

**CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NUEVAS LEGUMINOSAS
FORRAJERAS ANUALES EN LA ZONA MEDITERRÁNEA
DE CHILE. I. COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES
EN LA PRECORDILLERA ANDINA**

**Growth and production of new annual forage legumes in the Mediterranean zone of
Chile. I. Species performance in the Andean foothills**

Carlos Ovalle M.^{1*}, Alejandro del Pozo L.², Susana Arredondo S., y Jorge Chavarría M.

ABSTRACT

This study was carried out for three seasons (2000 to 2002) in the Andean foothills of south central Chile. The climate is Mediterranean perhumid, with 1,200 mm of annual rainfall, the soil is of volcanic origin, called trumao (hashy, mesic typic Haploxerands), deep (> 1 m), with a light texture. The productive performance of a collection of annual fodder legumes was evaluated: six cultivars of *Ornithopus compressus*, one accession and one cultivar of *Ornithopus sativus*, one cultivar and two accessions of *Biserrula pelecinus*, and one cultivar for each one of the following species: *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*, *Trifolium vesiculosum* and *Medicago polymorpha*. Subterranean clover (*Trifolium subterraneum* var. *subterraneum*) cv. Mount Barker was used as a control. In a three year period *T. vesiculosum* stood out for having high biomass production, mainly in the third year (more than 4 t DM ha⁻¹ yr⁻¹), appropriate persistence, good nodulation and tolerance to low winter temperatures. *O. compressus* appeared to be a new alternative fodder with excellent adaptation and high production potential, in particular, the late maturing cycle cvs. Avila, Pitman and Madeira, presented consistently high biomass yields (approximately 4 t DM ha⁻¹ yr⁻¹ in the third evaluation season). One cultivar and two accessions of *B. pelecinus* had low levels of production (less than 1 t DM ha⁻¹ yr⁻¹) in the three years. Similar performance was shown by *M. polymorpha*, *T. michelianum*, *O. sativus* and *T. resupinatum*, not having a production level and persistence superior to the control over the years.

Key words: serradela, biserrula, paradana, hualputra, *Ornithopus* spp., *Biserrula pelecinus*, *Medicago polymorpha*, *Trifolium subterraneum*, *Trifolium vesiculosum*, *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*, DM production, seed production.

RESUMEN

Se realizó este estudio durante tres temporadas (2000-2002) en la precordillera andina de la zona Centro Sur de Chile. El clima es mediterráneo perhúmedo, con 1.200 mm de precipitación anual, suelo de origen volcánico (trumao) (ashy, mesic typic Haploxerands), profundo (> 1 m), textura liviana. Se evaluó el comportamiento productivo de una colección de leguminosas forrajeras anuales: seis cultivares de *Ornithopus compressus*, una accesión y un cultivar de *Ornithopus sativus*, un cultivar y dos accesiones de *Biserrula pelecinus*, y un cultivar de cada una de las siguientes especies: *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*, *Trifolium vesiculosum* y *Medicago polymorpha*. Como testigo se utilizó trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* var. *subterraneum*) cv. Mount Barker. En el período de tres años *T. vesiculosum* sobresalió por presentar una alta producción de fitomasa, sobre todo en el tercer año (sobre 4 t MS ha⁻¹), adecuada persistencia, buena nodulación y tolerancia a las bajas temperaturas invernales. *O. compressus* presentó buena adaptación y alto potencial de producción, especialmente los cultivares Ávila, Pitman y Madeira, de fenología tardía, presentaron consistentemente altos rendimientos de fitomasa (aproximadamente 4 t MS ha⁻¹ año⁻¹) en la tercera temporada de evaluación. El cultivar y las dos accesiones de *B. pelecinus* presentaron bajos niveles de producción (inferior a 1 t MS ha⁻¹ año⁻¹) en los tres años. Comportamiento similar experimentaron *M. polymorpha*, *T. michelianum*, *O. sativus* y *T. resupinatum*, y además no presentaron una persistencia de la producción superior al testigo en el conjunto de los años.

Palabras clave: serradela, biserrula, paradana, hualputra, *Ornithopus* spp., *Biserrula pelecinus*, *Medicago polymorpha*, *Trifolium subterraneum*, *Trifolium vesiculosum*, *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*, producción de MS, producción de semilla.

Estudio realizado en el marco del proyecto FONDECYT 1000608.

¹ Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilmapu, Casilla 426, Chillán, Chile.
E-mail: covalle@quilmapu.inia.cl *Autor para correspondencia.

² Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Casilla 537, Chillán, Chile.

Recibido: 06 de febrero de 2003. Aceptado: 06 de septiembre de 2003.

INTRODUCCIÓN

El área de la precordillera andina, con una altitud entre 300 y 800 m.s.n.m, suelos trumaos profundos y clima mediterráneo perhúmedo, con una precipitación promedio anual superior a 1.200 mm (Del Pozo y Del Canto, 1999), es una de las áreas con mayor potencial ganadero de la zona Centro Sur de Chile (Klee, 2002). Esta ventaja no es bien aprovechada por los productores ganaderos debido a un manejo inadecuado de los recursos, que ha provocado una baja en la productividad de las praderas naturalizadas, dado que esta zona se caracterizó por poseer una importante dotación de ganado, el que fue reemplazado por cultivos y/o trigo (Klee, 2002). Se requiere, por lo tanto, de nuevas alternativas de especies de praderas que permitan mejorar los bajos niveles alcanzados por los sistemas de producción tradicionales.

Las principales limitantes para incrementar de manera significativa la calidad y cantidad de la producción animal, se refieren a rotaciones de cultivo inapropiadas (Rodríguez *et al.*, 1992), ausencia prácticamente total de crecimiento de las praderas en la temporada de invierno y parte del verano, baja diversidad de alternativas pratenses (Chavarría, 2002), y baja producción y persistencia de las praderas de leguminosas anuales debido a la acidez y al bajo contenido de P de los suelos (Rodríguez *et al.*, 2002).

La introducción de nuevas especies de leguminosas forrajeras tiene como objetivo lograr una mayor estabilidad espacio-temporal en la producción de las praderas, con el consiguiente mejoramiento y desarrollo ganadero de la zona. Las leguminosas forrajeras presentan ventajas como son la alta capacidad de fijación de N, que en praderas de trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum*) en condiciones de alta precipitación anual en Australia (> 700 mm) puede llegar a rangos entre 121 y 284 kg de N fijados ha⁻¹ año⁻¹, considerando el N contenido en la biomasa aérea y subterránea (White *et al.*, 2000).

