

# LOS MEDICAGOS ANUALES EN CHILE. II. ECOFISIOLOGIA<sup>1</sup>

## The annual medics in Chile. II. Ecophysiology

Alejandro del Pozo L.<sup>2</sup>, Carlos Ovalle M.<sup>2</sup> y Julia Avendaño R.<sup>3</sup>

### SUMMARY

In this second paper of the series, the influence of environmental factors on the development, growth and nitrogen fixation, is analyzed.

Some ecophysiological factors of the annual medics, such as percentage of hard seeds, variations in their growing cycle, seed production, and symbiotic nitrogen fixation are discussed, with the objective to understand their adaptation to the Chilean bioclimatic conditions and to give a basic information for future investigations.

### INTRODUCCION

En Chile, los medicagos anuales se encuentran en forma naturalizada, desde la zona Mediterránea árida hasta la zona Mediterránea perhúmeda, siendo *M. polymorpha* la especie más abundante (del Pozo, Ovalle y Avendaño, 1989). El período de crecimiento en estos ambientes varía entre 2 y 9 meses y está determinado por la disponibilidad de agua de lluvia, fundamentalmente.

Algunas características ecofisiológicas de los medicagos anuales, tales como el porcentaje de semillas duras (endosperma impermeable al agua), variabilidad del ciclo de crecimiento, producción de semillas y fijación simbiótica de nitrógeno, son los aspectos que se analizan en este artículo, con el objeto de entender la adaptación de éstos a los diferentes bioclimas Mediterráneos de Chile y, a su vez, para que sirva de información base para futuras investigaciones.

### IMPERMEABILIDAD DE LAS SEMILLAS

Una de las características de los medicagos anuales, es que presentan un alto porcentaje de semillas duras, por lo que no germinan durante el primer año de pro-

ducidas (Carter, 1975). Este mecanismo le confiere a la pradera una alta persistencia, bajo condiciones de clima Mediterráneo y la hace especialmente apta para uso en rotaciones con cultivos.

Existen numerosos métodos para aumentar el porcentaje de germinación, a fin de mejorar el establecimiento y reducir la dosis de semilla; con ácido sulfúrico concentrado, ácido giberélico, agua caliente a 100° C (Yadava y otros, 1979), altas temperaturas (sobre 100° C) por pocos segundos (Mott, Cook y Williams, 1982), fluctuaciones de temperatura (Yadava y otros, 1979), métodos mecánicos, etc.

En condiciones naturales, las fluctuaciones en temperaturas a que están expuestos los gloquideos (frutos) durante el verano—otoño, produce el "ablandamiento" o escarificación *in situ* de las semillas (Quinlivan, 1966; Ramos, Gómez y Quinlivan, 1979; Cocks, 1988). Diversos autores demuestran que el tiempo de "escarificación natural" es considerablemente mayor en semillas de medicagos anuales que en las de tréboles subterráneos (Ramos y otros, 1979; Taylor y Ewing, 1988).

En *M. truncatula* (var. Cyprus) y *M. polymorpha* (var. Serena), se encontró que el porcentaje de semillas escurificadas, después de haber pasado un verano sobre el suelo, era inferior al 25%/o; en cambio, en trébol subterráneo (diferentes variedades), éste superaba el 50%/o; en medicagos, el 75%/o de semillas escurificadas se obtuvo después del tercer año (Taylor y Ewing, 1988).

<sup>1</sup> Recepción de originales: 6 de mayo de 1988.

<sup>2</sup> Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>3</sup> Subestación Experimental Cauquenes (INIA), Casilla 165, Cauquenes, Chile.

En *M. polymorpha* (rotación de Cauquenes), el porcentaje de semillas duras a comienzos del verano, es del orden del 90% (Alejandro del Pozo, INIA, no publicado).

Debido a esta característica, los medicagos anuales se adaptan mejor a zonas áridas y a rotaciones intensivas con cereales (por ejemplo, medicago—trigo—medicago), que los tréboles subterráneos (Puckridge y French, 1983).

### FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO

Los procesos de desarrollo postemergencia, como son la fase vegetativa y la reproductiva, son controlados principalmente por tres factores ambientales: temperatura, fotoperíodo y vernalización (Summerfield y Roberts, 1983; Evans, Wardlow y King, 1985).

