



Chloris Chilensis

Revista chilena de flora y vegetación

Contenidos

- [Editorial](#)
 - [Dillon, M & C. Trujillo](#): A new record of *Lobelia anceps* L.f. (Campanulaceae) from northern Chile.
 - [Peña, R., L. Iturriaga, G. Montenegro & B. K. Cassels](#): Aspectos filogenéticos y biogeográficos de *Sophora* sect. *Edwardsia* (Papilionatae).
 - [Figueroa, J.](#): Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile.
 - [Novoa, P.](#): Dos nuevos registros para *Marsilea mollis* B.L. Rob. et Fernald, en Chile.
-

Nota breve

[Squeo, F.](#): Estableciendo el estado de conservación de la flora de la Región de Coquimbo (IV).

[¿Cómo enviarnos su artículo?](#)

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Comité Editor: | Miguel Dillon |
| | Luis Faúndez |
| | Rodolfo Gajardo |
| | Jorge Macaya |
| | Carlos Ramírez |
| | Sebastián Teillier |

Año 3. N° 2.

Fecha de publicación: diciembre del 2000.

ISSN 0717-4632

(Se autoriza la reproducción parcial o total de los artículos, citando la fuente).

CONVOCATORIA

Convocar es el verbo exacto para definir el objetivo de esta publicación. En efecto, la idea central de este proyecto de cyber-revista es convocar a los botánicos a participar en estas páginas electrónicas cuyo fin es difundir el conocimiento de la flora y la vegetación de Chile y de los países vecinos, aunque, por supuesto, sus páginas también acogerán los avances mundiales de las ciencias botánicas.

Convocamos a participar en *Chloris Chilensis* -Revista Chilena de Flora y Vegetación- a todos los botánicos: a los botánicos-biólogos, a los botánicos-profesores, a los botánicos-agrónomos, a los botánicos-forestales, a los botánicos-paisajistas; en fin, a todos quienes tengan algo que publicar de interés para el resto de sus colegas.

Esta convocatoria la dirigimos tanto a los botánicos consagrados como a los jóvenes. Respecto a ellos, queremos que encuentren aquí un medio permanente de difusión de sus seminarios, tesis y proyectos relacionados con la botánica de las plantas vasculares y no-vasculares de Chile.

Queremos construir una revista en la que encuentren espacio los artículos sesudos y las pequeñas notas taxonómicas; los nuevos hallazgos de flora, nacionales y regionales; la fenología de las especies nativas y los estudios de vegetación que se realizan a partir de los diversos enfoques que integran el ámbito de la ecología de las plantas. Queremos abrir espacios también para el conocimiento de la historia de la botánica en Chile. Finalmente queremos servir de punto de encuentro para opiniones y noticias generadas desde todos los centros donde se esté aportando a la "Ciencia Amable"-Linneo *dixit*.

¡Esperamos vuestra colaboración!

Nota para el cuarto número:

Chloris Chilensis se prepara para pasar, ahora sí, al nuevo milenio. En este cuarto número, incorporamos a nuevos autores, lo que nos alegra. Encontrarán cuatro artículos sobre diversos aspectos de nuestras plantas vasculares: nuevas distribuciones, hallazgos de helechos particulares, ecología de semillas y un estudio filogenético.

Si han experimentado algunas dificultades para encontrarnos en el último tiempo, les contamos que estamos alojados en un nuevo servidor, pero que mantendremos la misma dirección de siempre.

Les reiteramos nuestra invitación amplia a participar y a colaborar con la difusión. A las personas que mantengan medios semejantes en el cyber-espacio que nos pongan entre sus "links", los que corresponderemos en nuestra página especial de enlaces con el cybermundo botánico.

Santiago, verano del 2000.

**A NEW RECORD OF *LOBELIA ANCEPS* (CAMPANULACEAE)
FROM NORTHERN CHILE**

**UN NUEVO REGISTRO DE *LOBELIA ANCEPS* (CAMPANULACEAE)
PARA EL NORTE DE CHILE**

Michael O. Dillon¹ & Carmen Trujillo²

1. Department of Botany. The Field Museum. Chicago, IL 60605-2496, U.S.A.

2. Instituto de Biología. Universidad Católica. Valparaíso, Chile

[Ir a la versión en español](#) (en versión html)

RESUMEN

En este trabajo se da cuenta del hallazgo en 1997 de ejemplares de *Lobelia anceps* L.f. (Campanulaceae) en la quebrada Bandurrias (25°13'LS; 70°26' LW), provincia de Antofagasta, II Región. La especie, era conocida, previamente, hasta Quintero (32°46' LS, 47°31' LW), Región de Valparaíso (V); este registro extiende su distribución, al norte de Chile, en más de 1000 km.

Palabras clave: *Lobelia*, Campanulaceae, Desierto de Atacama, Chile.

ABSTRACT

A new northern distributional record is reported for Lobelia anceps L.f. (Campanulaceae) from Región II, Prov. Antofagasta, Quebrada Bandurrias [25°13'S; 70°26'W]. This new record marks an extension of over 1000 kms north of the previous station at Región V, Prov. Quillota [32°46'S 47°31'W].

