

LOS MEDICAGOS ANUALES EN CHILE. I. COMPARACION CON AUSTRALIA¹

The annual medics in Chile. I. Comparison with Australia

Alejandro del Pozo L.², Carlos Ovalle M.² y Julia Avendaño R.³

SUMMARY

In this study, the ecology and agronomical aspects of annual medics will be analyzed, with particular emphasis on the naturalized species in Chile. The agronomic potential of the naturalized species *Medicago polymorpha* in the interior dryland (secano interior), located in the Mediterranean zone, will be also showed. Due to the extension, it is presented in three parts: I. Comparison with Australia; II. Eco-physiology; III. Potential of the ley farming system in the interior dryland of the subhumid Mediterranean zone.

A comparison of the agroclimatic conditions between Chile and Australia, shows that important differences exists in soil pH and annual distribution of the rainfall.

Six species are found in Chile, of which *M. polymorpha* and *M. arabica* are the most abundant. Naturalized species, especially *M. polymorpha*, are widely distributed within the Mediterranean zone, from de arid to the perhumid area.

INTRODUCCION

Los medicagos anuales (*Medicagos* spp., Legumino-seae) son en su mayoría especies nativas de la cuenca del Mediterráneo (Cocks, Mathison y Carwford, 1980) y fueron introducidas en Chile accidentalmente. Se han descrito 55 especies de medicagos en el mundo, de las cuales 34 son anuales (Lesins y Lesins, 1979; Small y Lefkovitch, 1986). En Chile, existen seis especies anuales naturalizadas (Marticorena y Quezada, 1985).

En Australia y otros países con clima Mediterráneo, los medicagos anuales y los tréboles subterráneos, han sido ampliamente usados en zonas de secano, como praderas de resiembra permanentes y en rotaciones con cereales (Cocks y otros, 1980; Puckridge y French, 1983; ICARDA, 1986). El uso de estas especies ha permitido incrementar la fertilidad de los suelos, como así también aumentar la producción de cereales y de carne (Puckridge y French, 1983).

Hasta el presente, las investigaciones en Chile se han concentrado esencialmente en los tréboles subterráneos, lo que ha permitido la introducción y difusión de éstos como praderas permanentes y en rotaciones. Los medicagos anuales, en cambio, han recibido muy poca atención y prácticamente se desconocen sus perspectivas agronómicas, en particular las de las especies naturalizadas en el país.

La relativa similitud climática que existe entre las zonas Mediterráneas del mundo (Di Castri, 1981), junto al hecho de que en Chile existen medicagos naturalizados, evidencian la factibilidad de poder cultivarlos en el país, especialmente en el área denominada secano interior. En dicha zona, la agricultura está basada fundamentalmente en cereales y praderas naturales. La productividad de estos sistemas de producción es muy baja, debido a la baja tecnología que se usa y al avanzado estado de degradación que se encuentran actualmente los suelos, por la erosión hídrica.

Dentro de este contexto, el sistema de rotación medicagos anuales—cereales, también denominado sistema integrado de producción animal—cereal ("ley farming system"), parece ser una buena alternativa para esta área.

¹ Recepción de originales: 6 de mayo de 1988.

² Estación Experimental Quilmapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

³ Subestación Experimental Cauquenes (INIA), Casilla 165, Cauquenes, Chile.

En este estudio, se comparan las condiciones edafoclimáticas de Chile con las de Australia y se entregan los antecedentes que existen sobre la ecología y agronomía de los medicagos anuales, con especial énfasis en las especies naturalizadas en Chile. Además, se analiza sucintamente la problemática agropecuaria del secano interior y se muestran las perspectivas del sistema integrado ganado—cultivo basado en la rotación medicago anual—trigo, en esa zona. Dada su extensión, se presenta dividido en tres partes: I. Comparación con Australia; II. Ecofisiología; y III. Perspectivas de la rotación *Medicago* spp—trigo en el secano interior de la zona Mediterránea subhúmeda.

EL AMBIENTE FISICO DE CHILE Y AUSTRALIA

El Clima

El sistema de producción leguminosa—cereal en Australia, se desarrolla al sur de la latitud 29° S en el este y de la latitud 27° S en el oeste (Puckridge y French, 1983), entre las isoyetas de 250 mm y 640 mm (Carter, 1975). El clima es tipo Mediterráneo, con lluvias significativas, aunque impredecibles en verano (Figura 1).

