

CARACTERIZACIÓN PRELIMINAR DE UNA COLECCIÓN DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS ANUALES PARA LA ZONA MEDITERRÁNEA DE CHILE¹

Preliminary characterization of annual forage legumes collection for the Mediterranean area of Chile¹

Carlos Ovalle M.^{2*}, Paola Bustos B.³, Alejandro del Pozo L.⁴, Julia Avendaño R.⁵, y Susana Arredondo S.²

ABSTRACT

In the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Experimental Cauquenes (35°58' S lat; 72°17' W long), VII Region, phenologic and agronomic traits of 35 accessions and cultivars of annual legumes were evaluated. The species studied were *Biserrula pelecinus* (3 accessions), *Medicago polymorpha* (1), *Ornithopus compressus* (9), *Ornithopus sativus* (2), *Trifolium isthmocarpum* (1), *Trifolium michelianum* (7), *Trifolium nigrescens* (1), *Trifolium pallidum* (1), *Trifolium resupinatum* (4), *Trifolium subterraneum* (5), and *Trifolium vesiculosum* (1). The days from emergence to first flower ranged between 103 and 164 days. In *Ornithopus* spp. there was a great variation in precocity (103-143 days) and productivity (290-890 g DM m⁻²). The precocity of the accessions of *B. pelecinus* were similar (132-137 days) and they all had a high seed production and total DM matter. In *T. michelianum* the precocity of the accessions ranged between 131 and 147 days. *T. pallidum* and *T. vesiculosum* were the latest with 164 and 160 days to first flower, respectively. Both species had a high dry matter production (> 900 g DM m⁻²). There are cultivars of *B. pelecinus*, *O. compressus*, *T. michelianum*, *T. resupinatum* and *T. vesiculosum* which presents high yield in both seed and phytomass, small size of seeds, high seminal hardness and high rate of reproductive effort, important attributes for plants that will be introduced in highly fluctuating environmental conditions and soils that with present severe limitations.

Key words: *Biserrula* sp., *Ornithopus* sp., *Trifolium* sp., *Medicago* sp., annual legume pasture, dryland zone.

RESUMEN

En el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Experimental Cauquenes (35°58' lat. Sur; 72°17' long. Oeste), VII Región, se evaluaron variables fenológicas y agronómicas de 35 accesiones de leguminosas forrajeras anuales. Las especies estudiadas fueron *Biserrula pelecinus* (3 accesiones), *Medicago polymorpha* (1), *Ornithopus compressus* (9), *Ornithopus sativus* (2), *Trifolium isthmocarpum* (1), *Trifolium michelianum* (7), *Trifolium nigrescens* (1), *Trifolium pallidum* (1), *Trifolium resupinatum* (4), *Trifolium subterraneum* (5) y *Trifolium vesiculosum* (1). Los días desde emergencia a floración fluctuaron entre 103 y 164 días. En *Ornithopus* spp. hubo una gran variación en precocidad (103-143 días) y en productividad (290-890 g MS m⁻²). La precocidad de las accesiones de *B. pelecinus* evaluadas fue similar (132-137 días) y su producción de semilla y fitomasa elevada. En *T. michelianum* la precocidad de las accesiones fluctuó entre 131 y 147 días. *T. pallidum* y *T. vesiculosum* fueron los más tardíos con 164 y 160 días a floración, respectivamente. Ambas especies tuvieron una alta producción de MS (> 900 g MS m⁻²). Se identificaron cultivares de *B. pelecinus*, *O. compressus*, *T. michelianum*, *T. resupinatum* y *T. vesiculosum*, los cuales presentan características de alta producción de semilla y fitomasa, tamaño de semilla pequeño, alta dureza seminal y alta tasa de esfuerzo reproductivo, atributos apropiados para plantas que serán introducidas en ambientes climáticamente poco predecibles y con fuertes limitantes edáficas.

Palabras clave: *Biserrula* sp., *Ornithopus* sp., *Trifolium* sp., *Medicago* sp., leguminosas forrajeras anuales, secano.

¹Recepción de originales: 7 de marzo de 2002.

Parte de la tesis presentada por la coautora a la Universidad Adventista, Facultad de Agronomía, para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Estudio realizado en el marco del proyecto FONDECYT 1000608.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilimapu, Casilla 426, Chillán, Chile.

E-mail: covalle@quilimapu.inia.cl *Autor para correspondencia.

³Universidad Adventista de Chile, Casilla 7-D, Chillán, Chile.

⁴Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.

⁵Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Experimental Cauquenes, Casilla 165, Cauquenes, Chile.

INTRODUCCIÓN

La flora endémica pratense de leguminosas anuales en la zona mediterránea de Chile posee una baja diversidad de especies (Marticorena y Quezada, 1985), comparativamente con zonas homoclimáticas pertenecientes a la cuenca mediterránea euroasiática. Por otra parte, la dependencia casi absoluta de cultivares australianos introducidos, muchos de ellos seleccionados para ambientes con restricciones edáficas y climáticas diferentes a las de Chile, determina que la producción y persistencia de las praderas sea baja en esta área agroecológica. Entre los ambientes restrictivos se encuentran los suelos de textura pesada y mal drenaje, ácidos o ligeramente ácidos, con baja disponibilidad de nutrientes, y corta estación de crecimiento. La baja población o ausencia de rizobios específicos también es una limitante para el establecimiento de leguminosas (Howieson, 1996).

La mayor parte de las leguminosas forrajeras anuales presentes en Chile no son nativas, sino que fueron introducidas desde la cuenca mediterránea, a veces involuntariamente, como contaminantes o malezas en semillas de cereales o adheridas a la lana de ovinos importados por los colonizadores desde la península ibérica (Ovalle y Squella, 1988).

Aumentar la productividad de las praderas en esas áreas, a través de la introducción de leguminosas fijadoras de N, es de gran importancia para el mejoramiento de los sistemas ganaderos y como herramienta que permita la rehabilitación de los suelos que se encuentran en avanzado estado de degradación.

Concordante con los estudios de Loi *et al.* (1995), la hipótesis de trabajo que se planteó en el presente estudio es que en la flora de origen mediterráneo existen especies de leguminosas anuales de autoresistencia, capaces de persistir y producir en ambientes con marcada aridez estival, con 400 a 800 mm de precipitación anual, o con períodos de crecimiento inferiores a 5 meses, en suelos arcillosos de textura pesada, sometidos a períodos prolongados de inundación en invierno, suelos ligeramente ácidos, de bajo contenido de MO y nutrientes, particularmente P.

Por otra parte, la persistencia de las praderas de leguminosas anuales en ambientes mediterráneos requiere de especies que produzcan un alto porcentaje de semillas duras (Loi *et al.*, 2000). En la flora de origen mediterráneo existen especies y variedades que han desarrollado mecanismos de dureza seminal, característica que les permite integrarse a sistemas de producción, en que se hace rotación de praderas con cultivo de cereales, en que existen grandes fluctuaciones interanuales en la pluviosidad.