En *Medicago* spp., se ha encontrado que el fotoperíodo, la vernalización y la temperatura pueden modificar considerablemente el lapso entre emergencia y floración (Clarkson y Russell, 1975; Ruiter y Taylor, 1979). La vernalización de plántulas emergidas, a 1°C y por períodos entre 1 y 7 semanas, redujo notablemente los días entre emergencia y floración, en *M. polymorpha*, *M. truncatula*, *M. littoralis*, *M. tornata* y *M. rugosa*, pero no en *M. scutellata*. Por otro lado, plantas expuestas a un fotoperíodo de 18 hr, florecieron más o menos al mismo tiempo que plantas vernalizadas por 3–5 semanas (Clarkson y Russell, 1975). El efecto de la temperatura en el desarrollo, sólo ocurriría después de que las necesidades de vernalización se han completado (Clarkson y Russell, 1975; Hochman, 1987).

También hay evidencias experimentales de que el estrés hídrico produce un atraso en la floración en *M. polymorpha*, *M. truncatula*, *M. littoralis*, *M. tornata* y *M. rugosa* (Clarkson y Russell, 1976).

Existe una gran variación en precocidad entre las distintas especies y variedades. De las australianas, *M. truncatula* var. Ghor es la más precoz y *M. tornata* var. tornafield es la más tardía (Devitt, Quinlivan y Francis, 1978; Cocks, Mathison y Crawford, 1980). También, existe una amplia variación en precocidad entre poblaciones de distinto origen, como es el caso de *M. truncatula* (Cocks y otros, 1980) y *M. lupulina* (Rumbaugh y Johnson, 1986).

En *M. truncatula*, los días entre emergencia y floración de distintos ecotipos recolectados en la cuenca del Mediterráneo, se correlacionan positivamente con la duración de la estación húmeda del sitio de recolección (Cocks y otros, 1980).

En Chile, la presencia de *M. polymorpha* en los diferentes bioclimas Mediterráneos (Del Pozo, Ovalle y Avendaño, 1989), permite suponer que existe una amplia diversidad de ecotipos de distinta precocidad, lo que constituiría un material genético de gran valor agronómico, del cual se podrían hacer selecciones y obtener variedades de esta especie.

### Tolerancia a Frío

Diversos trabajos demuestran que las variedades australianas son muy susceptibles a heladas; en cambio, tanto las selecciones de *M. rigidula* y *M. rotata* de ICARDA (Siria), como los ecotipos de *M. scutellata* y *M. rigidula* de Montpellier (Francia), presentan una alta tolerancia (Cocks y Ehrman, 1987; Proserpi, Angevain y Masat, 1987). En algunas especies (Ej.: *M. scutellata*) se ha encontrado una correlación positiva entre la resistencia a heladas y el número de días con temperatura mínima bajo 5°C del sitio de origen del ecotipo (Cock y Ehrman, 1987). Es decir, ecotipos provenientes de ambientes fríos, son más resistentes a heladas que los provenientes de climas más templados.

Tanto *M. polymorpha* como *M. arabica* presentan un alto porcentaje de germinación en un rango amplio de temperatura (0–24°C); pero no así variedades australianas de *M. truncatula* (Alejandro del Pozo, INIA, no publicado). A bajas temperaturas (entre 0 y 5°C), el porcentaje de germinación en las especies naturalizadas en Chile es muy superior al de *M. truncatula*. Esto sugiere que, posiblemente, los ecotipos locales tengan una mayor tolerancia a bajas temperaturas que las variedades australianas de *M. truncatula*.

### FIJACION SIMBIOTICA Y APORTE DE NITROGENO AL SUELO

En general, la alta productividad que presentan las leguminosas anuales forrajeras, es el resultado de una efectiva simbiosis con los rizobios del suelo. La interacción *Rhizobium meliloti*, *Medicago* spp. depende tanto de factores ambientales como de las características genéticas de ambos (Brockwell, 1985). Esto ha llevado a realizar numerosos trabajos de selección de *R. meliloti*, para distintas especies y variedades del género *Medicago* y para diferentes ambientes (Brockwell, 1985; ICARDA, 1986).