Por otra parte, en la flora de origen mediterráneo, existen especies que se adaptan a condiciones

edafoclimáticas de alto estrés, como las provocadas por la acidez edáfica, bajo nivel de P de los suelos y prolongada sequía. *Biserrula pelecinus* L., es una leguminosa anual nativa de la región mediterránea (Italia, Grecia y Marruecos) (Howieson y Loi, 1994), con crecimiento en otoño, invierno y primavera. Su principal característica es que desarrolla un sistema radicular profundo que le permite soportar períodos prolongados de escasez de agua (Carr *et al.*, 1999; Freebairn y Gardner, 2001), además, es tolerante a suelos ácidos, dado que sus rizobios toleran pH más bajo, en los cuales corrientemente otras especies de leguminosas no son productivas (Howieson *et al.*, 1995; Tang *et al.*, 1998; Freebairn y Gardner, 2001). Se adapta bien en suelos de textura liviana, con profundidad mayor a 70 cm y pluviometría sobre 400 mm año⁻¹. Como desventajas, *B. pelecinus* no se adapta a suelos arcillosos y no tolera inundación o suelos con mal drenaje (Howieson *et al.*, 1995).

Otro grupo de leguminosas lo conforman las serradelas (*Ornithopus* spp.); es un grupo de especies anuales originarias de la cuenca mediterránea (Francia, España, Portugal, Marruecos, Algeria y Túnez) (Duke, 1981), que incluyen entre otras a serradela amarilla (*O. compressus* L.) y serradela rosada o serradela francesa (*O. sativus* Brot.) (Michalk y Revell, 1993). Esta especie realiza simbiosis con *Bradyrhizobium* sp. (Bowman *et al.*, 1995), posee un sistema radicular que permite arraigarse a mayor profundidad que el trébol subterráneo (Freebairn y Gardner, 2001). Las serradelas se adaptan bien a suelos ácidos, livianos y con una profundidad mayor a 60 cm (Freebairn y Gardner, 2001). Presentan menor requerimiento y mayor eficiencia en la absorción y utilización del P que el trébol subterráneo y la hualputra (*Medicago polymorpha*) (Paynter, 1990). El forraje tiene alto valor nutritivo (Freebairn y Gardner, 2001) y no contiene sustancias estrógenas que causen infertilidad en ovejas (Clark, 1998). No tolera suelos arcillosos ni anegamientos prolongados (Freebairn y Gardner, 2001).

El trébol balansa (*Trifolium michelianum* Savi) es otra especie leguminosa anual de origen

mediterráneo (Turquía) (Ovalle *et al.*, 1997). Se adapta bien en la mayoría de los suelos donde crece el trébol subterráneo, con excepción de aquellos arenosos profundos (Lattimore *et al.*, 1999) y los arcillosos alcalinos de pobre drenaje. Además, es moderadamente tolerante a la salinidad y a la inundación (Dear *et al.*, 2000), convirtiéndose en una alternativa de cultivo en rotaciones después de arroz (*Oryza sativa* L.) (Lattimore *et al.*, 1994). Posee altos requerimientos de P, presentando menores producciones de MS que el trébol subterráneo cuando no se aplica o se aplica en dosis bajas este nutriente (Bolland, 1993). El forraje tiene alto valor nutritivo, con bajo nivel de estrógenos y es muy palatable para los animales (Lattimore *et al.*, 1999).

El trébol persa (*Trifolium resupinatum*) es una leguminosa anual, originaria de la región mediterránea (Turquía, Afganistán, Portugal, Grecia, Irán e Irak) (Dear *et al.*, 2000). Se adapta a distintos tipos de suelo, de preferencia en suelos arcillosos con pH de 5 a 8, además resiste períodos prolongados de inundación (Lacy *et al.*, 1999). El forraje es altamente nutritivo (Stockdale, 1993; Dear *et al.*, 2000). No posee sustancias estrógenas que puedan causar infertilidad en ovejas (Stockdale, 1993). Las semillas son muy pequeñas, aproximadamente 1.720.000 unidades kg⁻¹ (Ovalle *et al.*, 2003). Como desventajas, la especie es susceptible a deficiencias de P y sensible a algunos herbicidas usados comúnmente en las leguminosas (Lacy *et al.*, 1999).

El trébol vesiculoso (*Trifolium vesiculosum*) es una leguminosa anual, originaria de la región mediterránea (Italia, Grecia y sur de Rusia) (Duke, 1981). Tiene un desarrollo radicular profundo, el cual le permite extraer nutrientes y agua, con lo que extiende el período de crecimiento y permanece verde por más tiempo que las pasturas anuales y otras leguminosas tradicionales. Se adapta a un amplio rango de tipos de suelos, pero crece mejor en suelos arenosos bien drenados; no resiste períodos prolongados de anegamiento. Se adapta mejor en suelos con pH ácido a neutro, en áreas con más de 600 mm de precipitación (Ewing, 2000).

En el presente artículo se informan los primeros resultados de un experimento de campo en donde se evaluaron cultivares de *O. compressus*, *O. sativus*, *B. pelecinus*, *T. michelianum*, *T. resupinatum*, y *T. vesiculosum*, los que fueron comparados con *M. polymorpha* y *T. subterraneum*, en la precordillera andina de la VIII Región de Chile, durante tres años. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el comportamiento productivo de las especies y accesiones de leguminosas forrajeras anuales de manera de seleccionar materiales que se adapten, persistan y presenten altas producciones de MS y semilla en esta zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el fundo San Pedro, ubicado en la precordillera andina, comuna de San Ignacio, Provincia de Ñuble, VIII Región (36°49' lat. Sur, 71°45' long. Oeste, 340 m.s.n.m.), durante las temporadas 2000 a 2002, en un suelo "trumao" serie Santa Bárbara (Hashy, mesic typic Haploxerands) (Stolpe y Kuzila, 2002).

Se evaluaron distintas especies de leguminosas forrajeras anuales, las que correspondieron a: seis cultivares de *Ornithopus compressus*, una accesión y un cultivar de *Ornithopus sativus*, un cultivar y dos accesiones de *Biserrula pelecinus*, y un cultivar de cada una de las siguientes especies: *Trifolium michelianum*, *Trifolium resupinatum*, *Trifolium vesiculosum* y *Medicago polymorpha* (Cuadro 1). Como testigo se utilizó trébol subterráneo (*Trifolium subterraneum* var. *subterraneum*) cv. Mount Barker. La semilla se obtuvo de los bancos de germoplasma del Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture (CLIMA) del oeste de Australia y del Centro di Studio sui Pascoli Mediterranei (CNR), Sassari, Italia.