La media de las temperaturas máximas del mes más cálido (enero) puede sobrepasar los 30° C, mientras que la de la mínima del mes más frío (julio), en algunos lugares, puede ser inferior a 3° C (Carter, 1975). La radiación solar en verano fluctúa entre 23 y 27 MJ/m²/día y, en invierno, entre 8 y 12 MJ/m²/día (Puckridge y French, 1983).

En Chile existen todas las variantes de clima Mediterráneo, es decir: perárido (Copiapó, 27° 21' S), árido (La Serena, 29° 54' S), semiárido (Llay—Llay, 32° 50' S), subhúmedo (Talca, 35° 26' S), húmedo Chillán, 36° 36' S) y perhúmedo (Traiguén, 38° 15' S) (Di Castri, 1981).

La zona agroclimática denominada secano interior abarca una extensa área entre los paralelos 32° S y 39° S, en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa y los sectores no regados del Valle Central (ODEPA, 1968). La precipitación promedio anual varía desde 250 y 1300 mm, con un período de aridez de 7 a 8 meses, en la latitud 32° S (Mediterráneo semiárido) y de 3 meses, en la latitud 39° S (Mediterráneo perhúmedo) (Figura 1). La media de las temperaturas máximas del mes más cálido (enero) varía entre 27 y 29° C y la mínima media del mes más frío (julio), entre 4 y 5° C.

En la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa se ubica el secano costero. Por la influencia marina, las precipitaciones en esta zona son mayores y los períodos de aridez son más reducidos (Figura 1). También, la amplitud térmica anual es menor que en el secano interior.

Al comparar el clima Mediterráneo de Australia con el de Chile (Figura 1), se observa que en Australia para montos de precipitaciones anuales comparables, las lluvias invernales son menores y las primaverales y estivales son mayores. Los períodos de aridez en el secano interior de Chile, en las zonas de mayor precipitación (Melipilla y Cauquenes) son ligeramente superiores a los de Australia.

Los Suelos

En Australia, los medicagos anuales se encuentran principalmente en suelos alcalinos (Robson, 1969; Carter, 1975). Entre éstos, se encuentran los suelos: grises y pardos de textura pesada; pardos alcalinos, de textura arenosa en superficie y baja retención de humedad y de textura limosa, con mayor materia orgánica, nitrógeno y capacidad de retención de humedad; arenosos planos, con contenidos bajos de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y algunos microelementos (Puckridge y French, 1983).

En el secano interior de Chile, dominan tres tipos de suelos (ODEPA, 1968; Pinochet de la Barra, 1983): los derivados de rocas metamórficas, los de rocas graníticas y los argílicos, provenientes de sedimentos lacustres (Figura 2).

Los suelos derivados de rocas metamórficas (Ej.: Series Constitución y Pocillas) ocupan los sectores escarpados. Son de textura franco—arcillosa y pH (en H₂O 1:2,5) alrededor de 6. Pertenecen al orden Ultisoles.

Los suelos derivados de rocas graníticas (Alfisolos), ocupan sectores tanto de cerros como de lomas (Ej.: Series Cauquenes, San Esteban, etc). Son de textura franco—arcillo—arenosa, bajos en fósforo, nitrógeno y materia orgánica; el pH varía entre 5 y 6,5 (Figura 3). Presentan una muy baja capacidad de retención de humedad (aproximadamente 8%/o; Vidal y del Canto, 1983). Son susceptibles a erosión hídrica y actualmente se encuentran muy degradados.

Los Argílicos (Vertisoles y Alfisolos, con horizonte superficial vértico) son suelos con elevados tenores de arcilla en todo el perfil (Ej.: Series Quella, Quipato, etc.). Se ubican en posiciones bajas y presentan drenaje imperfecto. Son suelos grises, con arcillas que presentan un alto grado de expansión y contracción. El pH de estos suelos varía entre 5,5 y 6,5.

