado por DEWAR (1996), demostró que la relación entre la producción de MS (aérea y radical) y la radiación interceptada era prácticamente lineal en los cultivos agrícolas, cuando tenían además acceso a agua y nutrientes. Estas observaciones han sido la base de los modelos de eficiencia de utilización de luz (LUE) o eficiencia de utilización de radiación (RUE), correspondiendo a la pendiente de la ecuación lineal descrita por Monteith (ROSATI y DEJONG, 2003). Sin embargo, LUE no se puede asumir como una constante para diferentes cultivos o para condiciones ambientales en particular, ya que es dependiente de factores tanto, inherentes a la especie, como ambientales y de manejo (Curt *et al.*, 1998 citado por AKMAL y JANSSENS, 2004).

De acuerdo a lo anterior, la disminución de la radiación interceptada en *L. multiflorum* cuando creció asociada a las distintas densidades de *M. alba*, podría haber producido una disminución en la producción de MS total. En contraste, la producción de MS de esta especie no fue afectada por la disminución de luz, lo que implicaría una relación compensatoria entre la disminución en la luz incidente a nivel de la canopia de *L. multiflorum* y un aumento en la LUE.

AKMAL y JANSSENS (2004) reportaron que, para *Lolium perenne*, la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (PAR) aumenta con el desarrollo de la canopia hasta un IAF equivalente a 3.0. Los datos de IAF obtenidos en esta investigación fueron mayores a 3.0 en los tratamientos en que *L. multiflorum* creció junto a *M. alba* (resultados Cuadro 10), lo que implicaría que los requerimientos de PAR de *L. multiflorum* fueron satisfechos, independientemente de la densidad en que se encontraba *M. alba*. Esta hipótesis sugiere ser analizada y estudiada en próximas investigaciones.

6 CONCLUSIONES

Morus alba no deprimió el crecimiento de *L. multiflorum*, cuando crecieron compitiendo por recursos a nivel aéreo y radical, o cuando se restringió la competencia radical, independientemente de la densidad en que fue establecida en el ensayo. Por lo tanto, *M. alba* no se comportó como un buen competidor efectivo, lo que se traduce en una menor habilidad competitiva del arbusto.

En contraste, la competencia generada por el establecimiento de *M. alba* asociado a *L. multiflorum*, hizo disminuir la calidad y rendimiento del arbusto, principalmente cuando fue establecido en alta densidad. Así, *L. multiflorum* mostró ser un buen competidor efectivo, lo que describe una mayor habilidad competitiva de esta especie en comparación con la de *M. alba*.

No se determinó efectos en la producción de MS total de la *L. multiflorum* producto de la disminución de la radiación incidente en la canopia de gramínea, cuando creció asociada a las distintas densidades de *M. alba*.

Aún cuando *L. multiflorum* ejerció un efecto de competencia supresor del crecimiento sobre *M. alba*, la asociación arbusto–pradera produjo una sinergia del sistema, aumentando el aporte total de biomasa y nutrientes, en comparación a cada especie en monocultivo.

7 RESUMEN

La hipótesis del estudio es que la habilidad competitiva de *Morus alba* L. permitiría que, tanto su producción de fitomasa como su valor nutritivo, no sean disminuídos al crecer asociada a una gramínea herbácea de altas tasas de crecimiento.

Bajo condiciones de invernadero se establecieron macetas con *M. alba*, en densidades de 0, 2, 5 plantas/maceta, crecidas en monocultivo o asociadas a *Lolium multiflorum* Lam., con dos niveles de competencia radical: con y sin competencia. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de los tratamientos.

Se realizaron dos defoliaciones: cada vez que apareció la cuarta lámina de *L. multiflorum*. Las variables evaluadas fueron: altura sin disturbar y disturbada, índice de área foliar y el peso seco y el contenido de N, P y K en la parte aérea y radical de cada especie; además para *L. multiflorum* se midió la densidad de macollos, y para *M. alba* el número de hojas. Las variables fueron evaluadas estadísticamente a través de ANDEVA, test de LSD y Análisis de Variables Canónicas.

El aumento de densidad de *M. alba* evaluado, no produjo una disminución significativa en la producción de hojas y raíces de *L. multiflorum*. La biomasa de *M. alba* incrementó en los tratamientos en que fue establecida en en alta densidad. Sin embargo, la calidad y rendimiento de *M. alba* se vieron significativamente afectados al crecer asociada a *L. multiflorum*.

La disminución de la luz incidente sobre *L. multiflorum* por efecto de la intercepcion de luz de *M. alba*, no disminuyó el rendimiento en la gramínea, lo que implicaría una alta eficiencia de utilización de luz de *L. multiflorum*.

Morus alba no se comportó como un buen competidor efectivo. En contraste, *L. multiflorum* mostró ser un buen competidor efectivo, que posee una mayor habilidad competitiva en comparación con *M. alba*. Aún cuando *L. multiflorum* ejerció un efecto de competencia supresor del crecimiento sobre *M. alba*, la asociación arbusto–pradera tuvo un efecto sinérgico, aumentando el aporte de biomasa y nutrientes como sistema total, en comparación a cada especie en monocultivo.