Una de las principales limitantes para el establecimiento y producción de las praderas de leguminosas anuales es la baja fertilidad de los suelos y en particular el bajo contenido de P. Con este objetivo, en zonas del oeste de Australia se ha introducido y desarrollado la serradela amarilla (*Ornithopus compressus*) como planta forrajera. Esta especie se adapta bien a suelos ácidos de texturas livianas, de baja fertilidad, y en especial pobres en P. Posee además un arraigamiento profundo, por lo que aprovecha mejor que otras especies la humedad del suelo, y puede crecer dos o tres semanas más que el trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) en la misma área (Paynter, 1990; Revell *et al.*, 1999). No posee fitoestrógenos ni otros compuestos tóxicos para los animales y tiene un buen valor nutritivo, comparable a otras leguminosas anuales (Freebairn, 1994). Como desventaja se menciona su mala adaptación a suelos arcillosos, crecimiento lento en invierno, sensibilidad al pastoreo en la época de semilladura, y dificultades para cosechar la semilla (Revell e Ewing, 1994). Otra especie, que también se adapta bien a suelos pobres similares a los de la serradela amarilla, pero no posee semilla dura, es *Ornithopus sativus* o serradela rosada (Nutt, 1994). Debido a esta característica, la asociación entre ambas serradelas presenta la ventaja que en los primeros años la producción y población de plantas es aportada por la serradela rosada, mientras se construye el banco de semillas de la serradela amarilla.

Biserrula pelecinus es otra especie promisoría para el secano. Es una leguminosa endémica de la cuenca mediterránea de Europa y del norte de África. En su hábitat natural se adapta a suelos infértiles, de textura liviana, bien drenados y de

pH ligeramente ácido (Howieson *et al.*, 1995). Esta especie está siendo desarrollada como planta forrajera por el equipo de investigadores del Center for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA) del oeste de Australia, y constituye el descubrimiento más reciente en materia de leguminosas forrajeras anuales. Los materiales colectados en Marruecos, Cerdeña y Grecia han dado origen al cultivar Casbah, el primer cultivar australiano de *B. pelecinus* (Howieson y Loi, 1994). El cultivar Casbah es una planta de crecimiento erecto, de fácil cosecha de semilla y muy promisorio para zonas de baja precipitación. Posee una alta producción anual de semillas, las que presentan un alto porcentaje de semillas duras, superior al 90% en el primer otoño (Loi *et al.*, 1995).

El trébol balansa (*Trifolium michelianum*), originario de Turquía, es una especie que presenta una excelente adaptación a suelos con problemas de inundaciones. Posee varias ventajas en relación a *T. subterraneum* ssp. *yanninicum*, que también tolera suelos sujetos a inundaciones prolongadas (Dear *et al.*, 2000). Presenta una gran capacidad para persistir y diseminarse después de la siembra, debido a su alta capacidad para producir semillas (hasta 1.000 kg ha⁻¹), de tamaño pequeño y bajo peso individual. Además, presenta una alta proporción de semillas duras a la madurez, desde 60 a 80%, lo cual le permite regenerarse adecuadamente cuando es incluida en sistemas rotacionales con cereales por uno o más años (Mitchell y Cooper, 1989; Squella, 1992). Es de fácil cosecha y presenta un buen crecimiento en primavera, superior al de muchos tréboles subterráneos, no obstante, su producción de invierno es inferior a éstos (Mitchell y Cooper, 1989).

Otra especie similar al trébol balansa, en cuanto al nicho que ocupa, es el trébol persa (*Trifolium resupinatum*). También posee una excelente adaptación a suelos arcillosos, de drenaje deficiente. En esta especie también existen materiales de maduración tardía y temprana (Oram, 1990), por lo que se propone para ser evaluado en diferentes condiciones de precipitación en la zona mediterránea del país.

Trifolium vesiculosum o trébol vesiculoso es otra especie de alto interés, debido a que presenta un alto potencial de rendimiento en suelos ácidos y profundos como son los de la precordillera andina. El atributo principal es su raíz profundizadora, que le permite encontrar agua en profundidad y prolongar así significativamente su estación de crecimiento (Oram, 1990).

El presente estudio constituye la primera fase de un proyecto a largo plazo, orientado a la introducción de nuevas especies y cultivares de leguminosas forrajeras anuales, susceptibles de producir y persistir en ambientes mediterráneos con fuertes limitantes climáticas y edáficas, de manera de aumentar la diversidad de especies de leguminosas en estas zonas. El objetivo del presente estudio fue caracterizar, mediante la evaluación de algunas variables fenológicas y agronómicas, una colección de 35 accesiones y cultivares de especies de leguminosas forrajeras anuales, de manera de contar con información básica que permita evaluar su inclusión en futuros ensayos de prueba en diferentes condiciones ambientales del secano interior y de la preordillera de la zona mediterránea de Chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Experimental Cauquenes (35°58' lat. Sur; 72°17' long. Oeste), VII Región, durante la temporada de crecimiento 2000/01. Se evaluaron once accesiones y cultivares de serradela (*Ornithopus* spp.), originarias de la cuenca mediterránea (Portugal, España, Francia, Cerdeña y Grecia); tres cultivares de biserrula (*Biserrula pelecinus*) originarias de Marruecos, Cerdeña y Grecia; siete accesiones y cultivares de trébol balansa (*Trifolium michelianum*) provenientes de Turquía, cuatro accesiones y cultivares de trébol persa (*Trifolium resupinatum*), además de *Trifolium vesiculosum*, *T. isthmocarpum*, *T. nigrescens* y *T. pallidum*. Se incluyeron cinco cultivares de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) y un cultivar de hualputra (*Medicago polymorpha*) de conocido comportamiento y uso en la zona mediterránea subhúmeda y húmeda de Chile (Cuadro 1).