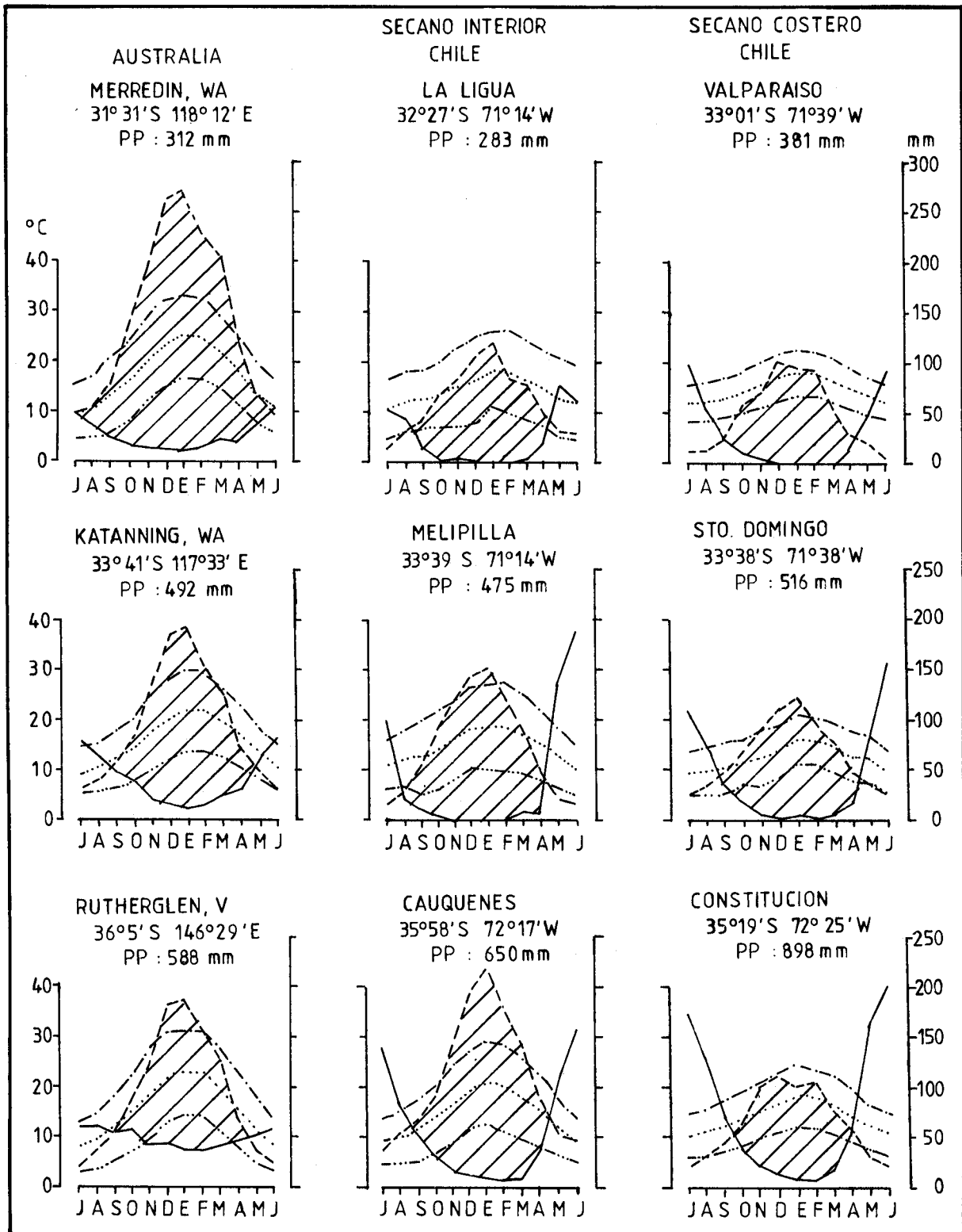


FIGURA 1. Climodiagrama de Australia (datos obtenidos de Puckridge y French (1983) y del secano interior y costero de Chile. — — — — : T° máxima; - - - - - : T° mínima; : T° media; - - - - - : Evapotranspiración; — — — — : Precipitación. El área achurada indica período de aridez.

FIGURE 1. Climatic diagrams of Australia (data obtained from Puckridge and French (1983) and of the interior and coastal dry-land of Chile. The shaded area shows the arid period.