La siembra se realizó el 22 de abril de 2000; las semillas se inocularon previamente con el rizobio específico. Cada accesión y cultivar se sembró con una máquina sembradora de ensayos (Planet Junior, USA), en hileras a 20 cm, en parcelas de 12 m² (2 x 6 m), con la siguiente dosis de semilla: 16 kg ha⁻¹ para *M. polymorpha* y *T. subterraneum*,

9 kg ha⁻¹ para *B. pelecinus* y *T. michelianum*, 12-14 kg ha⁻¹ para *Ornithopus* spp., y 15 kg ha⁻¹ para *T. resupinatum* y *T. vesiculosum*.

El análisis inicial del suelo, evaluado a 10 cm de profundidad, indicó un nivel medio de P Olsen (20 mg kg⁻¹), 20 mg kg⁻¹ de N (Bremner, 1965), K 60 mg kg⁻¹, 16% de MO y pH 5,7. La fertilización básica al establecimiento fue de 93 kg ha⁻¹ de S más 198 kg ha⁻¹ de CaO como fertiyeso, 200 kg ha⁻¹ P₂O₅ como superfosfato triple, 10 kg ha⁻¹ de B a la forma de boronatrocalcita y 50 kg ha⁻¹ de S como sulfato de potasio. Para corregir deficiencias se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de N como urea y 100 kg ha⁻¹ de K₂O a la forma de muriato de potasio.

Anualmente se aplicó una fertilización de mantención correspondiente a 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triple), 50 kg ha⁻¹ de K₂O (muriato de potasio), 20 kg ha⁻¹ de B (boronatrocalcita), y 93 kg ha⁻¹ de S más 198 kg ha⁻¹ de CaO (fertiyeso). En cuanto a fertilización, el tipo y dosis que se utilizó es la recomendada por Acuña *et al.* (1990) en suelos con características similares.

El control químico de malezas gramíneas se realizó aplicando Fluazifop-p-butyl (H-Uno Super, 1 L ha⁻¹); además se realizaron dos limpiezas

manuales para el control de malezas de hoja ancha.

Los datos climáticos de temperatura promedio mensual para las tres temporadas de evaluación y las precipitaciones totales mensuales durante la temporada 2002, se presentan en las Figuras 1 y 2, respectivamente.

Evaluaciones

La densidad de plantas se evaluó durante las temporadas 2000 y 2001 realizando un recuento a partir de muestras extraídas en cilindros de 78,5 cm², a razón de 10 muestras por parcela, en los meses de julio y agosto, respectivamente. El porcentaje de plantas noduladas se determinó a los 150 días de realizada la siembra, en base a la observación y recuento de plantas con y sin nódulos.

El daño por heladas se evaluó mediante estimaciones visuales en cada parcela y en base a la asignación de notas en una escala de 1 a 6, que expresan el porcentaje del follaje afectado, según la siguiente escala determinada por los autores: 1 (0% daño), 2 (10% daño), 3 (25% daño), 4 (50% daño), 5 (75% daño) y 6 (100% daño). La evaluación se realizó en septiembre de 2000.

Cuadro 1. Identificación de los cultivares y accesiones evaluados en la Precordillera andina.
Table 1. Identification of the cultivars and accessions evaluated on the Andean foothills.

Especie	Nombre común	Cultivar o accesión
<i>Ornithopus compressus</i>	Serradela amarilla	Pitman Madeira Tauro Santorini Ávila Charano
<i>Ornithopus sativus</i>	Serradela rosada	acc. SP 1/13 0662 Cádiz
<i>Biserrula pelecinus</i>	Biserrula	acc. Mor99 acc. Mor96 Casbah
<i>Medicago polymorpha</i>	Hualputra	Cauquenes-INIA
<i>Trifolium vesiculosum</i>	Trébol vesiculoso	—
<i>Trifolium michelianum</i>	Trébol balansa	Paradana
<i>Trifolium resupinatum</i>	Trébol persa	Kymbro
<i>T. subterraneum</i> subsp. <i>subterraneum</i>	Trébol subterráneo	Mount Barker

—: sin información.

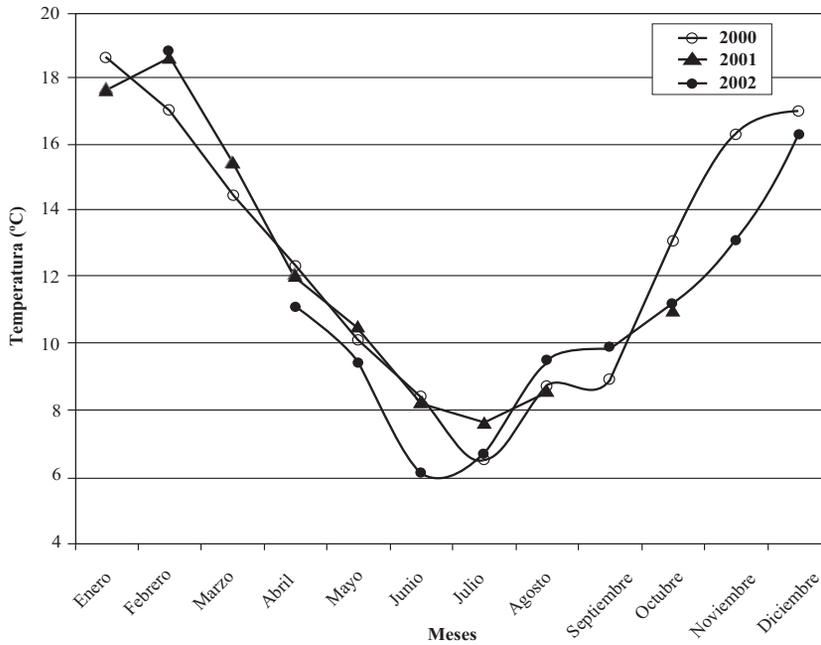


Figura 1. Temperatura promedio mensual en el sitio experimental (San Pedro, VIII Región), durante tres temporadas de evaluación.

Figure 1. Monthly average temperature at the experimental site (San Pedro, VIII Region, Chile) during three evaluation seasons.