Cuadro 1. Identificación de los 35 cultivares y accesiones evaluados en el Centro Experimental Cauquenes, VII Región, Chile**Table 1. Identification of 35 cultivars and accesions evaluated in Centro Experimental Cauquenes, VII Región, Chile**

Tratamiento Identificación	Nombre científico	Nombre común	Cultivar o accesión
a	<i>Biserrula pelecinus</i>	Biserrula	Mor99
b	<i>Biserrula pelecinus</i>	Biserrula	Mor 96
c	<i>Biserrula pelecinus</i>	Biserrula	Casbah
d	<i>Medicago polymorpha</i>	Hualputra	Cauquenes-INIA
e	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Charano
f	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Pitman
g	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Madeira
h	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Tauro
i	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Paros
j	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Santorini
k	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	Avila
l	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	GEH 72
m	<i>Ornithopus compressus</i>	Serradella amarilla	GEH 69
n	<i>Ornithopus sativus</i>	Serradella rosada	SP 1/13 0662
o	<i>Ornithopus sativus</i>	Serradella rosada	Cadiz
q	<i>Trifolium isthmocarpum</i>	s.i.	s.i.
r	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana comercial
s	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana precoz
t	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana KRC2
u	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana Australiano
v	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana O
w	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana KRC3
x	<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana KRC1
y	<i>Trifolium nigrescens</i>	s.i.	Margherita
z	<i>Trifolium pallidum</i>	s.i.	s.i.
0	<i>Trifolium resupinatum</i>	Trébol persa	Kymbro
1	<i>Trifolium resupinatum</i>	Trébol persa	Prolific
2	<i>Trifolium resupinatum</i>	Trébol persa	45887-2
3	<i>Trifolium resupinatum</i>	Trébol persa	SA 20004
4	<i>Trifolium subterraneum</i>	Trébol subterráneo	Mount Barker
5	<i>Trifolium subterraneum</i>	Trébol subterráneo	Seaton Park
6	<i>Trifolium vesiculosum</i>	Trébol vesiculoso	s.i.
7	<i>T. subterraneum</i> var <i>yannanicum</i>	Trébol subterráneo	Gosse
8	<i>T. subterraneum</i> var <i>yannanicum</i>	Trébol subterráneo	Trikkala
9	<i>T. subterraneum</i> var <i>brachycalycinum</i>	Trébol subterráneo	Clare

s.i.: sin información.

Caracterización de las accesiones y cultivares

Para el estudio de los ciclos biológicos y productivos los materiales se sembraron en bancadas, disponiendo por cada cultivar o accesión de una microparcela de una hilera de 1,1 m de longitud. El distanciamiento de las plantas sobre la hilera fue de 7,6 cm.

La fecha de siembra fue el 10 de mayo de 2000. Previamente la semilla fue escarificada en forma mecánica, utilizando un escarificador circular con una lija en su interior. Luego las semillas fueron pregerminadas en placas Petri, con papel filtro húmedo, para posteriormente ser trasplantadas al suelo prebrotadas, previa inoculación con rizobios

específicos para cada especie. La fertilización a la siembra fue la equivalente a 20 g de P_2O_5 como superfosfato triple y 10 g de K_2O como muriato de potasio para un área de 0,57 m². Las precipitaciones para la temporada 2000/01 se presentan en la Figura 1.

El ensayo se estableció en un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones y 35 tratamientos. Cada repetición constó de una hilera con 13 plantas cada una.

Evaluaciones

Se evaluaron tres variables fenológicas y diez variables agronómicas de 35 accesiones y cultivares de leguminosas forrajeras anuales. Se realizaron evaluaciones semanales sobre plantas individuales, distinguiendo 3 fenofases; la primera correspondió

a floración, que es la característica principal que permite clasificar el material por precocidad, evaluando los días transcurridos entre la emergencia y la aparición de la primera flor; para ello las especies se clasificaron de acuerdo a una escala, de cinco niveles, desde los muy precoces con menos de 101 días a floración, hasta los muy tardíos con más de 150 días a floración. La segunda fenofase fue la de fructificación, evaluada desde la aparición del primer fruto a partir de la marcación de la primera flor. La tercera fenofase correspondió a la maduración, comprendida entre la aparición del primer fruto hasta la senescencia del mismo. La fecha de inicio de cada fenofase se estableció cuando el 50% de las plantas presentaban la característica que determina cada una de las fenofases evaluadas. La evaluación de los cultivares y accesiones se realizó bajo la condición natural de la temporada de estudio.

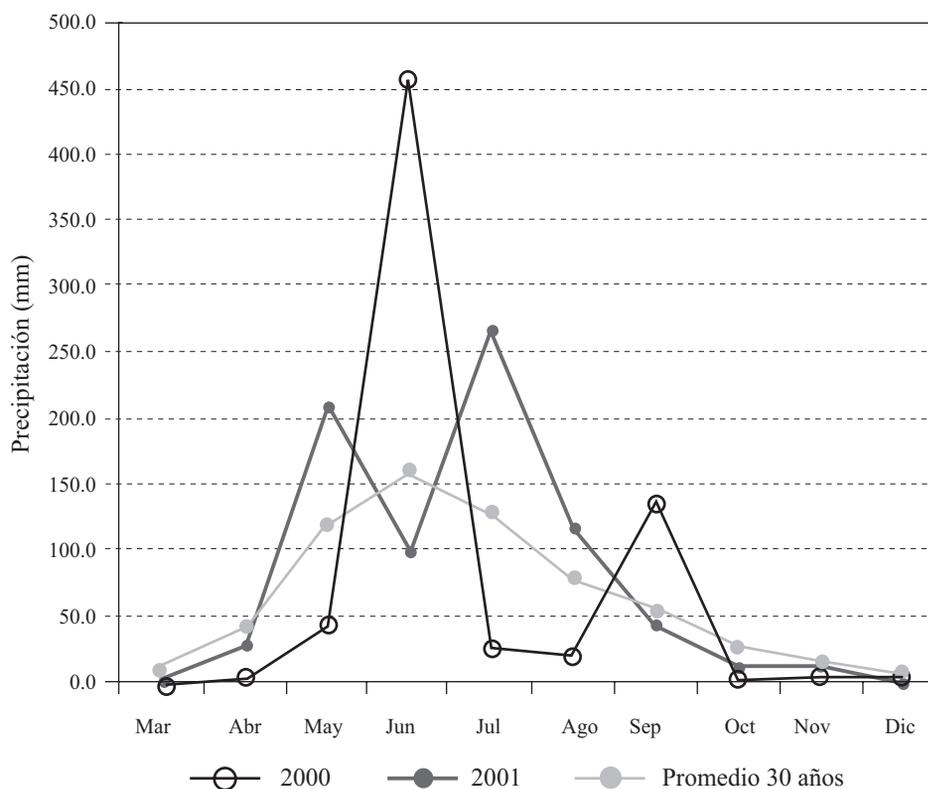


Figura 1. Precipitaciones temporada 2000, 2001, y promedio 30 años. Centro Experimental Cauquenes, VII Región, Chile.

Figure 1. Annual rainfall 2000, 2001, and 30 year average, Centro Experimental Cauquenes, VII Región, Chile.