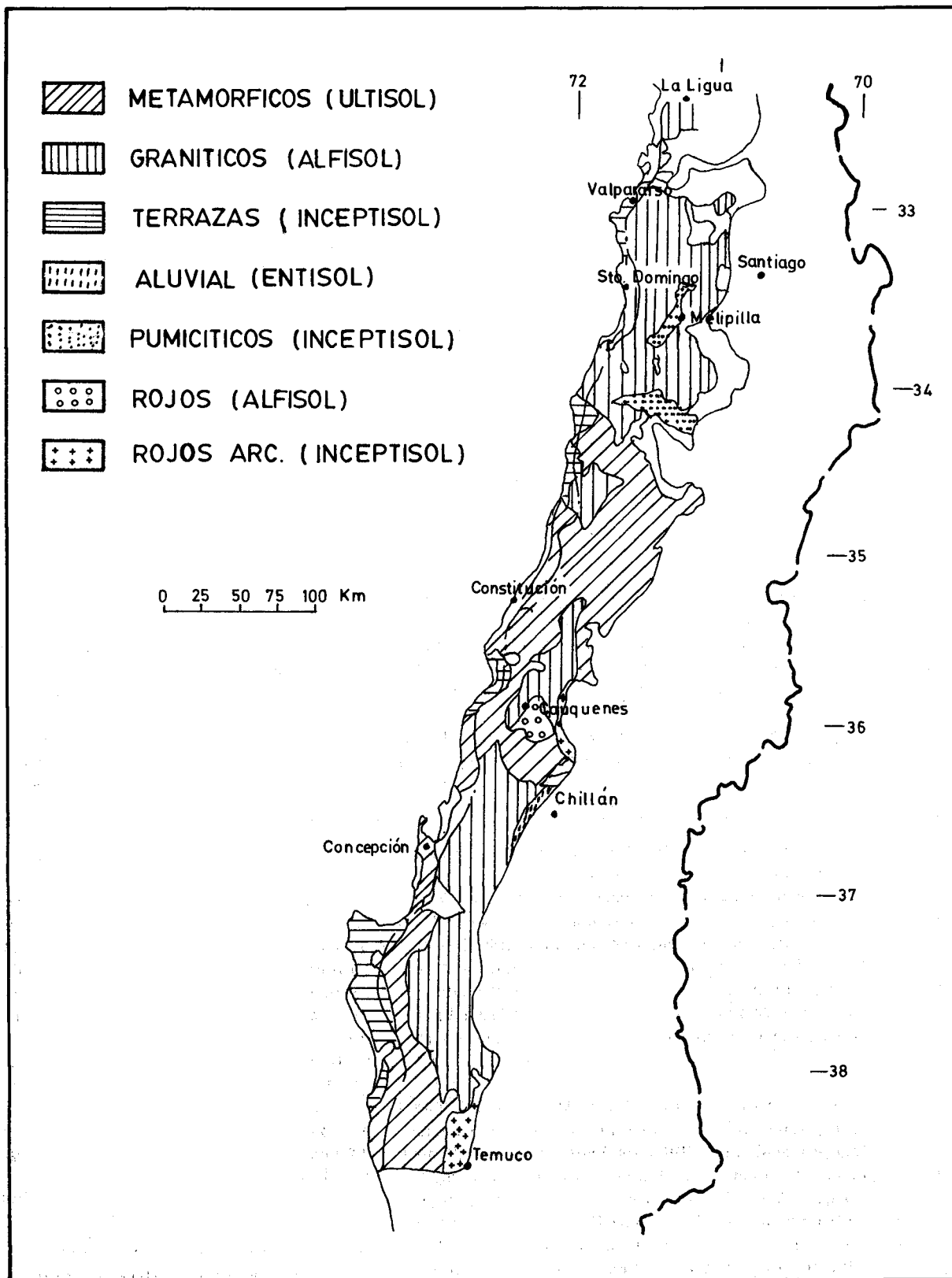


FIGURA 2. Croquis de la zona central con los tipos de suelos en el secano interior y costero de Chile Fuente: ODEPA (1968).
 FIGURE 2. Sketch of the central zone, with the soils types in the interior and coastal dryland of Chile. Source: ODEPA (1968).