SUMMARY

The aim of the study was to examine the competitive ability of *Morus alba* L. in terms of its growth and nutritive features when grown together with the fast growing plant species *Lolium multiflorum* L.

In a glasshouse, plants of *M. alba* were established in pots in densities of 0, 2 and 5 plants/pot, with or without *L. multiflorum*. The underground competition was assessed through root isolation of both plant species. A complete randomised block design with a factorial arrangement of the treatments was applied.

During the trial, the plants were defoliated twice when the fourth leaf of *L. multiflorum* appeared. Non-disturbed height, disturbed height and leaf area index were measured for both plant species; dry weight of roots and foliage, and N, P and K contents were either measured in both roots and aerial systems. The tiller density of *L. multiflorum* and number of *M. alba* leaves were also evaluated. ANOVA and canonical variate analysis were performed on the data.

M. alba density neither decreased total herbage mass production or root mass of *L. multiflorum*. *M. alba* herbage mass per pot increased with increasing density. However, foliage quality and mass of *M. alba* were negatively affected by *L. multiflorum*.

Light diminishment for *L. multiflorum*, due to increasing light interception by *M. alba*, did not have a negative effect on *L. multiflorum* growth. This showed that *L. multiflorum* has high light utilisation efficiency.

It was concluded that the competitive ability of *M. alba* was less than that shown by *L. multiflorum*. In spite of this, when both plant species grew together, the system performed better. This was shown through the herbage mass production and its quality, with there being a synergic effect within a plant competition growing system.

8 BIBLIOGRAFÍA

- AARSEEN, L. 1992. Causes and consequences of variation in competitive ability in plant-communities. *Journal of Vegetation Science* 3 (2): 165-174
- AARSEN, L. KEOGH, T. 2002. Conundrums of competitive ability in plants: what to measure? *Oikos* 96 (3): 531-542 .
- AKMAL, M. y JANSSENS, M. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
- ANRIQUE, R., VALDERRAMA, X. y FUCHSLOCHER, R. 1995. Composición de alimentos para el ganado en la zona sur. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. 58 p.
- ASEAD, A. y AL-DOSS, A. 2001. Seedling competition of *Lasiurus scindicus* and *Rhazya stricta* in response to water stress. *Journal of Arid Environments* 49 (2): 315-320.
- BALOCCHI, O. 2004. Bases fisiológicas del crecimiento de las praderas. *In: Manejo de praderas*. Publicación interna. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. pp: 2 – 15.
- BEGON, M; HARPER, J y TOWNSEND, C. 1996. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3^{ed} Oxford, Backwell Science. UK. 1068 p.

- BENAVIDES, J. 1994. Utilización de la morera en sistema de producción animal. (Online). Turrialba, Costa Rica. <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agriculture/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Bnvdes12.htm>. (10/03/2005).
- BENAVIDES, J. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. Agroforestería en las Américas 7: 27-30.
- BENAVIDES, J. 2000. Utilization of Mulberry in Animal Production Systems. In: Mulberry for Animal Production. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- Bi, H. y Turvey, N. 1996. Competition in mixed stands of *Pinus radiata* and *Eucalyptus obliqua*. Journal of Applied Ecology 33 (1): 87-99.
- BOSCHINI, C. 2000. Nutritional quality of mulberry cultivated for ruminant feeding. In: Mulberry for Animal Production. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- BROWN, J. y ARCHER, S. 1999. Shrub invasion of grassland: Recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density. Ecology 80 (7): 2385-2396.
- BUXTON, D. y MARTER G. 1989. Forage quality of plant parts of perennial grasses and relationship to phenology. Crop Science 29: 429-35.
- CALDWELL, J., SUCOFF, E. y DIXON, R. 1995. Grass interference limits resources availability and reduces growth of juvenile red pine in the field. New Forests 10: 1-15.