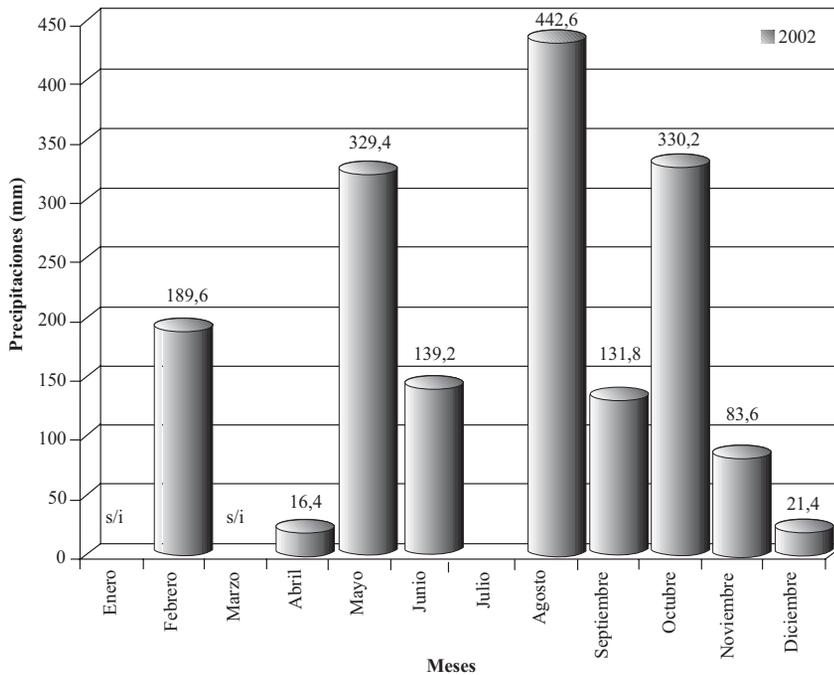


Figura 2. Precipitaciones mensuales en el sitio experimental (San Pedro, VIII Región), durante la temporada 2002.

Figure 2. Average monthly rainfall at the experimental site (San Pedro, VIII Region, Chile) during the 2002 season.

s/i: sin información.

La producción de fitomasa, en base MS, se evaluó en dos cortes por año durante tres años. La evaluación se realizó mediante el corte de la fitomasa circunscrita en un cuadrante de 1 m², a razón de un cuadrante por parcela. El material evaluado se secó en horno con circulación de aire forzado a 70°C por 72 h. La producción de frutos y semillas se evaluó mediante cuadrantes de 20 x 20 cm a razón de cinco muestras por parcela. Posteriormente se realizó separación manual y trilla del material correspondiente a cada cuadrante.

El porcentaje de semilla dura se evaluó en dos oportunidades. La primera, una vez terminado el ciclo de crecimiento anual de las plantas (diciembre); para ello se realizó un test de germinación a un grupo de 50 semillas por tratamiento. Otro grupo de semillas permaneció expuesto al ambiente durante toda la estación estival, lo que permitió conocer el porcentaje de semillas duras al otoño siguiente (mayo), época de germinación natural de las semillas en el siguiente ciclo anual de crecimiento. Para este efecto, las semillas se dispusieron al interior de marcos de madera de 20 x 20 cm, con una base de tela y una cubierta de malla, en las mismas parcelas, durante todo el período estival. En mayo, estas semillas se llevaron desde las parcelas a una cámara de germinación y se dispusieron en placas Petri. Se mantuvieron con humedad constante por 20 días, a 15°C, período en el cual se registró la germinación producida.

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, y el tamaño de las parcelas fue de 12 m². Los resultados obtenidos fueron sometidos a ANDEVA. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó el método de comparaciones múltiples de Duncan, con un nivel de significación de 5%. En la evaluación de semilla dura, el diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

En la evaluación del porcentaje de plantas noduladas, daño por heladas y porcentaje de semillas duras, previo al análisis estadístico se realizó la transformación de los porcentajes a distribución normal mediante la fórmula $\arccos \sqrt{\%}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de plantas

En el cuadrante superior derecho de la Figura 3, se ubican las accesiones y cultivares cuya autosiembra fue superior a la media, dado que presentaron la más alta densidad de plantas en la segunda y tercera temporada de evaluación. Éstos correspondieron al testigo trébol subterráneo cv. Mount Barker, *O. sativus* cv. Cadiz, *O. compressus* cv. Pitman y a *T. michelianum* cv. Paradana. La accesión SP 1/13 0662 de *O. sativus* junto al cv. Ávila de *O. compressus*, también mostraron un comportamiento de autosiembra adecuado, ya que a pesar de haber presentado una relativa baja densidad de plantas en la segunda temporada (2001) la población fue alta en la tercera (2002) (Figura 3, cuadrante superior izquierdo).

El *T. vesiculosum* presentó una población de plantas más constante, en un rango de 2.500 a 3.500 plantas por metro cuadrado, equivalente al promedio del experimento en ambas temporadas. El trébol persa (*T. resupinatum*) y el cv. Tauro de *O. compressus* presentaron una alta población de plantas en la segunda temporada (2001), pero ésta descendió fuertemente en la temporada 2002. Todas las biserrulas, la hualputra, y los cvs. Santorini y Charano de *O. compressus*, presentaron una baja densidad de plantas en ambas temporadas, lo que se reflejó en su baja producción de fitomasa en las tres temporadas de evaluación (Cuadro 2). Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Devenish (2002), quien, evaluando un grupo de leguminosas en Australia durante tres temporadas, encontró que las especies que presentaron una mayor densidad de plántulas fueron las que presentaron la mayor producción de MS. La disminución casi generalizada en el número de plantas durante la tercera temporada pudo deberse a que en ésta se registraron temperaturas invernales menores en relación a las otras temporadas de evaluación (Figura 1), la mayor parte de las serradelas de mayor precocidad (cvs. Charano y Santorini) fueron afectadas por las heladas. Además, la población de plantas se vio afectada por un evento precoz de precipitaciones ocurrida la última semana de

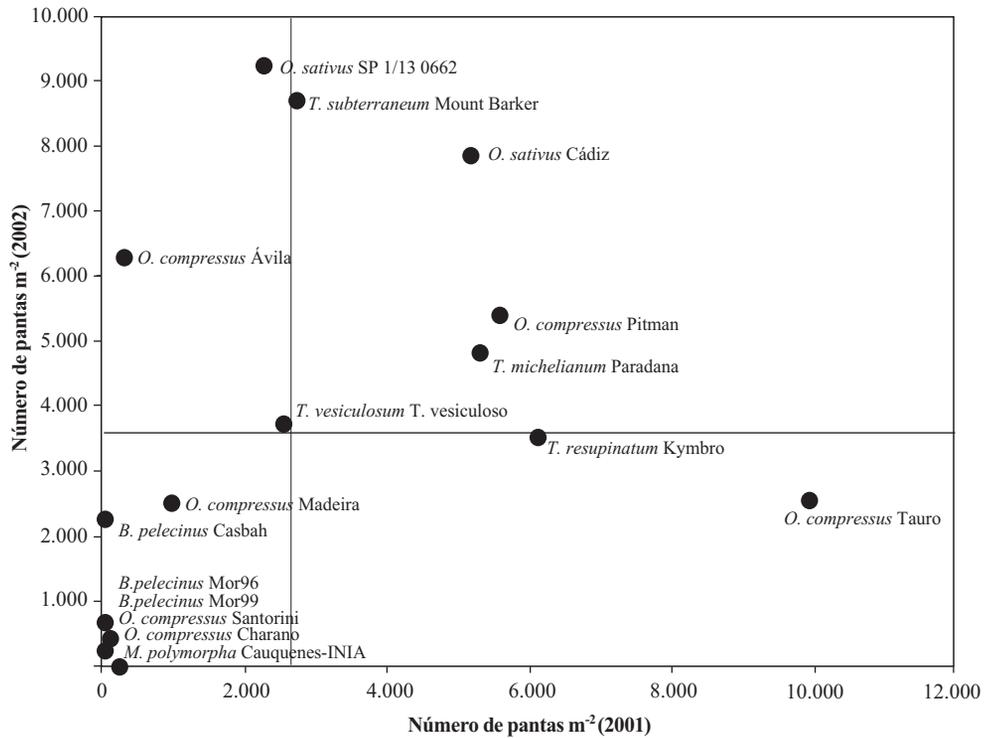


Figura 3. Población de plantas (N° plantas m⁻²) durante dos temporadas de evaluación.