Key words: *Lobelia*, Campanulaceae, Atacama Desert, Chile.

The Atacama Desert forms a continuous strip for nearly 1600 km along the narrow coast of the northern third of Chile, in Regions I-IV: Tarapacá, Antofagasta, Atacama, and northern Coquimbo (Dillon & Hoffmann-J., 1997; Rundel, et al. 1991). A catalogue of the vascular flora of the Antofagasta Región (II) has been published (Marticorena et al., 1998) based upon over 8,500 herbarium vouchers from several Chilean institutions (CONC, ULS, SGO). The only species within the Campanulaceae recorded from Región II are *Lobelia oligophylla* (Wedd.) Lammers [listed as *Hypsela reniformis* (Kunth) K. Presl in Marticorena et al., 1998] and *Triodanis perfoliata* (L.) Nieuwl.

In 1997, while exploring the vegetation of quebrada Bandurrias [Región II, Prov. Antofagasta, 25°13'S; 70°26'W], immediately north of Taltal (Figures 1 & 2), a small population of *Lobelia anceps* L.f. (Campanulaceae) was discovered (Figure 3). This new northern record marks an extension of over 1000 km from the previous most northern record in Region V, Quintero [32°46'S 47°31'W] (Figure 4).

Lobelia is represented in Chile by nine species (Marticorena 1990, Lammers 1999), most restricted to the central and southern regions. *Lobelia anceps* is a small, trailing perennial herb with blue flowers (Figure 3) and typically encountered in near-ocean, moist habitats at elevations between 10-350 (-550) meters. Until recently, *Lobelia alata* Labill. was commonly used for this taxon (Marticorena & Quezada, 1985), a misapplied by Wimmer (1953) and reduced to synonymy by Thulin (1983, 1984). Herbarium vouchers suggest that *L. anceps* is found from Regions V to X, it is most frequently encountered between Concepción and Valdivia [see Appendix I].

In quebrada Bandurrias, *Lobelia anceps* was restricted to one moist area a few meters square. Individuals were found growing within dense clumps of *Cyperus laevigatus* and *Juncus acutus*. The population was generally restricted to the area within the area of dense vegetation in the photographs taken on 18 November 1997 (Figure 1) and 16 October 2000 (Figure 2). In the coastal region between Pan de Azúcar (26°15'S lat.) and El Cobre (~24°10'S lat.), there are perhaps 25-30 formations termed "aguadas" or places where underground water from the interior Andes reaches the surface in quebradas facing the ocean. This is the situation in quebrada Bandurrias, where mesic vegetation is confined to areas where the water reaches the surface. Associates growing in quebrada Bandurrias includes the species listed in Table I derived from database records (LOMAFLOR, unpublished data).

Figure 1. "Aguada" in quebrada Bandurrias, November, 19, 1997.



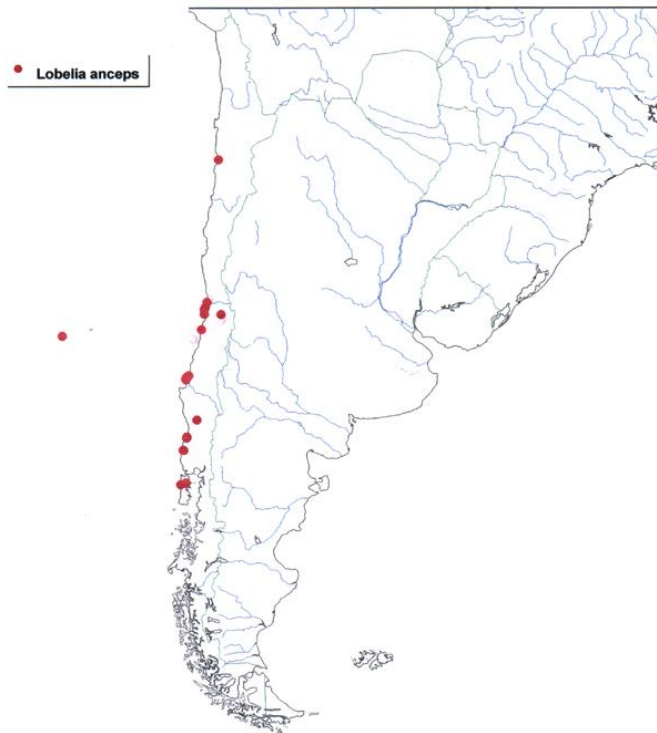
Figure 2. View of quebrada Bandurrias, October, 16, 2000.



Figure 3. *Lobelia anceps* L.F. habit, leaves and flowers.



Figure 4. *Lobelia anceps* L.f. distribution (Chile).



This new record is a considerable extension of range for *Lobelia anceps* in Chile; however, it should be no great surprise that this species was discovered outside of its native range in central Chile and the Juan Fernandez Islands (Figure 4). This species can best be described as circum-austral species with disjunct populations of *Lobelia anceps* recorded from Madagascar, Tanzania, Uganda, Australia, Tasmania, New Zealand (Chatham and Kermadec Islands) (Lammers, pers. comm.). The mode of disjunction which established the isolated population in quebrada Bandurrias is currently unknown. It may have been established as a result of either a long-distance dispersal event (Muñoz & Flores, 1991) or a vicariant relict which reflects past climate changes along the northern coast of Chile (Dillon & Muñoz, 1993; Troncoso et al., 1980). The seeds are likely salt tolerant given the near-ocean distribution and halophytic associated vegetation.