Entre los factores que afectan la nodulación y la tasa de fijación de nitrógeno se encuentran: la disponibilidad de agua (Puckridge y French, 1983) y de fósforo en el suelo (Dahmane y Graham, 1981; Puckridge y French, 1983; Del Pozo, Rodríguez y Lobos, 1989); el grado de desfoliación (Cocks y otros, 1980; Butler,

1987) y la densidad de plantas (ICARDA, 1984); además: la raza y los niveles poblacionales de rizobios (ICARDA, 1986).

Cuando los medicagos anuales son inoculados con rizobios "apropiados", la fijación simbiótica de nitrógeno puede ser bastante alta (Cuadro 1). Sin embargo, la tasa de fijación tiene una fuerte variación estacional, siendo ésta baja en los meses de otoño e invierno y alta en primavera (ICARDA, 1984; Alston y Puckridge, 1986; Longeri, Figueroa y Celis, 1988).

En suelos graníticos del-secano interior de Cauquenes, el aumento de fósforo y de calcio disponibles, favorecen la inoculación natural en *M. polymorpha* y *M. arabica* (Alejandro del Pozo, INIA, no publicado). Sin embargo, se desconoce como es la distribución y los niveles de densidad poblacional de rizobios en los distintos suelos, sobre todo en condiciones de pH ligeramente ácidos.

Los antecedentes que existen en la literatura demuestran que el aporte de nitrógeno que pueden hacer los medicagos al suelo es bastante alto. En Australia, se han detectado aumentos entre 34 y 80 kg de N/ha/año, dependiendo del tipo de suelo (Puckridge y French, 1983). En praderas de *M. polymorpha* en el secano interior de Cauquenes, se ha encontrado que el nivel de nitrógeno en el suelo es de 2 a 5 veces superior al de la pradera natural degradada, dependiendo del tiempo que ha permanecido el medicago en la pradera (Cuadro 2). Estos valores, junto a los de nitrógeno fijado obtenido por Longeri y otros (1988), están indicando que las poblaciones naturalizadas de *M. polymorpha* tienen un alto potencial de fijación, comparable al de variedades seleccionadas.

**CUADRO 2. Nitrógeno mineralizable (incubado por 14 días) y materia orgánica en praderas de *M. polymorpha* de distintos años post-trigo, en una pradera natural típica (Alejandro del Pozo, no publicado)**

**TABLE 2. Mineralizable nitrogen (incubated for 14 days) and organic matter in pastures of *M. polymorpha* with different years post-wheat, in a natural pasture (Alejandro del Pozo, unpublished)**

Pradera	N (ppm)	M.O. (‰)
Natural	20	0,9
<i>Medicago</i> de un año	46	1,3
<i>Medicago</i> de dos años	50	1,6
<i>Medicago</i> de tres años	106	1,5

**ADAPTACION DE *M. polymorpha* AL SECANO INTERIOR SUBHUMEDO**

**La estación de crecimiento**

La disponibilidad de agua es el factor determinante del largo de la estación de crecimiento. En la Figura 1, se muestra la variación interanual en el contenido de agua disponible en el suelo en Cauquenes, calculado mediante balance hídrico semanal. La precipitación anual promedio es de 650 mm y la evaporación de bandeja es 1.880 mm. El período húmedo y de crecimiento comienza con mayor frecuencia en mayo, no existiendo período de sequía hasta la primera semana de septiembre. La duración de la estación de crecimiento, en la cual hay agua disponible, varía entre 13 y 26 semanas, en los 18 años considerados. Déficit hídrico, después de la primera semana de septiembre, ha ocurrido en el 50% de los años.