- CALLAWAY, M. y WALKER, L. 1997. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. *Ecology* 78 (7): 1958-1965.
- CIFUENTES, C. 1996. Comportamiento Agronómico de la morera (*Morus indica*) var. Kanva en la Granja "Rafael Escobar Pizano". Cenicafe, Supia. Universidad de Caldas. *Revista Sericultura Colombiana* N°10: 7-10.
- CONNOLLY, J. 1986. On difficulties with replacement-series methodology in mixture experiments. *Journal of Applied Ecology* 23: 125-137.
- COOMES, D. y GRUBB, P. 2000. Impacts of root competition in forests and woodlands: A theoretical framework and review of experiments. *Ecological Monographs* 70 (2): 171-207.
- COUSENS, R. 2000. Greenhouse studies of interactions between plants: the flaws are in interpretation rather than design. *Journal of Ecology* 88 (2): 352-353.
- CRAINE, J. 2005. ESSAY REVIEW: Reconciling plant strategy theories of Grime and Tilman. *Journal of Ecology* 93: 1041–1052.
- DEMANET, R. 1994. Producción de Forraje en base a ballicas. *In: Producción Animal*. L. Latrille (Ed). Universidad Austral de Chile. Serie B-18. pp 116-131.
- DEWAR, R. 1996. The correlation between plant growth and intercepted radiation: An interpretation in terms of optimal plant nitrogen content. *Annals of Botany* 78:125-136.
- DISTEL, R., PELAEZ, D., BOO, R., MAYOR, M. y ELIA, O. 1996. Growth of *Prosopis caldenia* seedlings in the field as related to grazing history of the site and in a greenhouse as related to different levels of competition from *Stipa tenuis*. *Journal of Arid Environments* 32 (3): 251-257.

- DUKE, J. 1983. *Morus alba* L. Handbook of Energy Crops. (On line).
<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Morus_alba.html>
(15/03/2005)
- ELIASON, S. y ALLEN E. 1997. Exotic grass competition in suppressing native shrubland re-establishment. *Restoration Ecology*. 5 (3): 245-255.
- ENRIQUE, R. VALDERRAMA, X. FUCHSLOCHER, R. 1995. Composición de los alimentos para ganado en la zona sur. Ed. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria (FIA), Ministerio de Agricultura. Valdivia, Chile. 56 pp.
- ESPIÑOZA, E. y BENAVIDES, J. 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad del forraje de tres variedades de Morera (*Morus alba* L.). *Agroforestería de las Américas (CATIE Costa Rica)* 3: 24-27.
- FETENE, M. 2003. Intra- and Inter.-especific competition between seedling of *Acacia etbaica* and a perennial grass (*Hyparrhenia hirta*). *Journal of Arid Environments* 55: 441- 451.
- FLORENTINE, S y FOX, J. 2003. Competition between *Eucalyptus vitrix* seedlings and grass species. *Ecological Research (Australia)* 18: 25-39.
- FRECKLETON, R. y WATKINSON, A. 2000. Designs for greenhouse studies interactions between plants: An analytical perspective. *Journal of Ecology* 88: 368-391
- FULKERSON, W. y SLACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne* 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science* 50 (1): 16-20.

- GIBSON, D. CONNOLLY, J. HARTNETT, C. y WEIDENHAMER, J. 1999. Designs for greenhouse studies of interaction between plant. *Journal of Ecology* 87: 1-16.
- GLEESON, S. y TILMAN, D. 1994. Plant allocation, growth-rate and successional status. *Functional Ecology* 8 (4): 543-550.
- GOLDBERG, D. 1987. Neighborhood competition in an old-field plant community. *Ecology* 68:1211-1223.
- GOLDBERG, D. 1996. Simplifying the study of competition at the individual plant level: The consequences of distinguishing between effect and response for forest vegetation management. *New Zeland Journal of Forestry Sciece* 26: 19-38.
- GOLDBERG, D. y LANDA, K. 1991. Competitive efect and response hierarchies and correlated traits in the early stages of competition. *Journal of Ecology* 79: 1013-1030.
- GOLDBERG, D. RAJANIEMI, T. GUREVITCH, J. y STEWART-OATEN, A. 1999. Empirical approaches to quantifying interaction intensity: Competition and facilitation along productivity gradients. *Ecology* 80 (4):1118–1131.
- GONZALEZ, J. BENAVIDES, J. KASS, M. OLIVO, R. y ESPERANCE, M. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus alba* L.) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. *Agroforestería de las Américas* 3: 20-23.
- GRACE, J. 1995. On the measurement of plant competition intensity. *Ecology* 76: 305-308.
- GRIME, J. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* 242: 344–347.
- GRIME, J. 1974. Vegetation classification by refence to strategies. *Nature* 250: 26-31.

- GRIME, J. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- GRIME, J. 1979. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. John Wiley y Sons Ltd. Chichester. 222 p.
- GRIME, J., HODGSON, J. y HUNT, R. 1989. *Comparative Plant Ecology: A functional approach to common British species*. London, England: Unwin Hyman. 742 pp.
- GRIME, J., MACKEY, J., HILLIER, S. y READ, D. 1988. Mycorrhizal infection and plant-species diversity – reply. *Nature* 334: 202-202.
- GRIME, J. 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. 2nd ed. John Wiley y Sons Ltd, Chichester. 236 p
- HAPTER, J. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. New York, USA. 892 pp.
- HERNANDEZ, N. 2003. Valoración nutritiva en la biomasa de *Morus alba* y *Morus multicaulis* en tres localidades de la zona central de Chile. Tesis Mag. Sc., Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 74 p.
- HODGSON, J., WILSON, R., GRIME, J. y THOMPSON, H. 1999. Allocating C-S-R plant functional types: A soft approach to a hard problem. *Oikos* 85: 282-294.
- HUGHES, H., HEAT. M., y MERCALFE, D. 1966. *Forrajes: La Ciencia de la Agricultura basado en la producción de pastos*. Continental. México. 576 p.
- JOBSON, J. 1996. *Applied multivariate data analysis. Volume II: Categorical and multivariate methods*. Springer-Verlag, New York. 731 p.