Table I. Species recorded from quebrada Bandurrias

Nolana aplocaryoides (Gaudich.) I.M. Johnst. (Solanaceae)

Nolana elegans (Phil.) Reiche (Solanaceae)

Nolana incana (Phil.) I.M. Johnst. (Solanaceae)

Nolana leptophylla (Miers) I.M. Johnst. (Solanaceae)

Nolana linearifolia Phil. (Solanaceae)

Nolana ramosissima I.M. Johnst. (Solanaceae)

Nolana sedifolia Poepp. (Solanaceae)

Nolana villosa (Phil.) I.M. Johnst. (Solanaceae)

Lycopersicon chilense Dunal (Solanaceae)

Reyesia chilensis Gay (Solanaceae)

Cristaria integerrima Phil. (Malvaceae)

Plantago pachyneura Steud. (Plantaginaceae)

Juncus acutus L. (Juncaceae)

Cyperus laevigatus L. (Cyperaceae)

Atriplex clivicola I.M. Johnst (Chenopodiaceae)

Parietaria debilis G. Forst. (Urticaceae)

Cotula coronopifolia L. (Asteraceae)

Spergularia sp. (Caryophyllaceae)

Werdermannia anethifolia (Phil.) I.M. Johnst. (Brassicaceae)

The data from the herbarium collection is presented here:

***Lobelia anceps* L.f**

CHILE. Región II, Prov. Antofagasta, quebrada Bandurrias [25°13'S; 70°26'W]. Coastal lomas formations, 80 m. Scandent, trailing herbs; flowers blue and maroon, 19 Nov 1997, *M. O. Dillon & C. Trujillo C. 8068* (CONC, F, SGO).

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge National Science Foundation SGER Grant (DEB-9801297) and the generosity of Marshall and Laura de Ferrari Front for support of the field studies that yielded this record. Sr. Miguel & Sra. Erica Finger, Sr. Jorge Guerra, Sr. Roberto Perucci, Sr. Nano Tay, and Sr. Maximino Villarroel are thanked for logistical support during field studies. We also wish to thank various botanists that have aided in herbarium study, especially Dr. Clodomiro Marticorena, Dra. Mélica Muñoz-Schick, and Dr. Max Quezada. We acknowledge the assistance and cooperation of Dra. Beatriz Palma, Universidad de Las Americas; and Sr. Fernando S. Bascuñán and Sr. Pedro Araya Rosas (CONAF) for help in acquiring collecting permits. Dr. Thomas Lammers is thanked for providing information on the nomenclature and distribution of *Lobelia* species and providing voucher data from collections housed at CONC. He is also acknowledged for originally confirming of the identity of *Dillon & Trujillo 8068* (F). Lastly, we wish to thank Sr. Sebastián Teillier for support and encouragement to publish this in *Chloris Chilensis*.

LITERATURE CITED

DILLON, M.O. & A. E. HOFFMANN-J. 1997. Lomas Formations of the Atacama Desert, Northern Chile, pp. 528-535. In: S. D Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-McBryde, J. Villa-Lobos and A. C. Hamilton (eds.), *Centres of Plant Diversity, A Guide and Strategy for their Conservation*. WWF, Information Press, Oxford, U.K.

DILLON, M.O. & M. MUÑOZ-SCHICK. 1993. A revision of the dioecious genus *Griselinia* (Griselinaceae), including a new species from the coastal Atacama Desert of northern Chile. *Brittonia* 45: 261-274.

LAMMERS, T. 1999. Nomenclatural consequences of the synonymization of *Hypsela reniformis* (Campanulaceae: Lobelioideae). *Novon* 9: 73-76.

- MARTICORENA, C. 1990. Contribución a las estadísticas de la flora vascular de Chile. Gayana, Bot. 47(3-4): 85-113.
- MARTICORENA, C. & M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana, Bot. 42(1-2): 1-157.
- MARTICORENA, C., O. MATTHEI, M.T.K. ARROYO, M. MUÑOZ, R.A. RODRIGUEZ, F. SQUEO & G. ARANCIO. 1998. Catalogue of the vascular flora of the Second Region (Antofagasta), Chile. Gayana, Bot. 55(1): 23-83.
- MUÑOZ-SCHICK, M. & J. FLORES A. 1991. Hallazgo de la especie *Pernettya insana* (Ericaceae) alejada de la distribución conocida hasta ahora. Not. Men., Mus. Nac. Hist. Nat. 318: 2-6.
- RUNDEL, P.W., M.O. DILLON, B. PALMA, H. A. MOONEY, S. L. GULMON, & J. R. EHLERINGER. 1991. The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian Deserts. Aliso 13(1): 1-50.
- THULIN, M. 1983. Some tropical African Lobeliaceae. Chromosome numbers, new taxa and comments on taxonomy and nomenclature. Nordic J. Bot. 3: 371-382.
- THULIN, M. 1984. Lobeliaceae, Flora of Tropical East Africa pps. 1-59.
- TRONCOSO, A., C. VILLAGRÁN & M. MUÑOZ. 1980. Una nueva hipótesis acerca del origen y edad del bosque de Fray Jorge (Coquimbo, Chile). Bol. Mus. Nac. Nist. Nat. 37: 117-152.
- WIMMER, F. E. 1953. Campanulaceae-Lobelioideae II. Teil. Pp. i-viii, 261-814 in R. Mansfeld (editor), Das Pflanzenreich IV.276b. Akademie-Verlag, Berlin.
-