**CUADRO 1. Tasas diarias y anuales de fijación de nitrógeno por medicagos anuales, bajo condiciones de campo, informados en la literatura**

**TABLE 1. Daily and annual rates of nitrogen fixation by annual medics in the field, reported in the literature**

Especie	Máximas kg/ha/día	Anuales kg/ha	Fuente
<i>M. noeana</i>	0,41	153	ICARDA, 1984
<i>M. rigidula</i>	0,36	139	ICARDA, 1984
		94	ICARDA, 1986
<i>M. truncatula</i>	0,26	71	ICARDA, 1984
(var. Jemalong)	0,45	240	Alston y Puckridge, 1986
<i>M. polymorpha</i>		69	ICARDA, 1986
(ecotipo chileno)		150-228	Longeri y otros, 1986

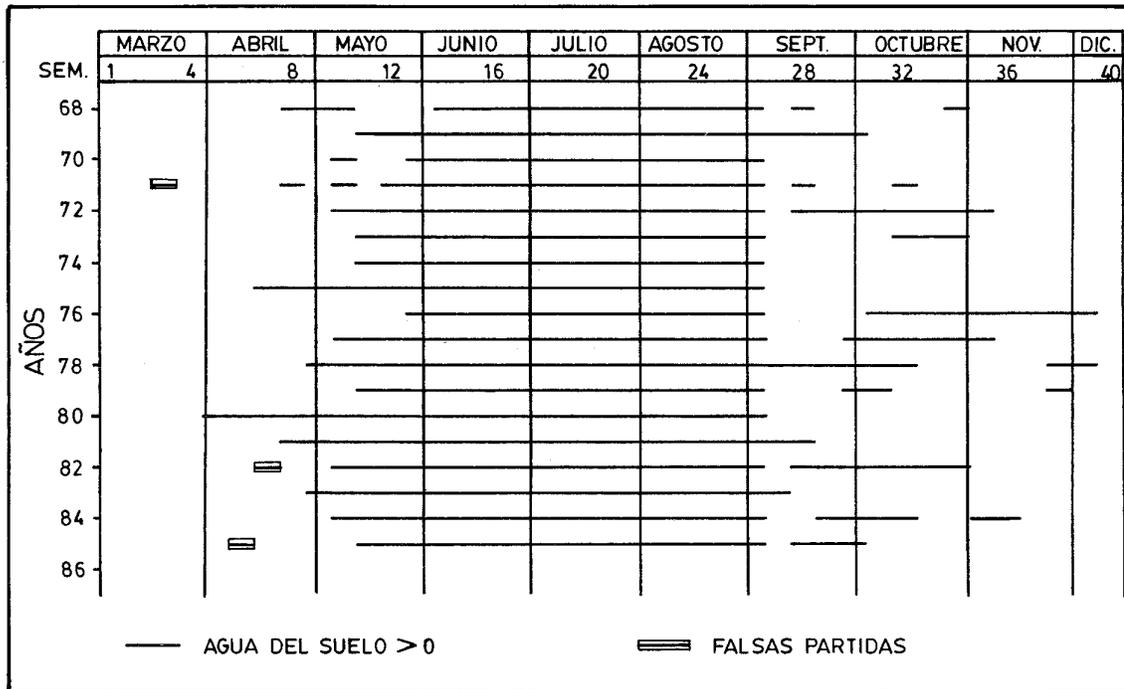


FIGURA 1. Agua disponible en el suelo (ADS), en Cauquenes (1968–1985), estimada por balance hídrico semanal:  $ADS_j = (PP_j - ETP_j) + ADS_{j-1}$ , donde PP es precipitación, ETP es evapotranspiración potencial ( $ETP = EB \times 0,7$ ), j es semana y EB es evaporación de bandeja. Agua máxima disponible en el suelo: 50 mm.

FIGURE 1. Available soil water (ADS) in Cauquenes (1968–1985), estimated from weekly water balance:  $PP$  is precipitation,  $ETP$  is potential evapotranspiration ( $ETP = EB \times 0.7$ ),  $j$  is week and  $EB$  is pan evaporation. Maximum available soil water: 50 mm.

La segunda limitante para el crecimiento, aunque de menor magnitud, la constituye el período de frío. En el área subhúmeda, existen tres meses en que la temperatura media mensual oscila entre 7,5 y 10° C, lo que provoca una disminución fuerte de la tasa de crecimiento, aunque no lo detiene (Ovalle, 1986).