- ITO, M. y TAKAGISHI, H. 1997. Mulberry. The Fertilization Research Foundation, Tokyo, Japan, y Japan International Cooperation System, Tokyo, Japan. (On line). <<http://216.239.59.104/search?q=cache:N9r99CXi8moJ:www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/mulberry.pdf+morus+alba+density&hl=es>> (11/03/2005)
- KEMP, D y KING, W. 2001. Plant competition in pastures - Implications for management. *In: Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A.Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 85 –102.
- LAZENBY, A. y TOW, P. 2001. Some Concluding Comments. *In: Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A. Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 305-314.
- KITAHARA, N., SHIBATA, S. y NISHIDA, T. 2000. Management and Utilisation of Mulberry for Forage in Japan 1. Productivity of mulberry-pasture association system and nutritive value of mulberry. *In: Mulberry for Animal Production*. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- MACHII, H.; KOYAMA, A. y YAMANOUCHI, H. 2000 . Mulberry Breeding, Cultivation and Utilization in Japan. *In: Mulberry for Animal Production*. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Ed. Academic Press. UK. 889 pp.
- MARTIN, M. y FIELD, R. 1987. Competition between vegetative plant of wild oat (*Avena fatua* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Weed Research* 27: 119-124

- MATTHEW C. y HODGSON J. 2005. Las gramíneas: su forma y función, Massey University, Nueva Zelanda. Disco compacto traducido al castellano por I. López y S. Assuero, Universidad Austral de Chile, Chile y Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- MATTHEW, C. LEMAIRE, G. SACKVILLE, H. y HERNÁNDEZ-GARAY A. 1995. A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. *Annals of Botany* 76: 579-587.
- McLAREN y CAMERON, .1996. Soil Science: Sustainable production and environmental protection. 2nd Ed. Oxford University Press. 304 pp.
- NEWMAN, E. 1973. Competition and diversity in herbaceous vegetation. *Nature* 244: 310.
- OLIVARES, A. 1986. Competencia, un concepto fundamental en el manejo de praderas. Publicación Docente nº 12. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 107 pp.
- ONSTAD, D. y FICK, G. 1983. Predicting crude protein, in vitro true digestibility, and leaf proportion in alfalfa herbage. *Crop Science* 23: 961-64.
- ORTEGA-FARIAS, S. MARQUEZ, J. VALDES, H. y PAILLAN, J. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. FA-144) de invernadero producido en otoño. *Agricultura Técnica, Chile*. 61 (4): 479-487
- PARK, S., BENJAMIN, L. y WATKINSON, A. 2003. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. *Annals of Botany* 92: 741-748.
- PELTZER, D y KÔCHY, M. 2001. Competitive effect of grasses and woody plant in mixed-grass prairie. *Journal of Ecology (Canadá)* 89: 519 – 527.

- PELTZER, D y WILSON, S. 2001. Competition and environmental stress in temperate grassland. *In: Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A.Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 85 –102.
- RAMSEIER, D. y WEINER, J. 2006. Competitive effect is a linear function of neighbour biomass in experimental populations of *Kochia scoparia*. *Journal of Ecology* 94: 305–309.
- RAYNAUD, X. y LEADLEY, W. 2004. Soil characteristics play a key role in modelling nutrient competition in plant communities. *Ecology* 85 (8): 2200-2214.
- ROSATI, A y DEJONG, T. 2003. Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. *Annals of Botany* 91: 869-877.
- SACKVILLE, N. 1994. Review: Replacement and additive designs for plant competition studies. *Journal of Applied Ecology* 31: 599-603
- SACKVILLE, N. 2001. Measurement of Competition and Competition Effects in Pastures. *In: Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A.Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 15 – 42.
- SALAZAR, J. 2003. La Morera en la alimentación animal. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.<<http://www.vinv.ucr.ac.cr/girasol/archivo/girasol21/morera.htm>> (10/03/2005).
- SÁNCHEZ, M. 2000a. Mulberry: an exceptional forage available almost worldwide!. *In: Mulberry for Animal Production*. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.