Una vez terminado el ciclo anual de las plantas, se realizó un test de germinación a un grupo de 100 frutos, los que fueron previamente expuestos al ambiente durante toda la estación estival. Ello permitió conocer el porcentaje de semillas duras al otoño siguiente (abril), que es la época de germinación natural de las semillas al iniciar un nuevo ciclo anual de crecimiento. Para este efecto, los frutos se dispusieron al interior de marcos de madera de 25 x 25 cm, con una base de tela y una cubierta de malla, en las mismas bancadas. La germinación se determinó disponiendo las semillas de cada especie y/o accesión en una cámara de germinación a 20°C.

La producción de fitomasa fue evaluada al final del período de crecimiento (diciembre) mediante corte manual. El material evaluado fue secado en horno con circulación de aire forzado a 70°C por 72 h. De esta forma se determinó la fitomasa aérea, que es la producción de hojas y tallos, y la fitomasa total a la que se suma la producción de frutos. La producción de frutos y semillas se obtuvo a través de la separación manual y trilla del material correspondiente, determinándose la producción de frutos, peso de 100 frutos, producción de semillas, número de semillas por legumbre (vaina), peso de 1.000 semillas, y número de semillas por gramo. Se determinó además, el esfuerzo reproductivo de las plantas, que es la relación existente entre la producción de frutos y la fitomasa total, es decir, es lo que la planta invierte en producir semillas para su persistencia en el tiempo.

Análisis de la información

Se realizó un análisis comparativo de los materiales con los datos de fenología evaluados en la temporada. Se efectuó un análisis de componentes principales (Gauch, 1982) a partir de la matriz de correlación de las variables agronómicas de las distintas especies y cultivares evaluados. Las variables analizadas fueron producción de MS (fitomasa aérea y total), producción de semillas, peso de 100 frutos, número de semillas por fruto, peso de 1.000 semillas, y número de semillas por gramo, esfuerzo reproductivo y dureza seminal. Los valores de correlación entre las variables originales y su respectivo componente principal fueron obtenidas

por la multiplicación de la raíz cuadrada del eigenvalue para cada componente por el eigenvector de cada variable evaluada. Solamente los valores de correlación $> 0,70$ fueron considerados relevantes para los componentes principales.

También se realizó un análisis de grupo (cluster) mediante el método 'Average'. La matriz de datos fue la misma que la utilizada en el análisis de componentes principales. Como criterio de identificación de los grupos se consideró que las distancias normalizadas de la raíz cuadrada de la media fueran $> 0,7$ (Horsley *et al.*, 1995). Ambos análisis multivariados se realizaron con SAS (SAS Institute, 1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización fenológica

Una apreciación global del comportamiento fenológico de los materiales evaluados, muestra la existencia de un amplio gradiente de precocidad: entre 103 y 164 días (Cuadro 2). No obstante, en esta colección no se encontraron especies “muy precoces”, es decir, con menos de 101 días a floración, del tipo *Medicago polymorpha* cvs. Serena o Combarbalá (Ovalle *et al.*, 1997), o como el trébol subterráneo cv. Nungarin, que es el más precoz de las leguminosas anuales disponibles en el mercado, el cual necesita aproximadamente 90 días para florecer, y un poco más de cinco meses para completar su ciclo anual de vida (Evans *et al.*, 1992).

En el grupo de las especies y cultivares “precoces”, similares a los cultivares Cauquenes INIA de *M. polymorpha* o Seaton Park de *T. subterraneum*, se encontraron los cultivares y accesiones GEH72, Charano, Paros, GEH69 y Santorini de *O. compressus*, los cuales durante la temporada de evaluación presentaron entre 103 y 114 días a floración (Cuadro 2), sembradas en mayo florecen en septiembre y finalizan su ciclo anual a fines de octubre.

Dentro de los materiales “intermedios” (118 a 133 días a floración), se encontró la accesión Mor99 de *B. pelecinus*, los cultivares Madeira y Tauro de *O. compressus*, las accesiones Paradana Austra-

liano, Paradana precoz y Paradana O de *T. michelianum*, y los tréboles subterráneos Trikkala, Gosse y Clare, los que requieren entre 121 y 133 días para florecer.

En el grupo de los materiales “tardíos” se encontraron los cultivares y accesiones de *B. pelecinus* Mor96 y Casbah, Pitman y Avila de *O. compressus*, el cultivar Cadiz y la accesión SP 1/13 0662 de

Cuadro 2. Días desde emergencia a primera flor, primer fruto y maduración de los cultivares y accesiones de leguminosas forrajeras anuales¹

Table 2. Days from emergence to first flower, first fruit and maturity of cultivars and accessions of annual forage legumes¹