#### Fenología

Las observaciones fenológicas realizadas en poblaciones de *M. polymorpha* y *M. arabica* en el secano interior de Cauquenes, muestran marcadas diferencias en el inicio de la floración y fructificación, entre las dos especies (Figura 2). En *M. polymorpha*, el inicio de la floración ocurre a principios de septiembre y la fructificación comienza a fines del mismo mes. En *M. arabica*, la fructificación comienza la tercera semana de octubre.

Lo anterior muestra que el ciclo de crecimiento de *M. polymorpha* se adapta mejor al régimen hídrico de Cauquenes, que el de *M. arabica*. De hecho, *M. polymorpha* es la especie más abundante en esta zona y *M. arabica* sólo se encuentra en los sectores más húmedos.

#### Curva de crecimiento

Las condiciones del clima Mediterráneo, verano seco y precipitaciones en los meses de menores temperaturas, hacen que esta curva tenga una forma muy característica: escaso crecimiento durante el invierno, un aumento muy acentuado en primavera y una paralización en verano. En praderas de *M. polymorpha* naturalizado, se ha observado disponibilidades de fitomasa entre 0,2 y 0,6 ton de m.s./ha, en los meses de invierno (junio–agosto), y de 3,2 ton de m.s./ha, en primavera (Figura 3). La tasa de crecimiento de *M. polymorpha* varió entre 2 kg (en julio) y 44 kg de m.s./ha/día (en octubre).

La baja productividad de los medicagos en invierno puede, en cierta medida, ser compensada por el hecho de encontrarse generalmente asociados a otras especies, como *Erodium* spp. (Figura 3), que hacen un aporte importante a la producción en dicha estación.

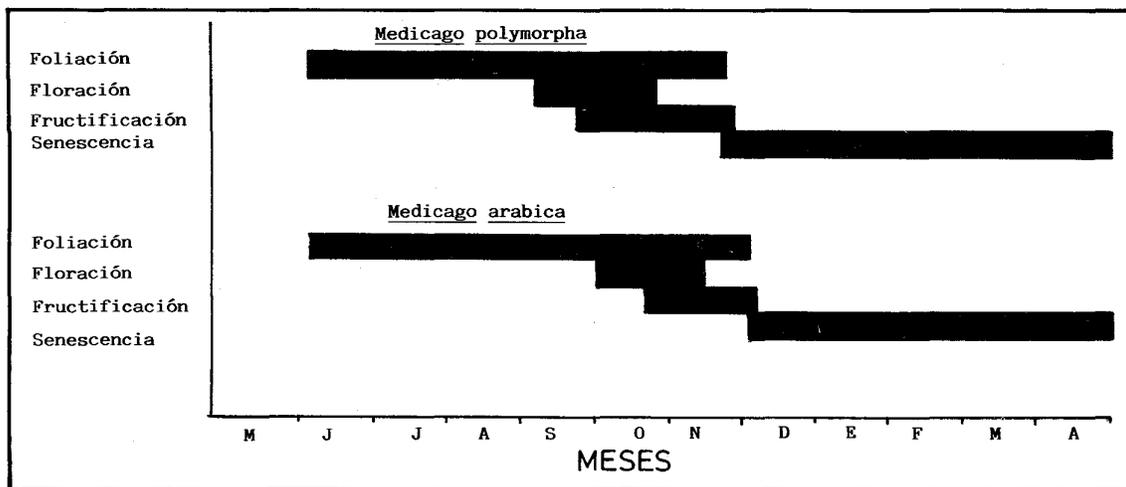


FIGURA 2. Duración de las distintas fenofases en *M. polymorpha* y *M. arabica*, en el seco interior de Cauquenes (Fuente: Ovalle, 1986).

FIGURE 2. Duration of the different developmental stages in *M. polymorpha* and *M. arabica*, in the interior dryland of Cauquenes (Source: Ovalle, 1986).