APPENDIX I

Coordinates and localities of vouchers of *Lobelia anceps* from CONC (until 1989).

- 32°46, 71°31 - Valparaíso: Quintero
33°02, 71°38 - Valparaíso: Las Docas
33°04, 71°39 - Valparaíso: Curauma
33°08, 71°43 - Valparaíso: Curauma
33°23, 71°43 - Valparaíso: El Quisco
33°27, 70°40 - Santiago: Santiago
33°45, 80°46 - Isla Juan Fernández,
Masafuera

34°12, 71°57 - Colchagua: Tanumé
36°35, 72°58 - Concepción: Tomé
36°39, 73°06 - Concepción: Talcahuano,
península de Tumbes
36°43, 73°07 - Concepción: Talcahuano,
península de Tumbes
36°45, 73°11 - Concepción: Talcahuano,
Ramuncho
36°47, 73°09 - Concepción: Talcahuano,
Hualpén
38°58, 72°39 - Cautín: Toltén
39°49, 73°24 - Valdivia: Loncoyén
39°51, 73°24 - Valdivia: Niebla
39°52, 73°25 - Valdivia: Amargos
40°30, 73°44 - Osorno: Maicolpué
40°32, 73°41 - Osorno: Pucatrihue
42°15, 73°45 - Chiloé: isla Doña Sebastiana
42°19, 74°08 - Chiloé: isla Grande de Chiloé

Cite this article as:

Dillon, M.O. & C. Trujillo. 2000. A new record for *Lobelia anceps* (Campanulaceae) in northern Chile. *Chloris Chilensis*, Año 3 N° 2: URL: [http:// www.chlorischile.cl](http://www.chlorischile.cl)

**ASPECTOS FILOGENÉTICOS Y BIOGEOGRÁFICOS DE *SOPHORA* SECT.
EDWARDSIA (PAPILIONATAE)**

R. C. Peña, L. Iturriaga, G. Montenegro¹ & B. K. Cassels²

¹ Departamento de Ciencias Vegetales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, 22-Santiago, Chile. ² Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Casilla 653, Santiago, Chile.

ABSTRACT

Sophora comprises 45-50 species of world distribution. No general proposal on the evolution of the species has been put forth. We have now attempted to use cladistic relationships of the quinolizidine alkaloids (matrine, sparteine, methylcitisine, anagryne and sophoranol) besides morphological and palynological characters to suggest a reasonable hypothesis. On phylogenetic grounds, the mainland Chilean species of *Sophora* appear to have been derived from ancestors near the extant Argentinean species *S. linearifolia* and *S. rhynchocarpa* and the psammophyte *S. tomentosa*, growing at tropical coastal sites around the world. Though *Sophora* sect. *Edwardsia* does not constitute a monophyletic group, it may be merged with *Sophora* sect. *Edwardsia* including *Calia* (*S. secundiflora*), excluding *Styphnolobium*.

The Boreotropic hypothesis of Lavin and Luckow (1993) is incorporated in our model. A primary diversification center in South America and subsequent migration to the Indian Ocean and Nueva Zelandia, Easter Island, the Juan Fernández and possibly the Hawaiian Islands, is the most parsimonious explanation for the evolution of the *Edwardsia* species (2 mainland Chilean and 9 insular) taking into account comparative morphological, palynological, and chemical evidence.

Our results are consistent with Lavin and Lucklow's (1993) hypothesis. First, *Sophora* is a taxonomic group that meet the following three criteria: a center of diversity in North America, an early Tertiary fossil record in North America, and a pantropical distribution. *Styphnolobium*, *Sophora* and *Calia* are representatives of *Sophora* in the United States, suggesting migration of the latter from the Northern hemisphere to South America. Another two cases demonstrated in the Papilionaceae are *Robinia* (Lavin and Luckow 1993) and the Psoraleeae (Grimes 1990). The fossil record of *Styphnolobium* is present in Middle Eocene deposits (Sousa and Rudd 1993).

Consistent with the Boreotropic hypothesis, a primary diversification center in South America and subsequent migration to the Indian Ocean and Nueva Zelandia, the Juan Fernández, Easter, and possibly the Hawaiian Islands, is the simplest explanation for the evolution of the *Edwardsia* species (2 mainland South American and 9 ultramarine) taking into account comparative morphological, palynological, and chemical evidence (Figure 2).