Especie	Cultivar o accesión	Días a primera flor	Días a primer fruto	Días a la maduración
<i>Biserrula pelecinus</i>	Mor99	132 (± 1,7) (I) ²	145 (± 1,7)	178 (± 2,3)
<i>B. pelecinus</i>	Mor96	136 (± 3,5) (T)	145 (± 2,1)	177 (± 2,1)
<i>B. pelecinus</i>	Casbah	137 (± 3,5) (T)	146 (± 1,7)	178 (± 2,3)
<i>Medicago polymorpha</i>	Cauquenes INIA	111 (± 2,3) (P)	129 (± 2,3)	174 (± 4,4)
<i>Ornithopus compressus</i>	GEH 72	103 (± 1,6) (P)	118 (± 3,1)	169 (± 9,2)
<i>O. compressus</i>	Charano	108 (± 3,5) (P)	132 (± 2,3)	177 (± 3,5)
<i>O. compressus</i>	Paros	109 (± 3,5) (P)	130 (± 2,3)	182 (± 4,5)
<i>O. compressus</i>	GEH 69	113 (± 7,4) (P)	127 (± 4,6)	174 (± 5,6)
<i>O. compressus</i>	Santorini	114 (± 4,0) (P)	133 (± 0,0)	171 (± 5,8)
<i>O. compressus</i>	Madeira	124 (± 4,0) (I)	136 (± 0,6)	179 (± 6,4)
<i>O. compressus</i>	Tauro	133 (± 3,5) (I)	144 (± 2,3)	183 (± 1,7)
<i>O. compressus</i>	Pitman	135 (± 1,7) (T)	146 (± 2,3)	185 (± 0,0)
<i>O. compressus</i>	Avila	143 (± 6,4) (T)	156 (± 2,0)	190 (± 2,3)
<i>Ornithopus sativus</i>	Cádiz	135 (± 1,7) (T)	147 (± 0,0)	182 (± 0,0)
<i>O. sativus</i>	SP 1/13 0662	142 (± 2,1) (T)	154 (± 4,0)	183 (± 2,3)
<i>Trifolium michelianum</i>	Paradana Austral	126 (± 5,8) (I)	142 (± 4,0)	166 (± 1,7)
<i>T. michelianum</i>	Paradana precoz	131 (± 4,0) (I)	147 (± 0,0)	172 (± 3,5)
<i>T. michelianum</i>	Paradana 0	133 (± 0,0) (I)	147 (± 0,0)	173 (± 1,7)
<i>T. michelianum</i>	Paradana Comer	136 (± 2,3) (T)	150 (± 2,3)	172 (± 0,6)
<i>T. michelianum</i>	Paradana KRC3	139 (± 1,7) (T)	152 (± 1,7)	177 (± 4,0)
<i>T. michelianum</i>	Paradana KRC2	140 (± 0,0) (T)	155 (± 2,3)	178 (± 2,3)
<i>T. michelianum</i>	Paradana KRC1	143 (± 2,3) (T)	154 (v 0,0)	178 (± 2,3)
<i>Trifolium resupinatum</i>	SA 20004	136 (± 3,5) (T)	148 (± 5,6)	170 (± 4,0)
<i>T. resupinatum</i>	45887-2	142 (± 4,0) (T)	155 (± 2,3)	176 (± 5,1)
<i>T. resupinatum</i>	Prolific	146 (± 1,7) (T)	156 (± 4,0)	184 (± 6,2)
<i>T. resupinatum</i>	Kymbro	153 (± 2,3) (MT)	162 (± 2,0)	185 (± 3,5)
<i>Trifolium subterraneum</i>	Seaton Park	111 (± 2,3) (P)	125 (± 2,3)	189 (± 4,0)
<i>T. subterraneum</i> var. <i>yanninicum</i>	Trikkala	121 (± 1,7) (I)	134 (± 1,7)	186 (± 2,3)
<i>T. subterraneum</i> var. <i>yanninicum</i>	Gosse	127 (± 2,3) (I)	136 (± 0,6)	187 (± 5,7)
<i>T. subterraneum</i> var. <i>brachycalycinum</i>	Clare	130 (± 2,3) (I)	154 (± 3,5)	188 (± 2,3)
<i>T. subterraneum</i>	Mount Barker	140 (± 9,1) (T)	152 (± 4,0)	195 (± 3,5)
<i>Trifolium nigrescens</i>	Margherita	136 (± 3,5) (T)	153 (± 4,4)	173 (± 1,7)
<i>Trifolium isthmocarpum</i>	s.i.	147 (± 3,5) (T)	159 (± 4,0)	176 (± 4,0)
<i>Trifolium vesiculosum</i>	T. vesiculoso	160 (± 4,6) (MT)	175 (± 3,0)	200 (± 2,3)
<i>Trifolium pallidum</i>	s.i.	164 (± 2,3) (MT)	174 (± 2,3)	194 (± 4,0)

¹ Valores son promedio de tres repeticiones.

² Clasificación por precocidad (días a floración): muy precoz MP (< 101); precoz P (102-117); intermedia I (118-133); tardía T (134-149); muy tardía MT (150-165). Fuente: escala establecida por los autores.

s.i.: sin información.

O. sativus. Además el cultivar Paradana de *T. michelianum*, que actualmente se comercializa en el país, y las accesiones KRC3, KRC2 y KRC1 de *T. michelianum*, los *T. resupinatum* Sa 20004, 45887-2 y Prolific; además del trébol subterráneo Mount Barker, el cultivar Margherita de *T. nigrescens*, y *T. isthmocarpum*.

Finalmente en el grupo de los “muy tardíos” (> 150 días a floración) se encuentra el cultivar Kymbro de *T. resupinatum*, *T. vesiculosum* y *T. pallidum*.

En general se observa una gran variación en el tiempo a floración entre las accesiones y cultivares de *O. compressus*, ya que existen materiales precoces, intermedios y tardíos, mientras que *O. sativus* sólo presentó materiales tardíos. En *T. michelianum* se observaron materiales intermedios y tardíos, mientras que la mayoría de los *T. resupinatum* fueron tardíos y uno muy tardío. En *T. subterraneum* el cv. Seaton Park fue el más precoz de los evaluados, mientras que las var. *yanninicum* y *brachycalycinum* fueron intermedias. Las especies más tardías fueron *T. pallidum* y *T. vesiculosum*.

El tiempo transcurrido entre la emergencia y la aparición del primer fruto varió entre 118 y 175 días, y entre la emergencia y la maduración entre 166 y 200 días (Cuadro 2).

Además, en las fenofases de fructificación y maduración de frutos se observó que la amplitud de las diferencias fenológicas entre cultivares y accesiones, se atenúan respecto de lo que sucede con la floración. En la floración, la diferencia entre el material más precoz y más tardío fue de 61 días. En el caso de la fructificación, la diferencia entre el cultivar y/o acesión más precoz y más tardío fue de 55 días. Mientras que en el período de maduración de frutos esta diferencia fue de sólo 44 días. Lo anterior estaría indicando que las plantas aceleran la maduración del fruto en función de la disponibilidad hídrica del suelo. Similar comportamiento ha sido informado por Clarkson y Russel (1975), quienes observaron en cultivares de *M. polymorpha* que el déficit hídrico provoca un retardo en las fases de siembra a primera flor y siembra a primera vaina inmadura y, en cambio, acelera las últimas etapas fenológicas.

Al respecto, Crawford (1983) señaló que en genotipos de *Medicago* sp. seleccionados para medio ambientes con estaciones de crecimiento cortas, una floración temprana podría estar asociada con períodos de maduración prolongados para maximizar la producción de semilla y forraje.

Características productivas

El análisis de componente principal de los datos agronómicos productivos de las especies evaluadas muestra que las tres primeras variables explican 81% de la variación entre las especies. El primer componente principal explica 34% de la variación encontrada, siendo los valores de correlación más significativos, la producción de fitomasa total y aérea, el peso de 1.000 semillas y el número de semillas por gramo (Cuadro 3). En el segundo componente, las variables con mayor incidencia fueron producción de frutos, semillas, dureza seminal y esfuerzo reproductivo, los que explican 28% de la variación. Por último, el tercer componente, con 19% de la variación total, se encuentra asociado a

Cuadro 3. Valores de correlación entre los componentes principales (CP) y las variables agronómicas de las accesiones y cultivares de leguminosas forrajeras anuales

Table 3. Correlation values between principal components (CP) and the agronomic variables of accesions and cultivars of annual forage legumes

Variables	CP1	CP2	CP3
Fitomasa aérea, g m ⁻²	0,85	-0,04	0,45
Fitomasa total, g m ⁻²	0,81	0,46	0,27
Producción de frutos, g m ⁻²	0,36	0,90	-0,10
Peso 100 frutos, g	-0,10	0,28	0,85
Producción de semillas, g m ⁻²	0,37	0,75	-0,15
Nº semillas por legumbre	-0,52	0,23	0,80
Peso 1.000 semillas, g	0,79	-0,29	-0,05
Nº semillas por gramo	-0,73	0,03	0,24
Dureza seminal, %	-0,41	0,68	0,00
Esfuerzo reproductivo ¹	-0,38	0,70	-0,51
Eigenvalue (valor propio)	3,392	2,769	1,992
Proporción explicada, %	0,34	0,28	0,20
Proporción acumulada, %	0,34	0,62	0,82

$$^1 \text{ Esfuerzo reproductivo} = \frac{\text{producción frutos (g m}^{-2}\text{)}}{\text{producción fitomasa total (g m}^{-2}\text{)}}$$

variables como peso de 100 frutos y número de semillas por fruto.