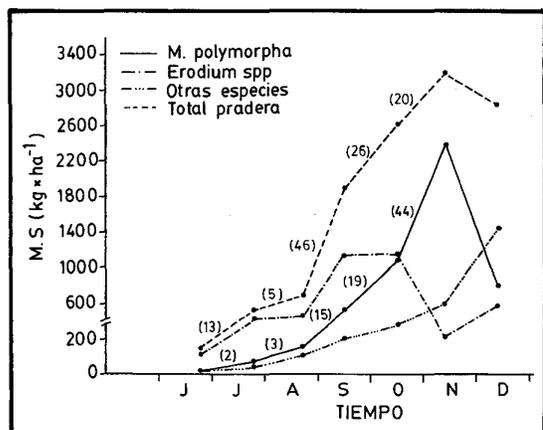


FIGURA 3. Crecimiento de una pradera de *M. polymorpha*. (Fuente: Ovalle, Avendaño y Del Pozo, 1988).

FIGURE 3. Growth of a *M. polymorpha* pasture. (Source: Ovalle, Avendaño y Del Pozo, 1988).

**Producción de semillas**

Diversos antecedentes indican que, con producciones entre 600-700 kg/ha en el primer año, habría un buen establecimiento de la pradera al tercer año, después del cultivo del cereal (Puckridge y French, 1983; ABD-El Moneim y Cocks, 1986).

Uno de los factores que tiene una alta incidencia en la producción de semillas, es la densidad de plantas

(Cocks, 1988). Este efecto ha sido evaluado en *M. polymorpha*, en la zona Mediterránea subhúmeda, a través de un ensayo de dosis de siembra. Las producciones de semilla obtenidas variaron entre 658 y 952 kg/ha (Cuadro 3). No hubo diferencias estadísticas entre las dosis de 20, 40, 80 y 160 kg/ha. Los niveles de producción incluso los obtenidos en la dosis de 10 kg/ha, están dentro del rango considerado como adecuado para asegurar el establecimiento de la pradera en los años siguientes.

**CUADRO 3. Influencia de la dosis de semilla en el establecimiento y producción de semillas en *M. polymorpha* (Alejandro del Pozo, no publicado)**

**TABLE 3. Influence of seed rate on the establishment, and seed yield of *M. polymorpha* (Alejandro del Pozo, unpublished)**

Dosis de semilla	Establecimiento <sup>1</sup>		Semilla (kg/ha)
	o/o	Nº plantas/m <sup>2</sup>	
10	27,7	66	658
20	26,5	126	808
40	19,6	187	982
80	17,7	338	952
160	14,9	567	822
LSD 0,05		137	210

<sup>1</sup> Evaluado 66 días después de la siembra.

## ADAPTACION DE VARIEDADES INTRODUCIDAS

El comportamiento de variedades australianas de medicagos anuales en el secano interior subhúmedo (Cauquenes, VII Región) y en el secano costero (Hidango, VI Región) no ha sido bueno, en relación a lo observado con *M. polymorpha* naturalizada (Alejandro del Pozo y otros, INIA, no publicado; Letelier, 1989). Sin embargo, en el secano interior semiárido (Rinconada de Maipú), se ha obtenido resultados satisfactorios en el establecimiento de *M. truncatula* (Cyrpus y Jemalong) y de *M. litoralis* (Harbinger) (Olivares, García y Contreras, 1986). No está claro que factor(es) ha(n) impedido el crecimiento de las variedades australianas en el secano interior subhúmedo y en el costero, pero es posible plantear algunas hipótesis:

a) Poca resistencia a hongos que causan caída de plántulas ("dumping off"), bajo condiciones de exceso de humedad (Rossiter, 1966; Letelier, 1989), lo que es frecuente en otoño e invierno en esas áreas.

b) Baja tolerancia a pH moderadamente ácidos.

c) Problemas de nodulación, es decir, no han sido efectivas las cepas de *Rhizobium* usadas, como tampoco la inoculación natural con las cepas locales.

d) Muerte de plántulas por heladas, ya que las variedades australianas son poco resistentes a la helada (ICARDA, 1986; Prosperi y otros, 1987).

De las hipótesis anteriores, quizás la menos probable sea la cuarta, puesto que en el secano interior y en el costero, la incidencia de heladas es baja. En todo caso, es necesario investigar más sobre el establecimiento de las variedades australianas y de otras procedencias.

En el tercer y último artículo de esta serie, se muestra la adaptación de *M. polymorpha* a un sistema integrado de producción ganado—cultivo, en el secano interior.