- SÁNCHEZ, M. 2000b. World distribution and utilization of Mulberry, potential for Animal Feeding. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- SÁNCHEZ, M. 2000c. Mulberry for Animal Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Animal Production And Health, Paper 147.
- SCHENK, J. 2006. Essay Review: Root competition: beyond resource depletion. *Journal of Ecology* 94: 725–739.
- STIGTER, C. y MUSABIHLA, M. 1982. The conservative ratio of photosynthetically active to total radiation in the tropics. *Journal of Applied Ecology* 19: 853-858.
- SHIPLEY, B. y PETERS, R. 1990. A test of the Tilman model of plant strategies: Relative growth rate and biomass partitioning. *The American Naturalist* 136 (2): 139-153.
- SNAYDON, R. 1991. Replacement or additive designs for competition studies? *Journal of Applied Ecology* 28: 930-946.
- SNAYDON, R. y SATORRE, E. 1989. Bivariate Diagrams for plant competition data: Modification and interpretation. *Journal of Applied Ecology* 26: 1043-1057.
- TALAMUCCI, P., PARDINI, A. y ARGENTI, G. 2000. Effects of the grazing animals and the cutting on the production and the intake of a *Morus alba-Subterranean Clover* association. M. D. Sánchez. (Ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Animal Production And Health, Paper 147.
- TILMAN, D. 1977. Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. *Ecology* 58. 338–348.
- TILMAN, D. 1980. Resources: a graphical-mechanistic approach to competition and predation. *American Naturalist*, 116: 362–393.

- TILMAN, D. 1986a. Nitrogen-limited growth in plants from different successional stages. *Ecology* 67: 555–563.
- TILMAN, D. 1986b. Resources, competition, and the dynamics of plant communities. *In: Plant Ecology* M. Crawley (ed.). Oxford. 51–75 pp.
- TILMAN, D. 1987. On the meaning of competition and the mechanisms of competitive superiority. *Functional Ecology* 1: 304–315.
- TILMAN, D. 1990. Mechanisms of plant competition for nutrients the elements of a predictive theory of competition. *In: Perspectives on Plant Competition*. J.B. Grace y D. Tilman (eds). Academic Press. New York. 484 pp.
- TILMAN, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 75(1): 2–16.
- TING-ZING, Z. YUN-FANG, T. GUANG-XIAN, H. HUAIZ-HONG, F. y BEN, M. 1988. Mulberry cultivation. *FAO Agricultural Services Bulletin* 73 (1). FAO, Roma. 127 p.
- TOW, P. y LAZENBY, A. 2001. Some concepts and questions. *In: Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A. Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 1-13.
- VAN AUKEN, O y BUSH, J. 1988. Competition between *Schizachyrium scoparium* and *Prosopis glandulosa*. *American Journal of Botany* 75 (6): 782-789.
- VYHMEISTER, C. 2000. Evaluación del rendimiento y calidad nutritiva de cultivares de *Lolium perenne* L y *Lolium multiflorum* Lam, bajo las condiciones edafoclimáticas de Valdivia. Tesis licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 61 p.
- WEAVER, J. y CLEMENTS, F. 1938. *Plant ecology*, 2nd McGraw Hill. 601 pp.

- WELDEN, CH y SLAUSON, W. 1986. The intensity of competition versus its importance: An overlooked distinction and some implications. *The Quarterly Review of Biology* 61 (1): 23-44.
- WEDIN, D. Y TILMAN, D. 1993. Competition among grasses along a nitrogen gradient: initial conditions and mechanisms of competition. *Ecological Monographs* 63 (2): 199-229.
- WEIGELT, A. y JOLLIFFE, P. 2003. Essay Review: Indices of plant competition. *Journal of Ecology* 91: 707–720
- WEIHS, C. 1995. Canonical discriminant analysis: Comparison of resampling methods and convex-hull approximation. In: *Recent advances in descriptive multivariate analysis*. W Krzanowski (Ed). Oxford University Press, New York. pp: 34-50.
- WELDEN, C y SLAUSON, W. 1986. The intensity of competition versus its importance: An overlooked distinction and some implications. *The Quarterly Review of Biology* 61: 23-61.
- WILKEN, D. 1993. *Lolium*. In: *The Jepson manual: Vascular plants of California*. J. Hickman (ed.) University of California Press, Berkeley. 1400 pp.
- WILLIAMS, M., SCHUMAN, G., HILD, A. y VICKLUND, L. 2002. Wyoming big sagebrush density: Effects of seeding rates and grass competition. *Restoration Ecology* 10 (2): 385-391.
- WIBSON, B. 1988. Shoot competition and root competition. *Journal of Applied Ecology* 25: 279-296.
- WOLFE, E y DEAR, B. 2001. The population dynamics of pastures, with particular reference to southern Australia In: *Competition and Succession in Pastures*. P.G. Tow y A.Lazenby (Eds.). CABI Publishing. Australia. pp: 119 –148.