Key words: *Sophora*, *Styphnolobium*, cladistics, filogenie, Fabaceae.

INTRODUCCION

Se han revisado los trabajos de Allan (1961); Yakovlev (1967); Green (1970); Godley (1979); Isely (1981), Tsoong & Ma (1981) y Heenan (1998) y se han aceptado como especies válidas las que se muestran en la Tabla 1 considerando varios autores del género *Sophora*. Tsoong & Ma (1981) reducen el género *Calia* a *Styphnolobium*, sin embargo, es mejor considerar dos taxa genéricos tomando en cuenta, primero las diferencias citogenéticas, el número cromosómico y los cariotipos y, luego, el modo de germinación distintivo de *Styphnolobium* y *Calia* (Palomino et al. 1993).

Soussa & Rudd (1993) distinguen a *Sophora*, donde incluyen hierbas perennes, arbustos o árboles, con flores sin bracteolas y legumbres dehiscentes, de *Calia* y *Styphnolobium*, árboles con flores con bracteolas y frutos indehiscentes (lomentos), *Styphnolobium* difiere de *Calia* en sus hojas con estípulas, y sus legumbres con endocarpio y mesocarpio carnosos. *Styphnolobium affine* (Torr. et A. Gray) Walp. crece en bosques caducifolios y praderas, en tanto que *Styphnolobium japonicum* es árbol caducifolio, endémico de China. *Sophora macrocarpa*, es un arbusto endémico, importante de Chile, donde crece en sitios abiertos o bajo el dosel de los bosques en áreas con clima mediterráneo. *Sophora prostrata*, a su vez, es un arbusto divaricado, rizomatoso de Nueva Zelandia, donde crece en praderas y lugares rocosos. En contraste, la mayoría de las especies de *Edwardsia* prefieren

planicies bajas o montañosas, bajas, situadas junto a ríos, márgenes de bosque o faldeos.

S. longicarinata, afín a *S. microphylla* es una especie que ha sido recientemente revalidada; es un arbusto o árbol de hábitats intervenidos, conocido del área de Takaka en el norte de la South Island, en Nueva Zelandia, su distribución se restringe a sitios marmóreos o calizos (Heenan 1998).

Sophora fernandeziana es una especie del archipiélago de Juan Fernández, que crece en sitios de cierta altitud ocupando cerros donde se asocia con *Myrceugenia fernandeziana* (H. et A.) Johow y *Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz. *S. denudata* es un arbolito de la isla de la Reunion, donde crece sobre el nivel de *Acacia heterophylla* Willd. y se asocia frecuentemente con la ericacea *Philippia montana* Klotsch. Finalmente *Sophora chrysophylla*, es el árbol principal en el ecosistema limite arbóreo de Mauna Kea (Hawaii) y Haleakala (Maui), es la reemplazante en la sucesión de *Metrosideros polymorpha* Gaud. (Mueller-Dombois 1987).

La primera hipótesis que explicaba el origen de *Edwardsia*, sugería que su centro de distribución estaba en el Pacífico Occidental con una migración subsecuente y diferenciación de oeste a este alcanzando a Sudamérica, Hawaii, Juan Fernández, la isla de Pascua, Gough Island (Diego Álvarez) en el océano Atlántico y La Réunion en el océano Indico (Sykes & Godley 1967).

Recientemente, Murray (1986) y Murray & Porter (1980) habían establecido que *Sophora macrocarpa* es derivada de *Sophora microphylla* de Nueva Zelandia, sobre la base de la similitud de los polipéptidos y la composición de la proteína de la semilla de ambos taxa. Sorprendentemente, los autores también reconocen la gran similitud entre estos taxa y *Pisum sativum*, lo que parece indicar que sus métodos no discriminan, aun, a nivel supragenérico. De igual modo, Markham & Godley (1972) no segregan los materiales americanos (Chile), Gough Island o de Chatham Island, de North y South Islands de Nueva Zelandia, usando sus patrones de constituyentes fenólicos. Evidencia circunstancial adicional citada por Murray (1986) considera el carácter hidrocórico de las semillas de *Sophora microphylla*. Ramírez & Romero (1978) también han observado el potencial de dispersión hidrocórica en *Sophora macrocarpa*.

Por otra parte, no habría dificultad en considerar a *Sophora macrocarpa* como la especie fundadora de la sección, en primer lugar debido a sus posibles relaciones con las especies sudamericanas perteneciente a la sección *Sophora*, y en segundo lugar, debido a su potencial para la dispersión hidrocórica de sus semillas. Dos especies de Argentina son muy afines a *Sophora macrocarpa*, a saber, *Sophora linearifolia* y *Sophora rhynhocarpa*, de distribución restringida a las provincias de Córdoba, San Luis y Salta, respectivamente; ello debido a sus lomentos grandes y ápteros, y a sus semillas pardo oscuras grandes (cf. Burkart 1952). En la misma posición, Skottsberg (1956) había

advertido que los taxa insulares chilenos *Sophora fernandeziana*, *Sophora masafuerana* y *Sophora toromiro* eran especies afines y se podrían unificar en *Sophora tetraptera*. En el archipiélago de Juan Fernández se observa un gran número de especies endémicas siendo la fuente principal de sus angiospermas la flora continental de Sud América, la que representa un 47 % (Hoffmann & Marticorena 1986).