El análisis de cluster (Cuadro 4, Figura 2) utilizando las variables agronómicas y productivas de las 35 accesiones y cultivares dio como resultado tres agrupaciones (cluster). El Cuadro 4 muestra los valores promedio de cada una de las variables para cada uno de los cluster.

El grupo 1 lo componen 2 cultivares de la especie *B. pelecinus* (Casbah y Mor99) y 3 cultivares de *O. compressus* (Charano, Paros y Santorini), todos ellos se caracterizan por presentar el mayor esfuer-

zo reproductivo (1,5%) y la más alta dureza seminal (99,8%) de todas las especies evaluadas (Cuadro 4). El segundo grupo engloba a un gran número de especies, entre ellas todos los cultivares y accesiones de *T. michelianum* y los cuatro cultivares de *T. resupinatum*. En este grupo se encuentran además los cvs. Pitman, Madeira, Tauro, Avila, GEH72 y GEH69 de *O. compressus* y el cv. SP1/13 0662 de *O. sativus*, el cv. Mor96 de *B. pelecinus*, además de *T. isthmocarpum* y *T. pallidum*. Este grupo se caracteriza por presentar semillas de tamaño pequeño (alto número de semillas por gramo), y un esfuerzo reproductivo de 0,9, mayor al que presentan los tréboles

Cuadro 4. Valores promedio y rango de 10 variables agronómicas de las accesiones y cultivares que conforman los grupos

Table 4. Mean values and range of 10 agronomic variables of accesions and cultivars that form the groups

Variables	Grupo		
	1 (5) ¹	2 (21)	3 (5)
Fitomasa aérea, g m ²	335 297-385	307 174-593	573 394-710
Producción de frutos, g m ²	489 410-584	258 165-341	241 170-295
Fitomasa total, g m ²	825 708-938	565 290-934	814 602-1005
Producción de semillas, g m ²	184 120-261	97 48-173	106 74-122
Peso de 100 frutos, g	6,5 5,6-9,1	10 1,7-23,6	8,2 5,7-10,2
Nº de semillas fruto ⁻¹	12 6,9-18,7	34 6,8-110	4 3,6-4,5
Peso de 1.000 semillas, g	2,4 1,4-3,5	1,3 0,7-3,2	7,6 6,0-9,0
Nº de semillas gramo ⁻¹	478 287-713	959 315-1721	134 112-143
Esfuerzo reproductivo ^z	1,5 1,31-1,67	0,9 0,52-1,94	0,4 0,30-0,52
Dureza seminal, %	99,8 99,3-100	88,8 52,1-100	57,7 42,6-74,2

¹ Número de accesiones por grupo.

^z Esfuerzo reproductivo = $\frac{\text{producción frutos (g m}^2\text{)}}{\text{producción fitomasa total (g m}^2\text{)}}$

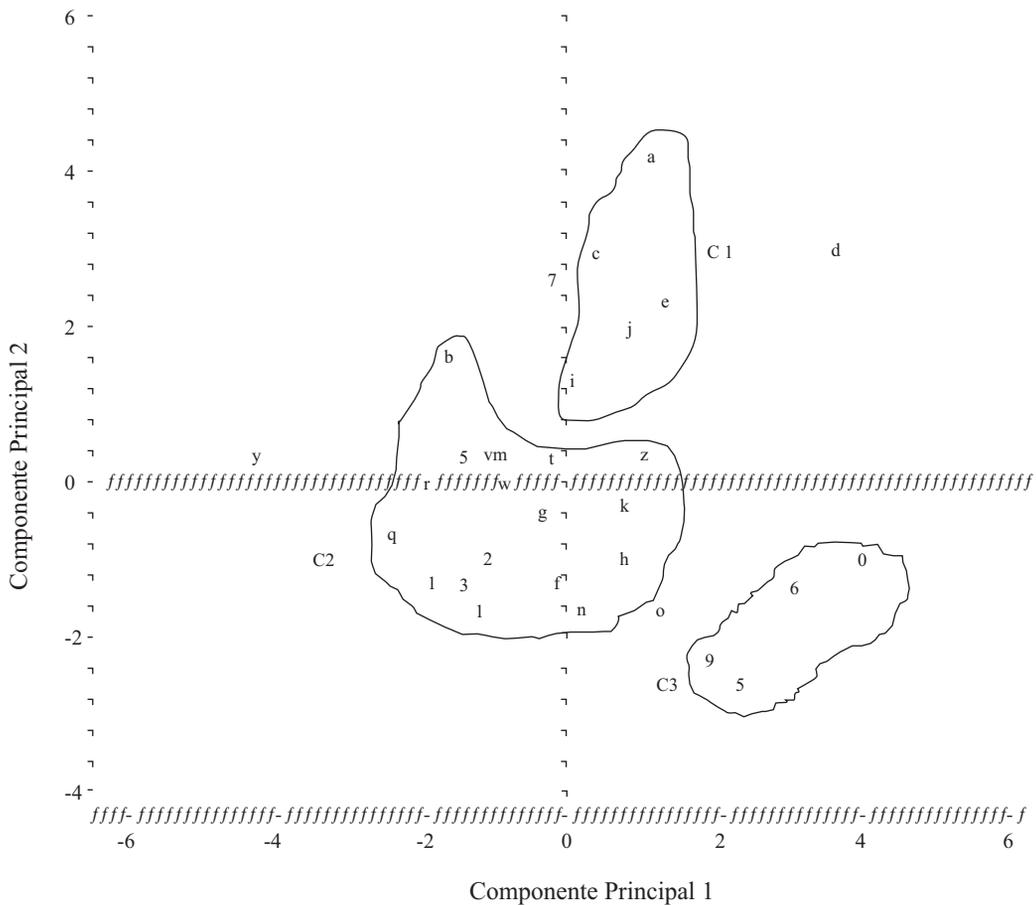


Figura 2. Diagrama de dispersión entre el primer (CP1) y el segundo (CP2) componente principal para diez variables evaluadas en 35 accesiones y cultivares de leguminosas anuales.
Figure 2. Dispersion diagram between the first (CP1) and the second (CP2) principal component of the variables evaluated in 35 accesions and cultivars of annual legumes.

subterráneos (grupo 3). En virtud de estas características y de la habilidad para crecer en suelos con hidromorfismo temporal, *T. michelianum* y *T. resupinatum* poseen atributos muy favorables para ser introducidas en suelos arcillosos y en sectores de llanos del secano interior y en otras áreas agroecológicas del país.