Anexos

ANEXO 1. Producción de biomasa (g/macetero) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	BIOMASA MS (g)									
				Hojas 1			Hojas 2			Tallo	Raiz		Total/ Maceta
				Ma	Lm	Total	Ma	Lm	Total	Ma	Ma	Lm	C1y2+T+R
1	2	1	1	.	28,7	28,7	.	28,7	28,7	.	.	12,9	70,3
2	2	2	1	9,4	27,3	36,7	5,3	33,1	38,4	43,9	5,9	8,5	133,5
3	2	3	1	22,8	21,8	44,6	12,0	27,6	39,6	80,5	14,2	8,1	187,0
4	1	2	1	9,7	.	9,7	7,3	.	7,3	25,7	4,3	.	47,0
5	1	3	1	35,0	.	35,0	19,4	.	19,4	70,7	15,8	.	140,8
6	2	2	2	12,0	16,5	28,5	7,8	25,8	33,7	48,8	6,1	6,2	123,3
7	2	3	2	24,4	16,9	41,2	11,3	27,6	38,9	61,7	14,4	9,1	196,8
8	1	2	2	12,7	.	12,7	8,3	.	8,3	24,7	5,6	.	51,2
9	1	3	2	25,0	.	25,0	14,1	.	14,1	71,2	12,2	.	122,5

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

Hojas 1: Biomasa en hojas del primer corte.

Hojas 2: Biomasa en hojas del segundo corte.

C1y2+T+R: Suma de las hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces en la maceta.

ANEXO 2. Contenido de Nitrógeno (g 100g⁻¹ MS) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	NITROGENO (g 100g ⁻¹ MS)										
				Hojas 1		Hojas 2		Tallos	Raices		H+T+R		H+R	
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm		
1	2	1	1	.	5,15	.	70,25	.	.	2,13	.	4,48		
2	2	2	1	4,41	5,26	3,99	68,98	1,21	2,84	1,96	2,11	4,55		
3	2	3	1	4,74	5,38	4,10	57,52	1,40	2,79	2,11	2,40	4,58		
4	1	2	1	4,34	.	3,99	.	1,55	2,90	.	2,64	.		
5	1	3	1	4,21	.	3,79	.	1,43	2,71	.	2,59	.		
6	2	2	2	4,34	5,30	3,64	48,52	1,31	2,86	1,80	2,21	4,40		
7	2	3	2	4,66	5,40	3,88	53,52	1,64	3,04	1,78	2,71	4,39		
8	1	2	2	4,70	.	3,94	.	1,63	2,82	.	2,88	.		
9	1	3	2	4,53	.	3,97	.	1,55	2,93	.	2,58	.		

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

Hojas 1: Concentración de N ponderado a la MS de las hojas en el corte 1.

Hojas 2: Concentración de N ponderado a la MS de las hojas en el corte 2.

C1y2+T+R: Concentración de N ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces) de *M. alba*.

C1y2+R: Concentración de N ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte y raíces) de *L. multiflorum*.

ANEXO 3. Contenido de Nitrógeno (g) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	NITROGENO (g N /maceta)									
				Hojas 1		Hojas 2		Tallos	Raices		H+T+R		
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm	total
1	2	1	1	.	1,48	.	1,37	.	.	0,29	.	3,14	3,14
2	2	2	1	0,42	1,44	0,21	1,53	0,52	0,17	0,17	1,31	3,14	4,45
3	2	3	1	1,08	1,17	0,49	1,28	1,12	0,39	0,17	3,08	2,62	5,70
4	1	2	1	0,42	.	0,29	.	0,39	0,12	.	1,23	.	1,23
5	1	3	1	1,47	.	0,73	.	1,01	0,43	.	3,64	.	3,64
6	2	2	2	0,52	0,87	0,28	1,16	0,62	0,18	0,11	1,60	2,14	3,74
7	2	3	2	1,14	0,91	0,44	1,28	1,01	0,44	0,16	3,03	2,35	5,38
8	1	2	2	0,59	.	0,32	.	0,40	0,16	.	1,47	.	1,47
9	1	3	2	1,14	.	0,56	.	1,09	0,36	.	3,14	.	3,14

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

H+T+R: Cantidad de N (g) por maceta (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces).

ANEXO 4. Contenido de Fósforo (g 100g⁻¹ MS) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	FOSFORO (g 100g ⁻¹ MS)									
				Hoja Corte 1		Hoja Corte 2		Tallo	Raíces		H+T+R	H+R	
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm	
1	2	1	1	.	0,30	.	0,34	.	.	0,22	.	0,31	
2	2	2	1	0,19	0,31	0,30	0,34	0,05	0,17	0,19	0,11	0,31	
3	2	3	1	0,21	0,32	0,28	0,34	0,06	0,14	0,20	0,11	0,31	
4	1	2	1	0,16	.	0,25	.	0,05	0,16	.	0,12	.	
5	1	3	1	0,19	.	0,25	.	0,05	0,15	.	0,12	.	
6	2	2	2	0,16	0,29	0,25	0,38	0,05	0,15	0,19	0,10	0,32	
7	2	3	2	0,16	0,30	0,21	0,30	0,05	0,15	0,19	0,11	0,28	
8	1	2	2	0,19	.	0,20	.	0,05	0,16	.	0,12	.	
9	1	3	2	0,20	.	0,23	.	0,05	0,18	.	0,12	.	

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

C1y2+T+R: Concentración de P ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces) de *M. alba*.