El nexa entre las secciones *Sophora* y *Edwardsia* es *Sophora macrocarpa*, en la última sección, el cambio en la morfología floral se puede relacionar con la presencia de un vector de polinización nuevo. Mientras que *Calia*, *Sophora* y *Styphnolobium* son especies melitófilas y tienen el estandarte erecto, *Edwardsia* lo tiene extendido, y es visitada por aves. Un cambio así ya había sido demostrado en *Harpalyce*, (Galegeae-Brongniartiae), cuyas flores resupinadas son inadecuadas para asegurar una polinización eficaz por abejas (Arroyo 1976). Las Drepanididae visitan a *Sophora chrysophylla* en Hawaii; el colibrí, *Patagona gigas*, visita a *Sophora macrocarpa* en Chile (Arroyo 1981), en tanto que otros colibríes polinizan a *Sophora tetraptera* y *Sophora microphylla* en Nueva Zelanda. Un dato interesante, es que el néctar de la ornitófila *Sophora microphylla* mata a las abejas, pero, aparentemente, no es dañino para las aves (Arroyo 1981).

Las angiospermas estaban presentes en Nueva Zelanda en el Cenomaniano, unos 100 millones de años AP. En ese tiempo, Nueva Zelanda estaba en contacto directo con Australia, Nueva Caledonia, la Antártica, India y Sudamérica (Raven 1973), sin embargo, no existe antecedentes palinológicos de la existencia de *Sophora* antes del Cuaternario (Mindelhall 1980). La presencia de *Sophora* en Australia parece ser reciente, considerando su escasez: *Sophora fraseri* Benth. y *Sophora tomentosa* subsp. *australis* Yakovl., ambos de Queensland (*fide* Yakovlev 1967). Todas las islas volcánicas del océano Pacífico parecen tener unos pocos millones de años. En el archipiélago de Hawaii, por ejemplo, Kauai apareció hace unos 4,4 - 5,7 millones de años AP y Hawaii entre 0,1 - 0,45 millones de años AP (Mac Donald *et al.* 1983). En el archipiélago de Juan Fernández, la isla Más a Tierra ha sido fechada entre 3,7 y 4,3 millones de años AP y la Más Afuera entre 1,0 y 2,4 millones de años AP (Stuessy *et al.* 1984). La lava del cráter de Poike en la isla de Pascua tiene 2,5 millones de años (Zizka 1988). Así, un origen americano para esta sección se convierte en una alternativa atractiva y que contrasta con el origen gondwánico sugerido para las especies de *Edwardsia*, como se puede deducir del razonamiento de Sykes & Godley (1968) y de Murray (1986) (Kalin-Arroyo, comunicación pers.)

Los antecedentes palinológicos y químicos podrían corroborar o refutar la hipótesis de una relación estrecha entre los taxa de *Sophora* de Juan Fernández y las poblaciones de Sudamérica afines a

Sophora macnabiana (*S. microphylla* de Sud América), que con los ancestros antes postulados de origen Antarto-Pacífico.

No se disponen de estudios micromorfológicos recientes, con la excepción de un análisis parcial de las cutículas de algunas especies de *Sophora* pertenecientes a la sección *Edwardsia* (Lowin & Barthlott 1988; Aldén & Zizka 1989), todas muy parecidas. Muchos años antes, Heusser (1960) había descrito los granos de polen de las especies continentales de *Edwards* como tricolporados, subprolados, con una exina suprarreticular de 1 µm de grosor. Peña et al. (1983) estudiaron la arquitectura de las exinas de varias *Edwardsia*, comparativamente a *Styphnolobium*.

El propósito de este trabajo es levantar una hipótesis alternativa para explicar el origen de *Edwardsia* utilizando los antecedentes químicos, morfológicos y palinológicos comparados.

Tabla 1. Nomenclatura del material estudiado, incluyendo secciones.

| Género | Especie | Autor | Sección |
|----------------|----------------------|-----------------------------|----------------|
| <i>Sophora</i> | <i>secundiflora</i> | Ortega ex DC. | Calia |
| <i>Sophora</i> | <i>chrysophylla</i> | (Salisb.) Seem. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>denudata</i> | Bory | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>fernandeziana</i> | (Phil.) Skottb. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>howinsula</i> | (Oliv.) Green | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>linearifolia</i> | Griseb. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>longicarinata</i> | G. Simpson et J.S. Thompson | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>macnabiana</i> | (Grah.) Skottb. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>macrocarpa</i> | J. E. Sm. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>masafuerana</i> | (Phil.) Skottb. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>microphylla</i> | Ait. | Edwardsia |

| Género | Especie | Autor | Sección |
|----------------------|---------------------|--------------|----------------|
| <i>Sophora</i> | <i>prostrata</i> | Buchan. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>tetraptera</i> | J. Mill. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>toromiro</i> | L. | Edwardsia |
| <i>Sophora</i> | <i>rhynchocarpa</i> | Griseb. | Sophora |
| <i>Sophora</i> | <i>tomentosa</i> | Griseb. | Sophora |
| <i>Styphnolobium</i> | <i>japonicum</i> | (L.) Schott | Stiphnolobium |