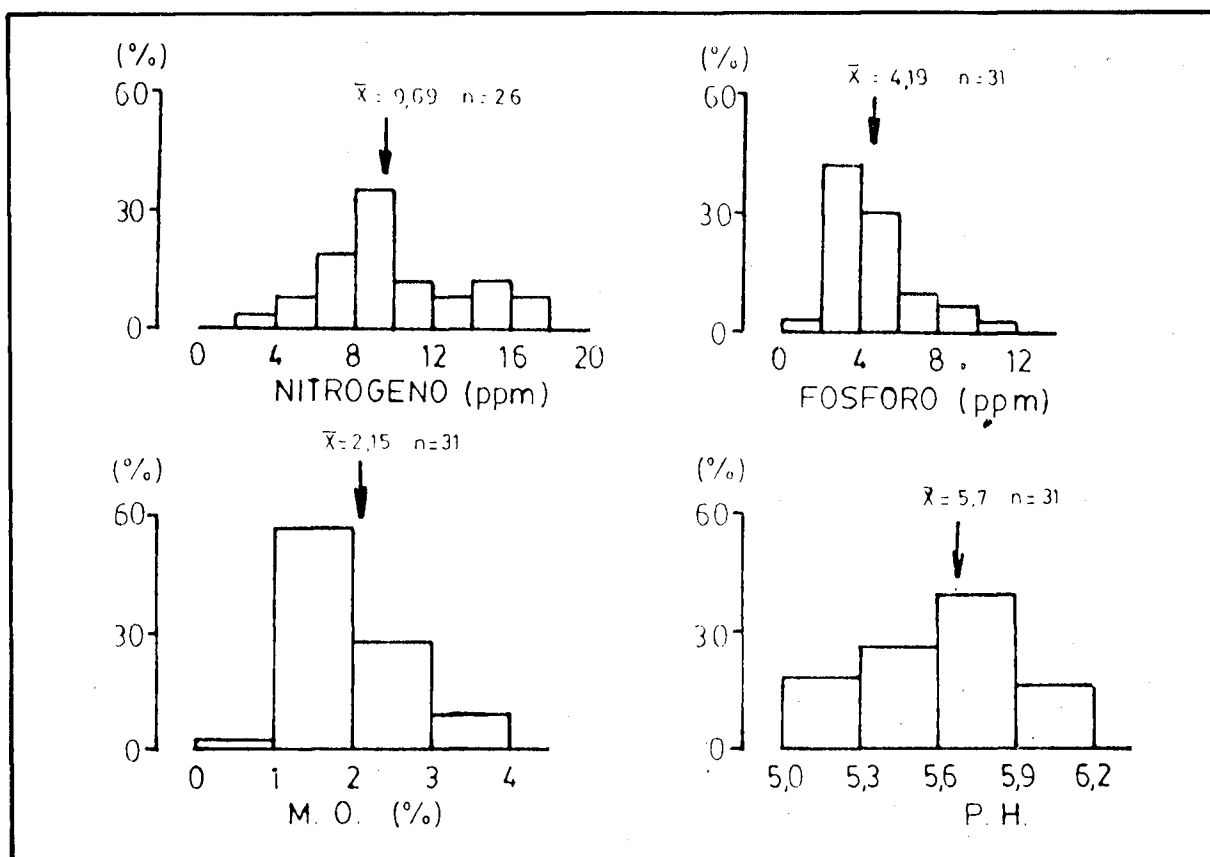


FIGURA 3. Frecuencias de niveles de N y de P, materia orgánica y pH en praderas anuales del secano interior de la zona Mediterránea subhúmeda. Fuente: Acuña, Avendaño y Ovalle (1983).

FIGURE 3. Frequencies of available N and P levels, organic matter and pH, in annual pastures of the 'secano interior' in the sub-humid Mediterranean zone. Source: Acuña, Avendaño and Ovalle (1983).

En el secano costero, son característicos los suelos derivados de terrazas marinas (Inceptisoles) (Figura 2). Son de textura franca, con niveles de fósforo superiores a los graníticos y metamórficos del secano interior.

Al comparar los suelos de Australia y Chile, se encuentra que una de las principales diferencias radica en la naturaleza no calcárea de los de Chile, lo que significa bajas disponibilidades de calcio y bajo pH, en relación a los de Australia. También, en Chile los suelos graníticos y metamórficos ocupan posiciones de cerros y lomas y son fácilmente erosionables; en cambio, en Australia el sistema *medicago*-trigo se desarrolla en suelos relativamente planos.

ECOLOGIA DE LOS MEDICAGOS ANUALES

Distribución en Chile y Australia

Las especies de medicagos anuales que se encuentran en Chile en forma naturalizada son: *M. arabica*, *M.*

minima, *M. orbicularis*, *M. polymorpha*, *M. turbinata* y *M. lupulina* (Marticorena y Quezada, 1985).

Se han descrito al menos cinco variedades de *M. polymorpha* en Chile (Navas, 1976), que son: *M. polymorpha* var. *hispida* Gaertn.; *M. polymorpha* var. *denticulata* (Willd.) Urb., con gloquíferos de espinas largas; *M. polymorpha* var. *confinis* (Koch.) Asch. et Graebn, con gloquíferos de espinas cortas; y *M. polymorpha* var. *inermis* Urb., con gloquíferos sin espinas.