Figure 3. Plant population (N° plants m⁻²) for two seasons of evaluation.

O.: *Ornithopus*; B.: *Biserrula*; M.: *Medicago*; T.: *Trifolium*.

Cuadro 2. Producción de fitomasa (kg ha⁻¹ año⁻¹) durante tres temporadas de evaluación.

Table 2. Phytomass production (kg ha⁻¹ yr⁻¹) for three seasons of evaluation.

Especie	Cultivar o accesión	Fitomasa (kg ha ⁻¹)			
		2000	2001	2002	Total
<i>Ornithopus compressus</i>	Ávila	3.049 ab	1.691 cdef	5.190 a	9.930
	Madeira	1.224 de	2.036 bcde	4.785 a	8.045
	Pitman	948 e	3.562 b	4.464 a	8.974
	Santorini	1.037 de	223 fg	704 bc	1.964
	Charano	582 e	136 fg	1.195 bc	1.913
	Tauro	1.434 de	5.503 a	1.787 bc	8.724
<i>Ornithopus sativus</i>	acc. SP 1/13 0662	2.119 bcd	2.109 bcde	1.536 bc	5.764
	Cádiz	1.555 cde	2.537 bcd	271 c	4.363
<i>Biserrula pelecinus</i>	acc. Mor99	1.438 de	0 g	813 bc	2.251
	Casbah	779 e	0 g	1.120 bc	1.899
	acc. Mor96	1.356 de	0 g	12 c	1.368
<i>Medicago polymorpha</i>	Cauquenes INIA	1.004 de	152 fg	0 c	1.156
<i>Trifolium vesiculosum</i>	—	3.916 a	625 efg	4.876 a	9.417
<i>Trifolium michelianum</i>	Paradana	1.018 de	2.825 bc	1.861 bc	5.704
<i>Trifolium resupinatum</i>	Kymbro	1.661 cde	1.229 defg	1.169 bc	4.059
<i>Trifolium subterraneum</i>	M. Barker	2.583 bc	2.154 bcde	3.280 ab	8.017

—: sin información.

Valores con igual letra en columnas no presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según prueba de Duncan.

febrero de 2002, lo cual provocó un efecto de “partida falsa”, fenómeno que consiste en la germinación de las semillas por una lluvia temprana de otoño o verano y la muerte posterior de las plántulas por falta de humedad en el suelo.

Porcentaje de plantas noduladas

Los resultados de nodulación de plantas en el primer año de establecimiento, indicaron que en general, las especies presentaron un comportamiento similar. Los tréboles (subterráneo, persa, balansa y vesiculoso), la hualputra, junto a las accesiones y el cultivar de biserrula y la accesión SP 1/13 0662 de *O. sativus*, presentaron un mayor porcentaje de plantas noduladas que superó el 71% (Cuadro 3). Se deduce, por lo tanto, un buen comportamiento y adaptación de las cepas de rizobios *Rhizobium leguminosarum* biovar. *trifolii* y *Mesorhizobium* spp. (Nandasena, 2001) en la zona de estudio. Las serradelas en cambio, presentaron menores porcentajes de plantas noduladas, a excepción de Madeira, Charano y SP 1/13 0662 que no presentaron diferencias

significativas ($P \geq 0,05$) frente al trébol subterráneo utilizado como testigo (Cuadro 2). Los bajos porcentajes de plantas noduladas observados en algunos cultivares y accesiones de serradela pudieron deberse a que se trata de una especie completamente nueva para la zona, no existiendo posiblemente inoculaciones previas ni poblaciones naturales de *Bradyrhizobium* spp.

Daño causado por heladas

El daño causado por heladas, producto de las bajas temperaturas invernales que caracterizan el clima de la precordillera andina, se evaluó en el primer año de establecimiento. El efecto fue mayor en las serradelas, presentando diferencias significativas respecto de lo observado en la mayoría de los tréboles y algunas biserrulas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 3). Los cultivares más precoces (días a floración) (Ovalle *et al.*, 2003) de serradela amarilla fueron los más afectados, en particular Charano y Santorini, de la misma manera que el cv. Cádiz de serradela rosada.

Cuadro 3. Porcentaje de plantas noduladas, daño causado por heladas y porcentaje de semillas duras en la primera temporada.

Table 3. Percentage of nodulated plants, frost damage and percentage of hard seeds in the first season.

Especie	Cultivar o accesión	Plantas noduladas (%)	Daño por helada (%)	Dureza seminal (%) ¹
<i>Ornithopus compressus</i>	Ávila	38 de	30 abcd	100 a
	Madeira	63 abcd	44 ab	99 a
	Pitman	46 cde	38 abc	92 abc
	Santorini	48 cde	53 a	100 a
	Charano	63 abcd	55 a	100 a
	Tauro	54 bcd	45 ab	67 d
<i>Ornithopus sativus</i>	acc. SP 1/13 0662	84 abc	36 abc	96 ab
	Cádiz	13 e	53 a	4 f
<i>Biserrula pelecinus</i>	acc. Mor99	100 a	18 bcd	88 bc
	Casbah	81 abc	16 bcd	98 a
	acc. Mor96	94 ab	13 cd	96 ab
<i>Medicago polymorpha</i>	Cauquenes INIA	71 abcd	18 bcd	96 ab
<i>Trifolium vesiculosum</i>	—	100 a	10 cd	89 bc
<i>Trifolium michelianum</i>	Paradana	100 a	19 bcd	85 c
<i>Trifolium resupinatum</i>	Kymbro	93 ab	29 abcd	92 abc
<i>Trifolium subterraneum</i>	M. Barker	100 a	3 d	43 e

—: sin información.

¹ Evaluación realizada en otoño.

Valores con igual letra en columnas no presentan diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según prueba de Duncan.