MATERIALES Y MÉTODOS

Las exinas de los granos de polen de las especies de *Sophora* se examinaron mediante microscopía de barrido. Los granos de polen se metalizaron con una capa de oro-paladio de 30-40 nm de grosor y luego se fotografiaron con un microscopio *Autoscan Siemens* según el método de Lynch & Webster (1975). Las mediciones de los granos de polen se obtuvieron desde las micrografías de baja resolución y la ornamentación de la exina se describió desde las placas tomadas a 10000 x aumentos. Dado que el material de herbario fue escaso no fue posible asignar valores medios o modales. Sólo se proveyó rangos de medición para los granos de polen junto a la ornamentación de la exina.

La extracción de los alcaloides y el análisis de GLC ya fueron descritos y discutidos en un artículo previo (Peña & Cassels, 1996).

Los caracteres se polarizaron mediante la técnica del *outgroup* (grupo externo), y se procesaron con la opción para árboles múltiples más parsimoniosos (mhennig*) con cambio global de ramas (bb*) de Hennig 86 (Farris 1988) y por la opción de búsqueda por enumeración implícita (ie*) con caracteres no aditivos. Los estados de los caracteres se muestran en el Apéndice 1. Los caracteres indeterminados se codificaron como 9 en la Tabla 2 se procesaron como 0 (sinapomórficos).

La selección de un *out group* operativo para *Edwardsia*, descansa en otras secciones de *Sophora*, especialmente *Calia* y en el género *Styphnolobium*. Muchos caracteres muestran que esos dos géneros se parecen (Nota del autor: *Calia* fue considerada en el rango de género por Yakovlev). Una cantidad de características de *Styphnolobium* Schott. permiten considerarla como un *out-group* de *Sophora*: la presencia de estípulas, el albumen de reserva en sus semillas, el número

RESULTADOS

En un trabajo anterior, hemos propuesto un origen sudamericano para la sección *Edwardsia* de *Sophora* (Peña *et al.* 1993), tomando en consideración información palinológica. Muchas líneas de evidencia no serían congruentes con un centro de origen en Nueva Zelandia para *Edwardsia* como entidad. Posteriormente, confirmamos (Peña & Cassels 1996) esta hipótesis incorporando evidencia fitoquímica. Aunque los caracteres químicos son discriminantes pobres, estos no invalidan nuestra propuesta de un centro de diversificación primario en Sudamérica y una migración ultramarina a los océanos Pacífico e islas del Índico.

El cladograma del grupo *Sophora* sect. *Edwardsia* (Figura 1) es uno de los cuarenta y tres más parsimoniosos generados usando la opción para árboles múltiples más parsimoniosos (mhennig*) con cambio global de ramas (bb*) de Hennig 86. El cladograma posee 84 pasos, un índice de consistencia de 0.36, y un índice de retención de 0.60. Las relaciones discutidas abajo son las que se resuelven consistentemente en 25 cladogramas. Resultados similares se obtuvieron con la opción de búsqueda con enumeración (ie*). Los otros 18 cladogramas son variantes de la que presentamos, y no tienen importancia en la discusión sobre el origen del grupo *Edwardsia*. Sólo cuatro representan arreglos no monofiléticos de la sect. *Edwardsia*, parcialmente debido a los caracteres químicos homoplásicos; por esto, *Sophora tomentosa* a veces converge con taxa de *Edwardsia* más avanzadas.

El cladograma presenta las relaciones que se resuelven consistentemente en cinco árboles, mostrados en la Figura 1, *Edwardsia* es monofilético por los caracteres 6, 8, 15 y 19. *Sophora microphylla*, *Sophora toromiro*, *Sophora tetraptera*, *Sophora macnabiana*, *Sophora masafuerana* y *Sophora howinsula* son grupos hermanos. *Calia* (*Sophora secundiflora*) aparece como un arreglo parafilético de *Sophora* sect. *Edwardsia*. Tanto *Calia* como *Edwardsia* tienen cotiledones con germinación epigea, lo que contrasta con las secciones *Styphnolobium* y *Sophora* en que son hipógeas. Este estado se consideró como simplesiomórfico.