M. polymorpha es una especie que presenta una amplia distribución en el mundo (Lesins y Lesins, 1979; Small y Lefkovitch, 1986). Se le encuentra en una amplia variedad de ambientes, como son las zonas altas de Etiopía, oeste de Asia, zonas de clima Mediterráneo de Europa, Australia, Chile, California, etc. (Cocks, P.S., comunicación personal). En Chile, es la especie de medicago más abundante y se encuentra desde la zona Mediterránea árida, en suelos neutros a alcalinos (Fleischman y Troncoso, 1986), hasta la zona Mediterránea húmeda, donde los suelos son moderadamente ácidos.

M. arabica es probablemente la segunda especie más abundante en Chile y se le encuentra en sectores más húmedos del secano interior y en el secano costero de la zona Mediterránea subhúmeda, húmeda y perhúmeda. También posee numerosas variedades (Navas, 1976).

M. minima se encuentra en la zona de Santiago (Navas, 1976) y en el secano costero subhúmedo de Constitución (Bas y Gastó, 1982). *M. lupulina* se encuentra en la zona de Santiago (Navas, 1976) y, también, en la zona de Ñuble, donde ha sido sindicada como maleza (Matthei, 1963).

En Australia, los factores edáficos, como también los climáticos, han sido determinantes en la distribución de los medicagos introducidos accidentalmente (Carter, 1975). El pH del suelo es el principal factor que afecta su distribución y existe una clara zonificación entre el género *Trifolium* y el *Medicago*. En suelos ligeramente ácidos, los medicagos son poco frecuentes comparados con los tréboles (Robson, 1969). Esto ha sido atribuido a la baja tolerancia de las bacterias simbióticas de los medicagos (*Rhizobium meliloti*) a la acidez del suelo (Robson y Loneragan, 1970) y por otro lado, a la mayor sensibilidad de esta especie a toxicidades (Ej.: magnesio y aluminio) y deficiencias de molibdeno y calcio, asociadas a los suelos ácidos (Robson, 1969). Sin embargo, se han encontrado cepas de *R. meliloti* capaces de colonizar suelos relativamente ácidos (pH = 5 en 1:5 0,01 M CaCl₂) y de nodular medicagos anuales en esos suelos (Howieson y Ewing, 1986).

M. polymorpha y *M. murex* han sido descritas como plantas capaces de colonizar suelos ácidos (Francis y Gillespie, 1981). También, Howieson y Ewing (1986) demostraron que estas dos especies tienen una mayor capacidad de nodular en suelos ácidos que las variedades australianas de *M. truncatula*, *M. littoralis* y *M. tornata*.

El mecanismo que les confiere una mayor capacidad para nodular en suelos ácidos, no está claro. Los autores citados sugieren como factores, la distribución y profundidad de raíces, densidad de pelos radiculares, tasa de crecimiento de raíces, número de sitios de reconocimiento de *Rhizobium*, como también características de la rizósfera.

En Chile, *M. polymorpha* y *M. arabica* son abundantes en suelos moderadamente ácidos (pH 5,5 a 6,5), por lo que constituyen una fuente de germoplasma de extraordinario interés. Al respecto, es posible plantear varias hipótesis, no necesariamente excluyentes, que explicarían este fenómeno:

- M. polymorpha* y *M. arabica* efectivamente tendrían "características especiales", ligadas a su morfología radicular etc., que les permiten nodular, crecer y reproducirse en suelos con pH entre 5,5 y 6,5.
- Las cepas de *R. meliloti* que existen en los suelos del área serían "tolerantes" a pH ligeramente ácidos.
- En los suelos indicados, los pH entre 5,5 y 6,5 no están asociados con altas disponibilidades de aluminio y magnesio, que afectarían la nutrición de la planta y/o inhibirían la presencia de los *Rhizobium*.

Abundancia en las praderas Mediterráneas de Chile

En estas praderas dominan las especies gramíneas y compuestas y, en menor grado, las leguminosas y geraniáceas (Olivares y Gastó, 1971; Acuña, Avendaño y Ovalle, 1983). La abundancia relativa de los medicagos anuales es en general baja, aunque existen sectores donde éstos presentan una alta contribución específica.

Es así que, en el secano costero de la zona Mediterránea árida, existen praderas en que *M. polymorpha* puede representar hasta un 65% de la fitomasa total (Figura 4). También, en el secano costero subhúmedo (Constitución), es una especie frecuente, pero con un amplio rango de variabilidad en cuanto a su contribución específica (Bas y Gastó, 1982).