El trébol vesiculoso, especie de fenología tardía (Ovalle *et al.*, 2003) registró un bajo porcentaje de daño. Las accesiones y cultivares de biserrula presentaron un nivel de daño moderado, no diferenciándose significativamente del trébol subterráneo y de la hualputra utilizados como testigos (Cuadro 2). En general, los menores porcentajes de daño por frío se encuentran asociados a las especies y accesiones que presentan una mayor concentración de carbohidratos solubles en la planta (Sánchez *et al.*, 2000), lo que las hace más resistentes.

Dureza seminal

Los porcentajes de dureza seminal, evaluados en otoño, indican que la mayoría de los cultivares y accesiones registraron altos porcentajes de semilla dura (Cuadro 2), con excepción de la serradela cv. Cádiz que presentó sólo un 4% de semilla dura y los cvs. Mount Barker de trébol subterráneo y Tauro de serradela amarilla, que presentaron una dureza de un 43 y 67%, respectivamente, diferenciándose significativamente ($P \leq 0,05$) de las demás especies y cultivares. Las biserrulas presentaron un alto porcentaje de semillas duras, superior al 90%, lo cual concuerda con estudios realizados con esta especie en otras zonas (Ovalle *et al.*, 2003). Todas las especies de *O. compressus*, a diferencia de *O. sativus* que tiene semillas blandas (Bolland, 1985), tienen altos porcentajes de semilla dura que varían entre 60 y 95% (Freebairn y Gardner, 2001), y germinan sólo una vez producido el proceso de ablandamiento provocado por las diferencias térmicas entre el día y la noche, por el entierro de las semillas en ausencia de luz (Taylor y Revell, 1999; Sulas *et al.*, 2000) y/o por el pisoteo de los animales (Revell *et al.*, 1999), en las temporadas subsiguientes a la siembra, en especial después de los dos primeros años (Revell *et al.*, 1998). En general, los altos porcentajes de semilla dura confieren a las praderas una mayor persistencia en el tiempo y disminuyen el riesgo de desaparición de la especie por la ocurrencia de partidas falsas (Bolland, 1985).

Producción de semillas

La Figura 4 muestra la producción de semillas durante las temporadas 2000 y 2001. En el cuadrante superior derecho se encuentran las

especies que presentaron una producción de semilla superior a la media en ambas temporadas; éstas fueron el trébol subterráneo cv. Mount Barker y trébol vesiculoso, especie que además presenta un tamaño de semilla pequeño (Ovalle *et al.*, 2003). En el cuadrante superior izquierdo se encuentran las especies que presentaron una alta producción en la segunda temporada (2001), y correspondieron a *O. compressus* cvs. Tauro y Pitman, *O. sativus* cv. Cádiz y trébol balansa cv. Paradana. Los cvs. Pitman, Cádiz y Paradana también presentaron una alta densidad de plantas en las temporadas 2001 y 2002 (Figura 3).

Las biserrulas accesiones Mor96 y Mor99 presentaron una producción de semillas superior a la media del experimento en la primera temporada, pero no tuvieron producción en la segunda temporada. El cv. Santorini de *O. compressus* presentó una buena producción en la primera temporada, pero ésta descendió abruptamente durante la segunda temporada de evaluación. El resto de las especies presentaron una baja producción durante las dos temporadas de evaluación (cuadrante inferior izquierdo, Figura 4).

Producción de fitomasa

En la primera temporada de evaluación, el trébol vesiculoso presentó la mayor producción con aproximadamente 4 t MS ha⁻¹ año⁻¹ junto a *O. compressus* cv. Ávila (Cuadro 3). Un segundo grupo de alta producción, que no difirió estadísticamente del testigo trébol subterráneo cv. Mount Barker lo constituyeron el cv. Kymbro de *Trifolium resupinatum* y el cv. Cádiz y la accesión SP1/13 0662 de serradela rosada. Las biserrulas presentaron una baja producción, así como el trébol paradana, la hualputra y el resto de los cvs. de serradela amarilla, los que se diferenciaron significativamente ($P \leq 0,05$) del testigo trébol subterráneo cv. Mount Barker.

En la segunda temporada, el cv. Tauro de serradela amarilla fue el más productivo, superando estadísticamente a todas las especies evaluadas. Un segundo grupo lo constituyeron las serradelas amarilla cvs. Pitman y Madeira y el cv. Cádiz y la accesión SP 1/13 0662 de serradela rosada, los que presentaron producciones

estadísticamente similares al testigo Mount Barker junto con el trébol paradana. En esta temporada y al igual que en la anterior, las biserrulas, las serradelas cvs. Charano y Santorini, y la hualputra presentaron las menores producciones (Cuadro 3).

Solamente a partir de los antecedentes de la tercera temporada, es posible visualizar más claramente aquellas especies con mayor potencial de productividad y persistencia para el área de precordillera andina. De acuerdo a lo que se observa en el Cuadro 2, las especies no mostraron un patrón de comportamiento productivo similar entre años. Factores como la diferente población inicial de plantas a partir del segundo año, provocada por las diferencias en dureza seminal (Ovalle *et al.*, 2003), y derivadas

de las condiciones pluviométricas y térmicas cambiantes, hicieron la producción muy variable entre años.

Sin embargo, un patrón de comportamiento relativamente comparable fue observado en *T. vesiculosum* y *O. compressus* cv. Ávila. Ambas especies fueron las más productivas considerando las tres temporadas, presentaron un buen establecimiento en el primer año, una relativa baja producción en el segundo año, derivado de la alta dureza seminal de ambas, y al tercer año lograron una expresión máxima del rendimiento. Además, el *T. vesiculosum* posee como atributo principal un sistema radicular profundizador, que le permite aprovechar el agua disponible en profundidad y prolongar así significativamente su estación de crecimiento (Oram, 1990).