El grupo 3 lo componen sólo los cultivares de trébol subterráneo (Seaton Park, Mount Barker, Trikkala, Clare y Gosse). Este grupo se caracteriza por presentar el más alto peso individual de semillas, la menor producción de frutos, el menor número de semillas por fruto, y en consecuencia, el

menor número de semillas por gramo, semillas de mayor tamaño y peso, en relación al resto de las especies evaluadas. La dureza seminal es intermedia, del orden de 58%. La producción de fitomasa aérea es alta, ubicándose en el tercer lugar, luego de las especies *M. polymorpha* y *T. vesiculosum*. Este grupo, además, presentó el menor valor para la variable esfuerzo reproductivo.

Las especies restantes no quedaron incluidas en ninguno de los grupos (cluster), diferenciándose claramente unas de otras. Así, *O. sativus* cv. Cadiz se caracterizó por presentar dureza seminal muy baja (4,0%) y muy bajo peso de frutos. El cultivar

Cauquenes INIA de *M. polymorpha* se diferenció de los demás por presentar la mayor producción de fitomasa, tanto aérea como total, así como la mayor producción de semilla y frutos.

En el caso de *T. vesiculosum* y *T. nigrescens*, el primero se caracterizó por presentar un alto peso de frutos y número de semillas por fruto, mientras que el segundo presentó un valor de número de semillas por gramo muy elevado, siendo el peso de éstas también muy bajo (Cuadro 4).

En la Figura 2 se agrupan los distintos grupos, al analizar la proyección horizontal de las accesiones y cultivares se observa que las especies que se encuentran desplazadas hacia la derecha de la ordenada, presentan la mayor producción de fitomasa aérea y total, destacándose el grupo 3 (C3) y el cultivar Cauquenes INIA de *M. polymorpha* (d), así mismo, la especie de menor producción fue *T. nigrescens* (y).

Las especies que se encuentran en el diagrama desplazadas hacia arriba de la abcisa, son las que presentan la mayor producción de frutos y semillas. Además presentan la mayor dureza seminal y el mayor esfuerzo reproductivo, destacándose el grupo 1 (C1), además de *M. polymorpha* (d) y *T. vesiculosum* (6).

A partir de la Figura 3, se realiza un análisis más detallado de la producción de fitomasa de las especies, la cual ordena en torno a dos ejes la producción de fitomasa total y la de semilla. En el cuadrante superior derecho se encuentran las especies de mayor producción, tanto de fitomasa total como producción de semilla, destacan entre ellas la accesión Mor99 y el cv. Casbah de *B. pelecinus*, además de los cvs. Santorini, Charano y Paros de *O. compressus*, todos ellos pertenecen al grupo 1 (Cuadro 4). Junto a éstas encontramos a la hualputra Cauquenes INIA (*M. polymorpha*), y *T. vesiculosum*, además de los cultivares pette-

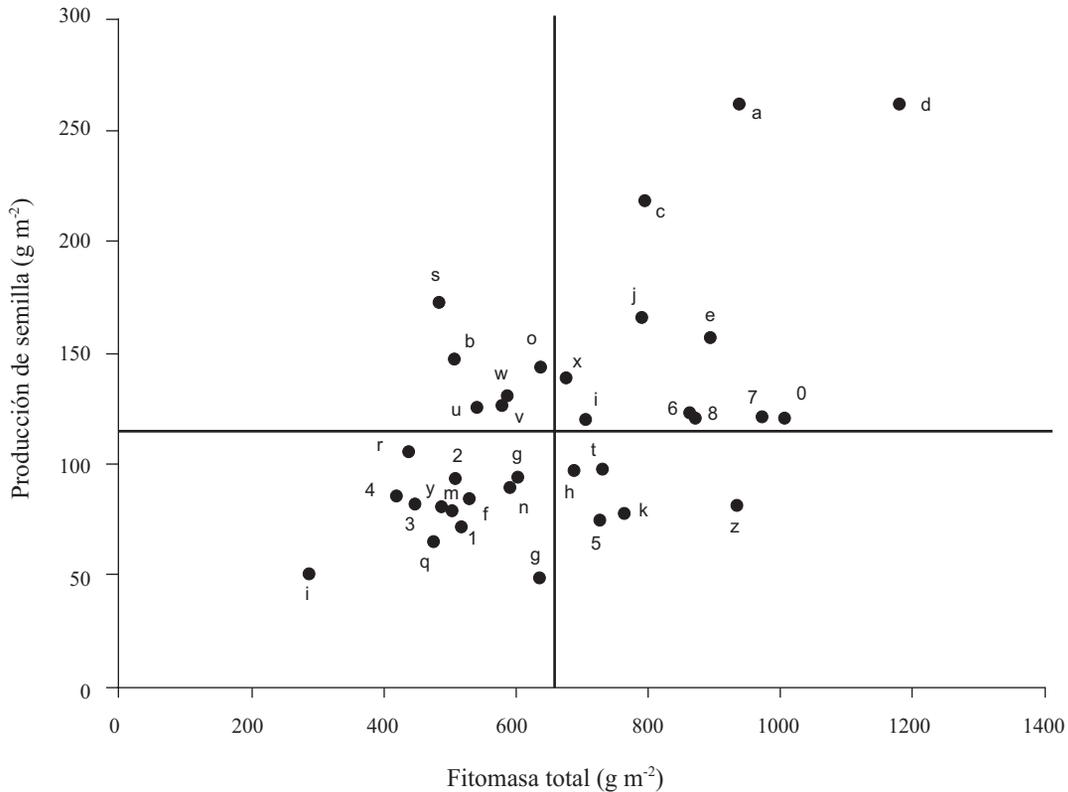


Figura 3. Relación entre la producción de fitomasa total y de semilla de las 35 accesiones y cultivares evaluados.
Figure 3. Relationship between total phytomass and seed production of the 35 accessions and cultivars evaluated.

necientes al grupo 3 conformado por tréboles subterráneos Seaton Park, Gosse y Clare, y finalmente similar comportamiento por la accesión KRC1 de *T. michelianum*.

Este estudio permitió evaluar en forma preliminar un conjunto de especies y cultivares con características y atributos agronómicos y productivos muy favorables, que les permitirían ser consideradas como nuevas alternativas para ser evaluadas en ensayos de campo, para determinar *in situ* la factibilidad de mejorar la producción y persistencia de las praderas en áreas de secano mediterráneo.