C1y2+R: Concentración de P ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte y raíces) de *L. multiflorum*.

ANEXO 5. Contenido de Fósforo (g) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	FOSFORO (g)									
				Hoja corte 1		Hoja corte 2		Tallo	Raíces		H+T+R		
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm	total
1	2	1	1	.	0,09	.	0,10	.	.	0,03	.	0,22	0,22
2	2	2	1	0,02	0,09	0,02	0,11	0,02	0,01	0,02	0,06	0,21	0,28
3	2	3	1	0,05	0,07	0,03	0,09	0,04	0,02	0,02	0,15	0,18	0,33
4	1	2	1	0,02	.	0,02	.	0,01	0,01	.	0,06	.	0,06
5	1	3	1	0,07	.	0,05	.	0,04	0,02	.	0,18	.	0,18
6	2	2	2	0,02	0,05	0,02	0,10	0,02	0,01	0,01	0,07	0,16	0,23
7	2	3	2	0,04	0,05	0,02	0,08	0,03	0,02	0,02	0,12	0,15	0,27
8	1	2	2	0,02	.	0,02	.	0,01	0,01	.	0,06	.	0,06
9	1	3	2	0,05	.	0,03	.	0,04	0,02	.	0,14	.	0,14

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

H+T+R: Cantidad de P (g) por maceta (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces).

ANEXO 6. Contenido de Potasio (g 100g⁻¹ MS) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	POTASIO (g 100g ⁻¹ MS)									
				Hoja corte 1		Hoja corte 2		Tallo	Raíces		H+T+R	H+R	
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm	
1	2	1	1	.	6,02	.	3,94	.	.	0,49	.	4,24	
2	2	2	1	1,40	5,83	1,19	4,12	0,24	0,34	0,13	0,51	4,32	
3	2	3	1	1,55	4,99	1,61	3,84	0,29	0,41	0,14	0,64	3,82	
4	1	2	1	1,95	.	2,41	.	0,45	0,61	.	1,08	.	
5	1	3	1	1,87	.	2,33	.	0,44	0,56	.	1,07	.	
6	2	2	2	2,07	5,75	2,32	3,81	0,37	0,49	0,13	0,87	3,99	
7	2	3	2	1,95	5,53	2,24	3,47	0,42	0,42	0,16	0,94	3,55	
8	1	2	2	1,99	.	2,51	.	0,49	0,49	.	1,18	.	
9	1	3	2	2,15	.	2,40	.	0,42	0,45	.	1,01	.	

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

C1y2+T+R: Concentración de K ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces) de *M. alba*.

C1y2+R: Concentración de K ponderado a la MS total (Hojas del primer y segundo corte y raíces) de *L. multiflorum*.

ANEXO 7. Contenido de Potasio (g) de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	POTASIO (g)									
				Hoja Corte 1		Hoja Corte 2		Tallo	Raices		H+T+R	H+R	H+T+R
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Ma	Lm	Ma	Lm	total
1	2	1	1	.	1,73	.	1,15	.	.	0,09	.	2,97	2,97
2	2	2	1	0,13	1,60	0,06	1,40	0,09	0,02	0,01	0,30	3,01	3,31
3	2	3	1	0,35	1,10	0,19	1,04	0,23	0,06	0,01	0,82	2,15	2,97
4	1	2	1	0,19	.	0,17	.	0,11	0,03	.	0,50	.	0,50
5	1	3	1	0,65	.	0,45	.	0,31	0,09	.	1,51	.	1,51
6	2	2	2	0,25	0,96	0,18	0,99	0,16	0,03	0,01	0,63	1,96	2,59
7	2	3	2	0,48	0,93	0,26	0,95	0,26	0,06	0,01	1,05	1,90	2,95
8	1	2	2	0,25	.	0,21	.	0,12	0,03	.	0,60	.	0,60
9	1	3	2	0,53	.	0,34	.	0,29	0,05	.	1,22	.	1,22

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

H+T+R: Cantidad de K (g) por maceta (Hojas del primer y segundo corte, tallos y raíces).

ANEXO 8. Número de hojas de *M. alba*, densidad de *L. multiflorum* (Número de macollos/maceta) e IAF (cm² de hojas/cm² de suelo), de los tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	Nº Hojas o Nº Macollos				IAF (cm ² hojas/cm ² suelo)					
				Corte 1		Corte 2		Corte 1			Corte 2		
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Lm	Total	Ma	Lm	Total
1	2	1	1	.	335	.	444	.	3,9	3,9	.	2,8	2,8
2	2	2	1	29	354	35	402	1,7	3,4	5,1	0,9	3,8	4,8
3	2	3	1	67	391	93	435	4,7	2,5	7,2	2,5	2,9	5,4
4	1	2	1	30	.	43	.	1,8	.	1,8	1,4	.	1,4
5	1	3	1	82	.	122	.	6,6	.	6,6	4,1	.	4,1
6	2	2	2	33	347	48	314	2,3	2,5	4,7	1,5	2,7	4,3
7	2	3	2	64	418	79	474	4,5	2,3	6,8	2,1	2,6	4,7
8	1	2	2	27	.	40	.	2,4	.	2,4	1,7	.	1,7
9	1	3	2	59	.	84	.	4,6	.	4,6	2,8	.	2,8

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

Total: IAF total del tratamiento

ANEXO 9. Altura disturbada y sin disturbar (cm) de *M. alba* y *L. multiflorum* por tratamientos.