## RESUMEN

En este artículo se analiza la influencia de factores ambientales en el desarrollo y crecimiento de medicagos anuales.

Se discute algunas características ecofisiológicas de los medicagos anuales, tales como porcentaje de se-

millas duras, variaciones en sus ciclos de crecimiento, producción de semillas y fijación simbiótica de N, con el fin de comprender su adaptación a nuestras condiciones bioclimáticas y de entregar información básica para estudios futuros.

## LITERATURA CITADA

- ABD EL MONEIM, A.M. and COCKS, P.S. 1986. Adaptation of *Medicago rigidula* to a cereal—pasture rotation in north—west Syria. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, 107: 179—186.
- ALSTON, A.M. and PUCKRIDGE, D.W. 1986. Temporal changes in carbon dioxide exchange rates, acetylene reduction and distribution of nitrogen in barrel medica (*Medicago truncatula* Gaertn) grown in the field. *Australian Journal Agricultural Research* 37: 263—276.
- BROCKWELL, J. 1985. The role of *Rhizobium meliloti* in annual medic ley pasture in central—western New South Wales: a pragmatic appraisal. En: *The ecology and Agronomy of Annual Medics: Proc. Workshop. Dep. of Agriculture, Tech. Bull. N° 34. p.: 37—42.*
- BUTLER, J.H.A. 1987. The effect of defoliation on growth and N<sub>2</sub> fixation by *Medicago* spp. grown alone or with ryegrass. *Soil Biology and Biochemistry* 19 (3): 273—279.
- CARTER, E.D. 1975. Cereal and livestock production in Algeria. *CIMMYT*. 54 p.
- CLARCKSON, N.M. and RUSSELL, J.S. 1975. Flowering responses to vernalization and photoperiod in annual medics (*Medicago* spp.). *Australian Journal Agricultural Research* 26: 831—836.
- CLARCKSON, N. M. and RUSSELL, J. J. 1976. Effect of water stress on the phasic development of annual *Medicago* species. *Australian Journal Agricultural Research* 27: 227—234.