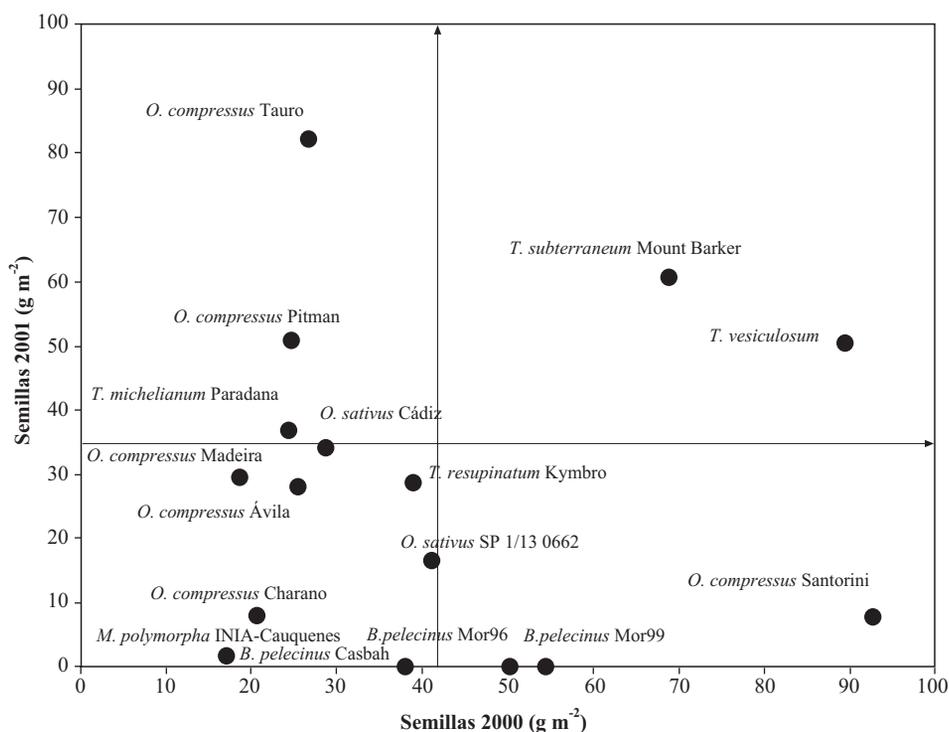


Figura 4. Producción de semilla (g m⁻²) durante dos temporadas de evaluación.

Figure 4. Seed production (g m⁻²) during two seasons of evaluation.

O.: *Ornithopus*; B.: *Biserrula*; M.: *Medicago*; T.: *Trifolium*.

Algo similar se observó en los cvs. Pitman y Madeira de *O. compressus*, distinguiéndose por un alto rendimiento en la tercera temporada. Esta especie presenta además un arraigamiento profundo, por lo que aprovecha mejor que otras especies la humedad edáfica (Paynter, 1990; Revell *et al.*, 1999). El patrón de comportamiento productivo del testigo trébol subterráneo Mount Barker fue diferente de las especies anteriores en el sentido que presentó una producción más estable entre años, debido probablemente a su menor dureza seminal, con lo cual superó en producción a varias especies de *Ornithopus* y tréboles, especialmente en el segundo año, y tuvo, además, un buen establecimiento el primer año, sumado a que nodula adecuadamente y tolera bien las bajas temperaturas invernales. Sin embargo, la producción acumulada en un período de tres años fue superada por las especies anteriormente mencionadas (Cuadro 2).

El *T. michelianum* cv. Paradana y *T. resupinatum* cv. Kymbro no presentaron en el conjunto de los años una alta persistencia de la producción en precordillera andina. Presumiblemente, ambas especies, de conocida adaptación a suelos de texturas pesadas sujetos a condiciones de hidromorfismo temporal (Bolland, 1993; Craig y Ballard, 2000), no encontraron en la precordillera las condiciones edáficas óptimas para la expresión de un adecuado crecimiento y producción. Este resultado preliminar debiera ser confirmado a futuro con estudios más detallados sobre la adaptación de estas especies a estos ambientes, incluyendo otros cultivares y una mayor diversidad de condiciones de suelo y clima.

Las accesiones y el cultivar de *B. pelecinus* presentaron consistentemente bajos niveles de producción en los tres años. Igual comportamiento experimentó *M. polymorpha* cv. Cauquenes INIA (Cuadro 2). Sin embargo, en el marco del presente estudio no fue posible establecer relaciones causales del comportamiento subóptimo de estas especies. Condiciones térmicas invernales demasiado severas en el caso de las biserrulas (Howieson *et al.*, 1995), baja tolerancia de las cepas de *Rhizobium meliloti* a las condiciones de acidez del suelo, en el caso de

las hualputras (Howieson, 1996), o bien cultivares de fenología muy precoz para el área de estudio, podrían explicar este comportamiento. Evaluaciones mucho más precisas con experimentos en condiciones controladas (Del Pozo y Aronson, 2000; Del Pozo *et al.*, 2002) debieran realizarse a futuro para dilucidar el comportamiento de los tres géneros evaluados frente a la variable térmica, la cual es un factor de selección primordial en la precordillera andina.

Los cultivares de *O. sativus* (serradela rosada) no presentaron un comportamiento adecuado en el conjunto de años evaluados. La producción del tercer año fue baja, especialmente en el cv. Cádiz. La ausencia de dureza seminal en esta especie, hace que sea especialmente vulnerable a las falsas partidas (Bolland, 1985). Adicionalmente, el daño por heladas ocurrido (datos no presentados) en la tercera temporada afectó de manera drástica la producción.

CONCLUSIONES

Trifolium vesiculosum destacó en el período de tres años, por una alta producción de fitomasa y semillas, adecuada persistencia, buena nodulación, y tolerancia a las bajas temperaturas invernales.

Los cultivares de serradela amarilla (*Ornithopus compressus*) de fenología más tardía (cvs. Ávila, Pitman y Tauro) presentaron una alta producción, adaptándose a suelos trumaos de precordillera andina, debido fundamentalmente a sus requerimientos de suelo de textura liviana y pH ácido.

El cv. Casbah y las accesiones Mor 96 y Mor 99 de *Biserrula pelecinus* presentaron bajos niveles de producción en los tres años. Igual comportamiento experimentó *Medicago polymorpha* cv. Cauquenes INIA.

Trifolium michelianum cv. Paradana, *Trifolium resupinatum* cv. Kymbro, y los cultivares evaluados de *Ornithopus sativus* no presentaron en precordillera andina una persistencia de la producción superior al testigo en el conjunto de los años.