CONCLUSIONES

Son destacables las características de la mayor parte de los cultivares de *Biserrula pelecinus*, y algunos cultivares de *Ornithopus compressus*, los cuales presentan junto a características de alta producción de semilla y fitomasa, tamaño de semilla pequeño, alta dureza seminal y alta tasa de esfuerzo reproductivo, todos atributos muy apropiados para plantas que serán introducidas en ambientes climáticamente poco predecibles y sometidas a condiciones de pastoreo intenso.

Los cultivares de *Trifolium michelianum* y *Trifolium resupinatum* mostraron tamaño de semilla pequeño y alta dureza seminal, sin embargo, los

primeros presentaron una mayor producción de semilla. Los cultivares de *T. resupinatum* presentaron, en general, ciclos de vida más tardíos que los *T. michelianum*, disponiéndose en estos últimos de cultivares intermedios y tardíos.

El comportamiento y las características de los tréboles subterráneos evaluados (Seaton Park, Clare, Gosse, Trikala y Mount Barker) se diferenciaron nítidamente del resto de las especies. Estos presentaron alta producción de fitomasa, pero especialmente los cultivares de ciclo más largo presentaron baja producción de semilla. Además, éstos poseen un porcentaje de semillas duras menor a 60%, y alto peso y tamaño individual de semilla.

El comportamiento y las características de *Medicago polymorpha* (hualputra) cultivar Cauquenes INIA, la señalaron como la de mayor producción, tanto de forraje, fruto y semilla, superior a todas las especies evaluadas, además presentó una alta dureza seminal.

Por último, una especie de alto potencial de producción de fitomasa fue *Trifolium vesiculosum*, el cual mostró una alta dureza seminal y alto peso y tamaño individual de semilla. Por tratarse de una especie de ciclo de vida muy tardío, debiera ser evaluada en áreas de precordillera andina u otras de alta pluviometría.

LITERATURA CITADA

- Clarkson, N.M., and J.S. Russel. 1975. Effect of water stress on the phasic development of annual *Medicago* species. *Aust. J. Agric. Res.* 27: 227-234.
- Crawford, E.J. 1983. Selecting cultivars from naturally occurring genotypes: evaluation annual *Medicago* sp. p. 203-215. *In* J.G. McIvor and R.A. Bray (eds.). *Genetic Resources of Forage Plants*. Commonwealth Scientific and Industrial Research, East Melbourne, Victoria, Australia.
- Dear, B., A. Craig, and G. Sandral. 2000. *Trifolium michelianum*. 2000. NWS Agriculture Wagga Wagga Agricultural Institute Struan Research Center. (On line). Available on: <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/DATA/pf000413.htm>. Accessed in December 2001.
- Evans, P., R. Lawn, and A. Watkinson. 1992. Use of linear models to predict the date of flowering in cultivars of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.). *Aust. J. Agric. Res.* 43:1547-1558.
- Freebairn, R.D. 1994. Serradela: an advisory perspective. p. 61-65. Technical Report N° 219. *In* Michalk, D., Craig, A, and Collins, B. (eds.). *Primary Industries South Australia*, Australia.
- Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. 298 p. *In* E. Beck., Birks, H.J.B., and Connor, E.F. (eds.). *Cambridge University Press*, New York, USA.
- Horsley, R.D., P.B. Schwarz, and J.J. Hammond. 1995. Genetic diversity in malt quality of North American six-rowed barley. *Crop Sci.* 35:113-118.

- Howieson, J.G. 1996. Factors limiting the nodulation of *Medicago polymorpha* in the dryland Secano Interior of Chile. A consultancy report. 25 p. Center for Legumes in Mediterranean Agriculture, Perth, Australia.
- Howieson, J.G., and A. Loi. 1994. The distribution and preliminary evaluation of alternative pasture legumes and their associated root-nodule bacteria collected from acid soils of Greece, Morocco, Sardinia and Corsica. *Agricultura Mediterranea* 124:170-186.
- Howieson, J.G., A. Loi, and S.J. Carr. 1995. *Biserrula pelecinus* L. a legume pasture species with potential for acid, duplex soils which is nodulated by unique root-nodule bacteria. *Aust. J. Agric. Res.* 46:997-1009.
- Loi, A., S. Carr, and C. Porqueddu. 1995. Alternative pasture legumes and rhizobium collection in Sardinia. 16 p. Occasional Publication Nº 6. Center for Legumes in Mediterranean Agriculture, Perth, Australia.
- Loi, A., B.J. Nutt, R. McRobb, and M. Ewing. 2000. Potential new alternative annual pasture legumes for Australian Mediterranean farming systems. *Cahiers Options Méditerranéennes* 45:51-54.
- Marticorena, C., y M. Quezada. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana* 42(1 y 2):1-155.
- Mitchell, G., and J. Cooper. 1989. Growing Paradana balansa clover. Experience in the mid-north areas of S. A. Bulletin 3/89. 20 p. Department of Agriculture, South Australia, Australia.
- Nutt, B. 1994. Serradela for acid soils in Western Australia. p. 50-52. Technical Report Nº 219. *In* Michalk, D., Craig, A., and Collins, B. (eds.). Primary Industries South Australia, Australia.
- Oram, R.N. 1990. Register of Australian herbage plant cultivars. 303 p. 3rd. ed. Commonwealth Scientific and Industrial Research, East Melbourne, Victoria, Australia.
- Ovalle, C., y F. Squella. 1988. Terrenos de pastoreo con especies anuales en el área de influencia climática mediterránea. p. 369-410. *In* I. Ruiz (ed.). Praderas para Chile. Ministerio de Agricultura, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago, Chile.
- Ovalle, C., A. Del Pozo, J. Avendaño, y J. Aronson. 1997. Características fenológicas y productivas de 34 accesiones de hualputra (*Medicago polymorpha*) colectadas en la zona mediterránea de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 57:261-271.
- Paynter, B.H. 1990. Comparative phosphate requirements of yellow serradela (*Ornithopus compressus*), burr medic (*Medicago polymorpha*) and subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 30:507-514.
- Revell, C.K., and M. Ewing. 1994. Status of serradela (*Ornithopus* spp.) research in Western Australia. Alternative pasture legumes 1993. p. 47-49. Technical Report Nº 219. *In* Michalk, D., Craig, A., and Collins, B. (eds.). Primary Industries South Australia, Australia.
- Revell, C.K., G.B. Taylor, and P.S. Cocks. 1999. Effect of length of growing season on development of hard seeds in yellow serradella and their subsequent softening at various depths of burial. *Aust. J. Agric. Res.* 50:1211-1223.
- SAS Institute. 1987. SAS/STAT Guide for personal computers. Version 6. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Squella, F. 1992. The ecological significance of seed size in Mediterranean annual pasture legumes. 466 p. Ph. D. Thesis. The University of Australia, South Australia, Adelaide, Australia.