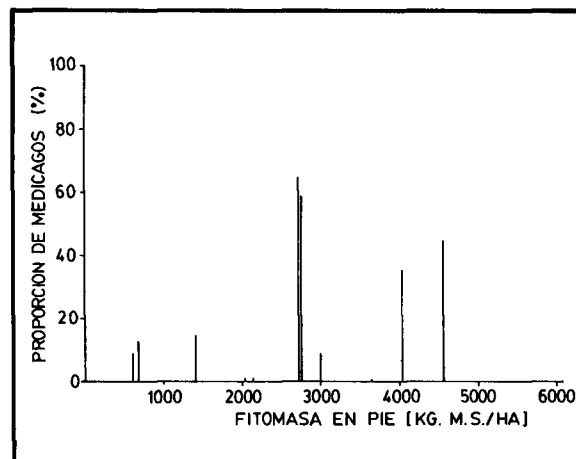


FIGURA 4. Proporción (%) de *M. polymorpha* en relación a la producción de fitomasa en pie de la pradera. Fuente: Fleischmann y Troncoso (1986).

FIGURE 4. Proportion (%) of *M. polymorpha* in relation to yield of standing herbage. Source: Fleischmann and Troncoso (1986).

En el secano interior subhúmedo (Cauquenes), las leguminosas anuales presentan, en promedio, una muy baja contribución específica (Acuña y otros, 1983); sin embargo, existen algunos sectores bien localizados donde han emergido praderas de *M. polymorpha*, los que corresponden a sitios de antiguas viñas.

La baja abundancia relativa que tienen los medicagos anuales en las praderas naturales, es un fenómeno multicausal, donde la fertilidad del suelo juega al parecer un rol importante.

Los antecedentes que existen en la literatura, muestran que en suelos deficientes en fósforo, las gramíneas presentan ventajas competitivas frente a las leguminosas, pero que al incrementar el nivel de fósforo, el proceso puede invertirse, favoreciendo el crecimiento de estas últimas (Ozanne, Howes y Petch, 1976; Dahmane y Graham, 1981; Dauro, 1986). Además, se ha encontrado que el nivel de fósforo en el suelo tiene un gran efecto en la actividad de la nitrogenasa y en la fijación de nitrógeno por los medicagos anuales (Robson, 1969; Dahmane y Graham, 1981), así como en la producción de semilla (Bolland, 1985).

Un estudio en *M. polymorpha* con la técnica de elemento faltante (Chaminade), demostró que los nutrientes que están limitando el crecimiento y la producción de la especie en los suelos graníticos del secano interior subhúmedo, son el fósforo, en primer lugar, y en menor grado el calcio y el potasio. Además, determinó que las respuestas al fósforo en *M. polymorpha* y *M. arabica* se producen hasta con niveles de 26 ppm de este elemento en el suelo (del Pozo, Rodríguez y Lobos, 1989). Por lo tanto, la baja abundancia que presentan actualmente los medicagos anuales y, en general, las leguminosas anuales en las praderas del secano interior, se explica, al menos en parte, por los bajos niveles de fósforo y de calcio que presentan estos suelos.

En el siguiente artículo de esta serie, se analiza las características ecofisiológicas de los medicagos anuales, como también, la adaptación de *M. polymorpha* a las condiciones climáticas del secano interior subhúmedo.

RESUMEN

En este estudio se analizará la ecología y los aspectos agronómicos de los medicagos anuales, con especial énfasis en las especies naturalizadas en Chile. Se mostrará, además, las perspectivas agronómicas de la especie naturalizada *M. polymorpha* en la zona denominada secano interior, ubicada en la región Mediterránea. Debido a su extensión, se presentará en tres partes: I. Comparación entre Chile y Australia; II. Ecofisiología; III. Perspectivas de la rotación medicago—trigo en el secano interior de Chile.

La comparación de las condiciones agroclimáticas entre Chile y Australia, muestra la existencia de impor-

tantes diferencias en el pH del suelo y en la distribución anual de la precipitación.

En el país se encuentran seis especies en forma naturalizada, de las cuales *M. polymorpha* y *M. arabica* son las más abundantes. Las especies naturalizadas (especialmente *M. polymorpha*) presentan una amplia distribución dentro del área con clima Mediterráneo, extendiéndose desde la zona árida hasta la perhúmeda.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA P., HERNAN; AVENDAÑO R., JULIA y OVALLE M., CARLOS. 1983. Caracterización y variabilidad de la pradera natural del secano interior de la zona Mediterránea subhúmeda. Agricultura Técnica (Chile) 43 (1): 27—38.
- BAS, FERNANDO y GASTO, JUAN. 1982. Ordenación de la pradera Mediterránea subhúmeda en un continuum. Ciencia e Investigación Agraria 9 (3): 199—214.