- COCKS, P.S. 1988. Seed production and seed survival under grazing of annual medics (*Medicago* spp.) in north Syria. *Journal Agricultural Science* 110: 455-463.
- COCKS, P.S., MATHISON, J.M., and CRAWFORD, E.J. 1980. From wild plants to pasture cultivars: annual medics and subterranean clover in southern Australia. En: *Advances in Legume Science*. Summerfield, R.J. and Bunting A.H. (Ed.). Royal Botanic Gardens, Kew. p.: 569-596.
- COCKS, P.S. and EHRMAN, T. 1987. The effect of geographic origin and frost tolerance of pasture legumes in Syria. *Journal Applied Ecology* 24: 673-683.
- DAHMANE, A.B.C. and GRAHAM, R.D. 1981. Effect of phosphate supply and competition from grasses on growth and nitrogen fixation of *Medicago truncatula*. *Australian Journal Agricultural Research* 31: 761-772.
- DEL POZO L., ALEJANDRO, RODRIGUEZ S., NICASIO y LOBOS S., CARMEN. 1989. Nutrientes que limitan el crecimiento de medicagos anuales en el secano interior subhúmedo de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 49 (1): 36-40.
- DEL POZO L., ALEJANDRO, OVALLE M., CARLOS y AVENDAÑO R., JULIA. 1989. Los medicagos anuales en Chile. I. Comparación con Australia. *Agricultura Técnica (Chile)* 49 (3):
- DEVITT, A.C., QUINLIVAN, B.J., and FRANCIS, C.M. 1978. The flowering of annual legume pasture species and cultivars in Western Australia. *Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry* 18: 75-80.
- EVANS, L.T., WARDLOW, I.F., and KING, R.W. 1985. Plants and environment: Two decades of research of the Camberra Phytotron. *Botanical Review* 51: 203-272.
- HOCHMAN, Z. 1987. Quantifying vernalization and temperature promotion effects on time of flowering of the cultivars of *Medicago truncatula*. Gaertn. *Australian Journal Agricultural Research* 38: 279-286.
- ICARDA—International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 1984. Annual report. 344 p.
- ICARDA—International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 1986. Pasture, forage and livestock. Annual report. 221 p.
- LETÉLIER A., ELIAS. 1989. Diagnóstico de un problema de establecimiento de medicagos de origen australiano, en el secano litoral de la VI Región de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 49 (3):
- LONGERI S., LUIS, FIGUEROA R., MARCOS y CELIS M., ALVARO. 1988. Fijación simbiótica de N en Hualputras (*Medicago* spp.). Resúmenes XIII Reunión Anual Sociedad Chilena Producción Animal. Est. Exp. Remehue. Trabajo 5.
- MOTT, J.J., COOK, S.J., and WILLIAMS, R.J. 1982. Influence of short duration, high temperature seed treatment on the germination of some tropical and temperate legumes. *Tropical Grasslands* 16 (2): 50.
- OLIVARES E., ALFREDO, GARCIA N., JUAN y CONTRERAS T., DAVID. 1986. Estudio de las características de desarrollo y rendimiento de tres cultivares de medicagos anuales. II. Comportamiento Poblacional. *Avances Producción Animal* 11 (1 y 2): 33-40.
- OVALLE M., CARLOS. 1986. Etude du système écologique sylvopastoral à *Acacia caven* (Mol) Hook, et Arn. Application à la gestion des ressources renouvelables dans l'aire climatique méditerranéenne humide et sub-humide du Chili. These Doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier. 224 p.
- OVALLE M., CARLOS, AVENDAÑO R., JULIA y DEL POZO L., ALEJANDRO. 1988. Curva de crecimiento de una pradera naturalizada de *Medicagos polymorpha*. Informe técnico 1987-1988. Area de Producción Animal. Est. Exp. Quilamapu (INIA), Chillán, Chile. p.: 146-156\*.
- PROSPERI, J.M., ANGEVAIN, M., and MANSAT, P. 1987. Objectifs de selection des luzernes annuelles pour la zone méditerranéenne française. En: *FAO—European cooperative network on pasture and fodder crop production*. Bolletín Nº 5. p.: 43-48.
- PUCKRIDGE, D.W. and FRENCH, R.J. 1983. The annual legume pasture in cereal-ley farming systems of southern Australia: A review. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 9: 229-267.
- QUINLIVAN, B.J. 1966. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of legume species. *Australian Journal Agricultural Research*. 17: 625-631.
- RAMOS, A., GOMEZ, C. y QUINLIVAN, B.J. 1979. Influencia de las altas temperaturas estivales en el "ablandamiento" de semillas duras de trébol subterráneo y de otras leguminosas anuales en el S.O. de la España peninsular. *Anales Producción Vegetal* 10: 67-77.
- ROSSITER, R.C. 1966. Ecology of the Mediterranean annual type pasture. *Advances Agronomy* 18: 1-56.
- RUITER, J.M. and TAYLOR, A.O. 1979. Annual cool-season legumes for forage. III. Effects of temperature, photoperiod and vernalization on flowering. *N.Z. Journal Experimental Agriculture* 7: 153-156.
- RUMBAUGH, M.D. and JOHNSON, D.A. 1986. Annual medics and related species as reseeding legumes for northern Utah pastures. *Journal Range Management* 39 (1): 52-58.
- SUMMERFIELD, R.J. and ROBERTS, E.H. 1983. Environmental regulation of flowering in faba beans, chickpeas, and lentils. En: *Proceeding International Workshop on Faba Beans, kabuli chickpea, and lentils in the 1980s*. Saxena, M.C. and Varma, S. (Ed.). ICARDA, Aleppo, Syria. p.: 189-208.
- TAYLOR, G.B. and EWING, M.A. 1988. Effect of depth of burial on the longevity of hard seeds of subterranean clover and annual medics. *Australian Journal Experimental Agriculture* 28: 77-81.
- YADAVA, R.B.R., VERMA, O.P.S., SINGH, A., and SAS-TRI, J.A. 1979. Germination studies on the *Medicago* species following seed treatments. *Seed Research* 7 (1): 71-76.

\*La información contenida en estos documentos es accesible sólo a través de sus autores o de autoridades del INIA.