TMT	Pres	Dens	TC	Altura sin disturbar (cm)				Altura disturbada (cm)			
				Corte 1		Corte 2		Corte 1		Corte 2	
				Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Lm	Ma	Lm
1	2	1	1	.	13,3	.	22,3	.	42,0	.	38,7
2	2	2	1	33,7	24,0	38,2	22,3	57,0	43,0	58,7	39,0
3	2	3	1	27,3	24,7	36,6	23,3	56,5	39,3	61,5	37,3
4	1	2	1	34,7	.	47,8	.	55,7	.	62,7	.
5	1	3	1	31,2	.	46,7	.	59,8	.	61,9	.
6	2	2	2	31,8	19,0	46,8	26,0	55,0	38,3	57,3	40,0
7	2	3	2	39,8	20,7	48,5	29,0	59,2	35,3	59,4	42,7
8	1	2	2	26,0	.	46,3	.	60,3	.	67,8	.
9	1	3	2	29,5	.	41,2	.	59,8	.	63,4	.

TMT: Tratamiento.

Pres 1: Sin presencia de *L. multiflorum*.

Pres 2: Con presencia de *L. multiflorum*.

Dens 1: *L. multiflorum* en monocultivo.

Dens 2: *M. alba* en baja densidad (2 Plantas /maceta).

Dens 3: *M. alba* en alta densidad (5 Plantas /maceta).

TC 1: Competencia aérea y radical (sin tubos en las raíces de *M. alba*).

TC 2: Sin competencia radical (Con tubos en las raíces de *M. alba*).

. Indica inexistencia de información.

Ma: *Morus alba*.

Lm: *Lolium multiflorum*.

ANEXO 10. Productividad de *M. alba* y de una pradera templada en tres tipos de tratamientos (kg MS/10a).

Asociación	1997	1998	1999
Pradera	1.380	841	722
<i>M. alba:</i>			
Hojas	239	173	216
Ramas	86	51	75
Sub total	325	224	291
Total	1.706	1.065	1.031
Monocultivo	1997	1998	1999
Pradera	1.514	807	647
<i>M. alba:</i>			
Hojas	349	267	268
Ramas	156	97	82
Total	505	364	350

Fuente: Kitahara *et al.* (2000).

Anexo 11. Contenido mineral en hojas y ramas de *M. Alba* en comparación a una pradera templada.

Especie	Ca	P	Mg	K	K/(Ca+Mg)
<i>M. alba:</i>					
Hojas	2,98	0,44	0,43	2,84	0,41
Ramas	1,01	0,37	0,36	3,78	1,21
Pradera	0,28	0,37	0,3	4,99	3,29

Fuente: Kitahara *et al.* (2000).

Anexo 12. Contenidos minerales de las hojas de *M. alba* por efecto de distintos niveles de adición de follaje de la leguminosa Poro (*Erythrina poeppigina*) en el suelo.

Mineral	Control	Proporción de follaje de Poro en el Suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
N	2,9	3,16	3,1	3,09	3,06
P	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22
K	1,51	1,37	1,35	1,71	1,49
Ca	1,64	1,82	1,74	1,77	1,74
Mg	0,42	0,44	0,41	0,38	0,41

Fuente: Oviedo, 1995 citado por BENAVIDES, 2000.

Anexo 13. Efecto de la fertilización en los contenidos minerales en brotes nuevos de *M. alba* (en Costa Rica).

Variedades	Minerales (%) en la MS				
	N	P	K	Ca	Mg
Criolla	1,81	0,30	2,24	1,33	0,39
Indonesa	1,98	0,40	2,99	1,53	0,49
Tigriada	1,87	0,33	2,41	1,38	0,40
N (kg/ha/año)	Minerales (%) en la MS				
180	1,89	0,33	2,48	1,43	0,44
360	1,86	0,33	2,60	1,40	0,43
540	1,90	0,37	2,55	1,42	0,41
Promedio	1,89	0,34	2,55	1,41	0,43

Fuente: Espinosa y Benavides (1996)

ANEXO 14. Contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en alfalfa, Ballica y pradera permanente.

Alimentos	MS	PC
<i>Medicago sativa</i> en estado vegetativo	18,0	21,2
<i>Lolium spp.</i> Planta entera invierno	13.6	24,1
Pradera permanente fertilizada primavera	15,2	17,8

FUENTE: ANRIQUE et al., (1995)