- BOLLAND, M.D.A. 1985. Effects of phosphorus on seed yields of subterranean clover, serradella and annual medics. Australian Journal Agricultural Research 25: 595—602.
- CARTER, E.D. 1975. Cereal and livestock production in Algeria. CIMMYT. 54 p.

- 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.
- 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.
- DAURO, D. 1986. Effet de la fertilization phosphatee sur parcours naturel Mediterraneeen comportant des luzernes annuelles. These d'agronomie. CNEARC–INRA, Montpellier, 50 p.
- 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.
- DI CASTRI, F. 1981. Mediterranean–type shrublands of the world. En: *Ecosystems on the world: Mediterranean–type shrubland*. Di Castri, F.; Goodall, D.W., and Specht, R.L. (Ed.). Elsevier. 1–52.
- FLEISCHMAN, M. y TRONCOSO, R. 1986. Caracterización de los sitios pastorales. En: *Ecosistemas pastorales de la zona Mediterránea agrícola de Carquindafío y Yerba Loca del secano costero de la región de Coquimbo*. Contreras, David, Gastó, Juan y Cosio, Fernando (Ed.). UNESCO MAB. p.: 28–111.
- FRANCIS, C.M. and GUILLIESPIE, D.J. 1981. Ecology and distribution of subterranean clover and medicago species in Sardinia. *Australian Plant Introduction Review* 12: 15–25.
- HOWIESON, J.G. and EWING, M.A. 1986. Acid tolerance in the *Rhizobium meliloti*–*Medicago* symbiosis. *Australian Journal Agricultural Research* 37: 55–64.
- ICARDA,—International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 1986. Pasture, forage and livestock. Annual report. 221 p.
- LESINS, K. A. and LESINS, I. 1979. Genus *Medicago* (Leguminosae), a taxogenetic study. Dr. W. Junk Publishers. The Hague. 228 p.
- MARTICORENA, C. y QUEZADA, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana* 42 (1 y 2): 1–155.
- MATTHEI, OSCAR. 1963. Manual ilustrado de las malezas de la provincia de Ñuble. Universidad de Concepción. 116 p.
- NAVAS, LUISA EUGENIA. 1976. Flora de la cuenca de Santiago de Chile. Editorial Universitaria de Chile. 55 p.
- ODEPA—Oficina de Planificación Agrícola, Chile. 1968. Plan de desarrollo agropecuario 1965–1980. Uso potencial de los suelos de Chile. Ministerio de Agricultura. 20 p.
- OLIVARES E., ALFREDO y GASTO C., JUAN. 1971. Comunidades de terófitas en subseres postaraduras y en exclusión en la estepa de *Acacia caven* (Mol) Hook, et Arn. *Bol. Técnico Estación Experimental Rinconada, U. de Chile* 34: 1–24.
- OZANNE, P.G., HOWES, K.M.W., and PETCH, A. 1976. The comparative phosphate requirements of four annual pastures and two crops. *Australian Journal Agricultural Research* 27: 479–488.
- PINOCHET De La BARRA, F. 1983. Los suelos de la Región del Maule. Universidad de Talca, Instituto de Investigaciones del Medio Ambiente, Serie A. Desarrollo y Medio Ambiente. 32–65.
- 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.
- ROBSON, A.D. 1969. Soil factors affecting the distribution of annual *Medicago* species. *Journal Australian Institute Agricultural Science* 35: 154–167.
- ROBSON, A.D. and LONERAGAN, J.F. 1970. Nodulation and growth of *Medicago truncatula* on acid soil. I. Effect of calcium carbonate and inoculation level on the nodulation of *Medicago truncatula* on moderately acid soil. *Australian Journal Agricultural Research* 21: 427–434.
- SMALL, E. and LEFKOVITCH, L.P. 1986. Relationship among morphology, geography, and interfertility in *Medicago*. *Canadian Journal Botany* 65: 45–52.
- VIDAL P., IVAN y Del CANTO S., PEDRO. 1983. Propiedades físicas de los suelos de Ñuble, VIII Región. *Agricultura Técnica (Chile)* 43 (3): 198–202.