LITERATURA CITADA

- Acuña, H., P. Soto, G. Klee, N. Rodríguez, C. Ovalle, y G. Martínez. 1990. Dosis de fósforo y potasio en trébol subterráneo en la precordillera andina de la Región del Bío-Bío. *Agric. Téc. (Chile)* 50:7-16.
- Bolland, M. 1985. Serradella (*Ornithopus* sp.): Maturity range and hard seed studies of some strains of five species. *Aust. J. Exp. Agric.* 25:580-587.
- Bolland, M. 1993. Comparative phosphorus requirements of *Trifolium balansae* and *T. subterraneum* measured at the same plant density. *Aust. J. Exp. Agric.* 33:307-318.
- Bowman, A., D. Hebb, D. Munnich, G. Rummery, and J. Brockwell. 1995. Field persistence of *Bradyrhizobium* sp. (Lupinus) inoculant for serradella (*Ornithopus compressus* L.). *Aust. J. Exp. Agric.* 35:357-365.
- Bremner, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. Part 2. p. 1179-1237. In C.A. Black *et al.* (eds.). *Methods of soil analysis*. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Carr, S.J., A. Loi, J.H. Howieson, and C. Porqueddu. 1999. Attributes of *Biserrula pelecinus* L. (biserrula): A new pasture legume for sustainable farming on acidic sandy soils in Mediterranean environments. *Cahiers Options Méditerranéennes* 39:87-90.
- Clark, S. 1998. Serradella: a pasture legume for deep acid soils. 3 p. Available at <http://www.nre.vic.gov.au> Accessed: July 2001.
- Craig, A.D., and R. Ballard. 2000. Balansa clover (*Trifolium michelianum*) – a forage legume for temperate pastures. *Cahiers Options Méditerranéennes* 45:177-180.
- Chavarría, J. 2002. Praderas suplementarias recomendadas para los secanos de la precordillera andina de la Región del Bío-Bío. Boletín N° 93. p. 35-44. In Klee, G. (ed.). *Sistema vaca-ternero*. Precordillera Andina Región del Bío-Bío. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Dear, B., J. Lacy, and G. Sandral. 2000. Persian clover. 11 p. Available at <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/5487>. Accessed: August 2001.
- Del Pozo, A., y P. Del Canto. 1999. Áreas agroclimáticas y sistemas productivos en la VII y VIII Regiones. p. 53-54. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Del Pozo, A., and J. Aronson. 2000. Ecophysiology of annual legumes. *Cahiers Options Méditerranéennes* 45:223-230.
- Del Pozo, A., C. Ovalle, J. Aronson, and J. Avendaño. 2002. Ecotypic differentiation in *Medicago polymorpha* along an environmental gradient in central Chile. II. Winter growth as related to phenology and temperature. *Plant Ecology* 160:53-59.
- Devenish, K. 2002. Selecting the right variety for phase pasture systems. Department of Agriculture, Jerramungup (formerly Northam). (On line) Available at http://www.agric.wa.gov.au/cropupdates/2002/farm_systems/article17.pdf Accessed: August 2002.
- Duke, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. p. 181-267. Plenum Press, New York, USA.
- Ewing, M. 2000. CLIMA Pasture Cultivars. 3 p. Available at <http://www.clima.uwa.edu.au/products/pastures.htm>. Accessed: August 2001.
- Freebairn, B., and P. Gardner. 2001. Serradella. 28 p. Available at <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/7746>. Accessed: January 2002.
- 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 (Serifos), 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.* 46:97-1009.
- Klee, G. 2002. La precordillera andina de la Región del Bío-Bío, características y potencialidad para producir carne bovina. Boletín N° 93. p. 9-14. In Klee, G. (ed.). *Sistema vaca-ternero*. Precordillera Andina Región del Bío-Bío. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Lacy, J., C. Bourke, and K. Condon. 1999. Persian clover. 3 p. Available at <http://www.agric.nsw.gov.au> Accessed: July 2001.

- Lattimore, M., H. Beecher, and K. O'Callaghan. 1994. Establishment and early growth after rice of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*), persian clover (*T. resupinatum*), balansa clover (*T. michelianum*), and white clover (*T. repens*). *Aust. J. Exp. Agric.* 34:459-467.
- Lattimore, M., C. Bourke, B. Dear, and G. Sandral. 1999. Balansa clover. 3 p. Available at <http://www.agric.nsw.gov.au> Accessed: July 2001.
- Michalk, D., and C. Revell. 1993. Serradella (*Ornithopus* spp.) research: An Australian overview. p. 39-46. In Michalk, D., Craig, A. and Collins (eds.). *Alternative Pasture Legumes 1993*. Technical Report N° 219. Primary Industries. Orange, NSW, Australia.
- Nandasena, K. 2001. The taxonomy and diversification of root nodule bacteria from the pasture legume *Biserrula pelecinus* L. p. 15-17. *Annual Report*. Centre for Rhizobium Studies, Melbourne, 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., P. Bustos, A. Del Pozo, J. Avendaño, y S. Arredondo. 2003. Caracterización preliminar de una colección de leguminosas forrajeras anuales para la Zona Mediterránea. *Agric. Téc. (Chile)* 63:156-168.
- Ovalle, C., F. Squella, S. Arredondo, A. Del Pozo, y J. Avendaño. 1997. Trébol balansa (*Trifolium michelianum*) una leguminosa forrajera promisoría para sistemas pastorales del secano mediterráneo de Chile. *Agric. Téc. (Chile)* 57:50-57.
- Paynter, B. 1990. Comparative phosphate requirements of yellow serradella (*Ornithopus compressus*), burr medic (*Medicago polymorpha* var. *brevispina*) and subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). *Aust. J. Exp. Agric.* 30:507-514.
- Revell, C.K., G.B. Taylor, and P.S. Cocks. 1998. Long-term softening of surface and buried hard seeds of yellow serradella grown in range of environments. *Aust. J. Agric. Res.* 49:673-685.
- 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.
- Rodríguez, N., F. Silva, y C. Belmar. 1992. Factores que inciden en la producción de trigo en la región centro-sur. II. Rotaciones para los suelos de la precordillera andina. *Agric. Téc. (Chile)* 52:11-17.
- Rodríguez, N., G. Klee, y J. Chavarría. 2002. La fertilidad del suelo y la producción de forrajes de las praderas en la precordillera andina. *Boletín N° 93*. p. 67-80. In Klee, G. (ed.). *Sistema vaca-ternero*. Precordillera Andina Región del Bío-Bío. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Sánchez, M., M. Hekneby, and M. Antolín. 2000. Cold tolerance of forage legumes growing in controlled continental Mediterranean conditions. *Cahiers Options Méditerranéennes* 45:265-270.
- Stockdale, C. 1993. The nutritive value of Persian clover (*Trifolium resupinatum*) herbage grown under irrigation in northern Victoria. *Aust. J. Agric. Res.* 44:1557-1576.
- Stolpe, N.B., and M.S. Kuzila. 2002. Relative mobility of atrazine, 2,4-D and dicamba in volcanic soils of south central Chile. *Soil Sci.* 167:338-345.
- Sulas, L., A. Franca, and S. Caredda. 2000. Persistence and regeneration mechanism in forage legumes. *Cahiers Options Méditerranéennes* 45:331-342.
- Tang, C., L. Barton, and C. Raphael. 1998. Pasture legume species differ in their capacity to acidify soil. *Aust. J. Agric. Res.* 49:53-58.
- Taylor, G., and C. Revell. 1999. Effect of burial, light, and temperature on seed softening in yellow serradella. *Aust. J. Agric. Res.* 50:1203-1209.
- White, R.E., K.R. Helyar, A.M. Ridley, D. Chen, L.K. Heng, J. Evans, *et al.* 2000. Soil factors affecting the sustainability and productivity of perennial and annual pastures in the high rainfall zone of south-eastern Australia. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:267-283.