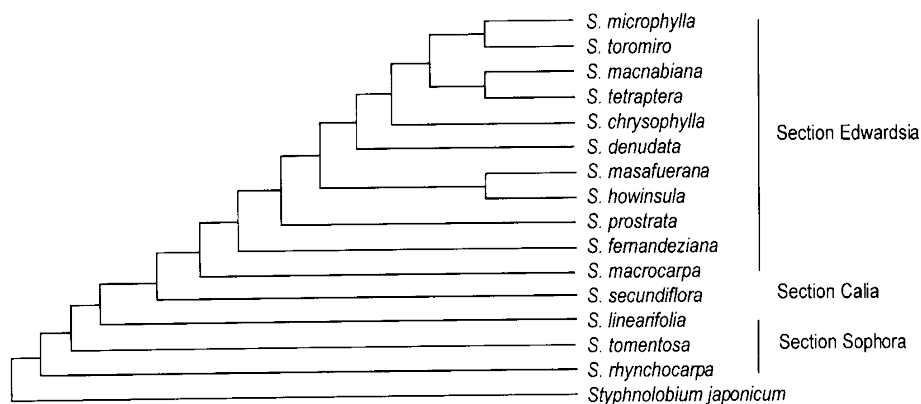
Los siguientes caracteres basados en compuestos químicos son informativos: reemplazo de alcaloides quinolidínicos tetracíclicos por tricíclicos, a saber: *Calia* [sect. *Calia* (Berland) Rudd.] que posee un contenido de citisina alto, análogo a *Edwardsia*, en contraste con la sección *Sophora*, que tiene un contenido mayor de esparteína. Al respecto, Hoeneisen *et al.* (1993) aislaron formilcitisina de dos especies chilenas: *Sophora fernandeziana* y *Sophora macnabiana*. Probablemente la única conexión química encontrada entre estas dos especies y la aparente

exclusión de otras, aunque representaría sólo un paso intermedio biosintético de metilcitisina y citisina, común es hacia los taxa de *Edwardsia*. Markham & Godley (1972) reducen *Sophora macnabiana* (Chile) a las poblaciones de *Sophora microphylla* (Nueva Zelandia) considerando la similitud de los patrones flavonoideos foliares. Nuestros resultados químicos con los alcaloides de las semillas contradicen los resultados respecto a una relación entre estas especies, especialmente si se considera la razón de metilcitisina/citisina: una población de Nueva Zelandia acumula el metil derivado, mientras que las poblaciones de Chile contienen porciones mayores del compuesto no-metilado.

Sophora denudata y *Sophora chrysophylla* exhiben algunas similitudes en caracteres morfológicos (1, 6-10, 14-16) palinológicos (23), germinación (24) y algunos químicos (19, 21). *Sophora microphylla* y *S. macnabiana* exhiben muchos caracteres apomórficos, estos son. 1-5, 7-16, 18-19, 23-24.; sin embargo, *Sophora toromiro* sólo difiere de éstas en la ornamentación de la exina (23), dos caracteres químicos (17, 21) y en tres caracteres morfológicos (2, 4 y 6). Químicamente, estas dos especies se pueden ligar con *Sophora tetraptera* y *Sophora macnabiana* por sus contenidos en citisina y esparteína (18, 19).

La relación entre *Sophora masafuerana* y *Sophora howinsula* aparece como dudosa dada la presencia en *Sophora howinsula* de muchos caracteres indeterminados, aquí codificados como 0, o de caracteres simplesiomórficos tales como 17 y 21 y, adicionalmente, 16 y 23.

Figura 1. Cladograma de *Sophora* sect. *Edwardsia*, usando 22 caracteres: 1-16: morfológicos; 17-23: químicos y 24: germinación.



DISCUSION

Generalmente se afirma que la familia Papilionaceae es de origen Gondwánico, debido a su mayor diversidad en África tropical y Sud América (Raven 1973; Raven & Polhill, 1981; Kamp 1980). En este tenor, se supone que los representantes norteamericanos se originaron de poblaciones ancestrales sudamericanas (Taylor 1990).

La información incompleta utilizada en estudios previos no permite elaborar hipótesis para explicar el origen y evolución de las especies del género *Sophora*, especialmente las de la sección *Edwardsia*. Hemos podido relacionar, sin embargo, antecedentes geológicos, palinológicos, morfológicos, de germinación y químicos, obtenidos del material del continente sudamericano (Chile) de las islas oceánicas (5 especies) y de otras colecciones de *Edwardsia* (La Réunion (1), Nueva Zelandia (4) y Hawaii (1).

Sophora macnabiana, una especie americana (Chile) afín a *Sophora microphylla*, y putativamente derivada de ella, representa el taxon más avanzado en la sección *Edwardsia*. *Sophora fernandeziana* y *Sophora macrocarpa* comparten caracteres ancestrales, morfológicos, químicos o palinológicos. Considerando la flora del archipiélago Juan Fernández, *Sophora fernandeziana* aparece como más cercana a *Sophora macrocarpa* (6-8, 15, 16, 19, 20, 24), pero la evolución paralela parece la explicación más simple para esto. De modo análogo, *Sophora masafuerana* parece más próxima al grupo *microphylla*. Los caracteres palinológicos de *Sophora fernandeziana* y *Sophora macrocarpa* (exina heterobrocada) contrastan con la exina homobrocada de *Sophora masafuerana*, *Sophora macnabiana*, y con la mayoría de las especies de *Edwardsia* insulares (Peña *et al.* 1993). Por esto, la derivación de las especies insulares, especialmente de *Sophora fernandeziana*, a partir de especies continentales no puede descartarse. *Sophora macrocarpa* y *Sophora fernandeziana* comparten varios caracteres: ausencia de aurículas en los pétalos, presencia de estípulas, porcentaje de matrina y relación entre los contenidos de metilcitisina y citisina.

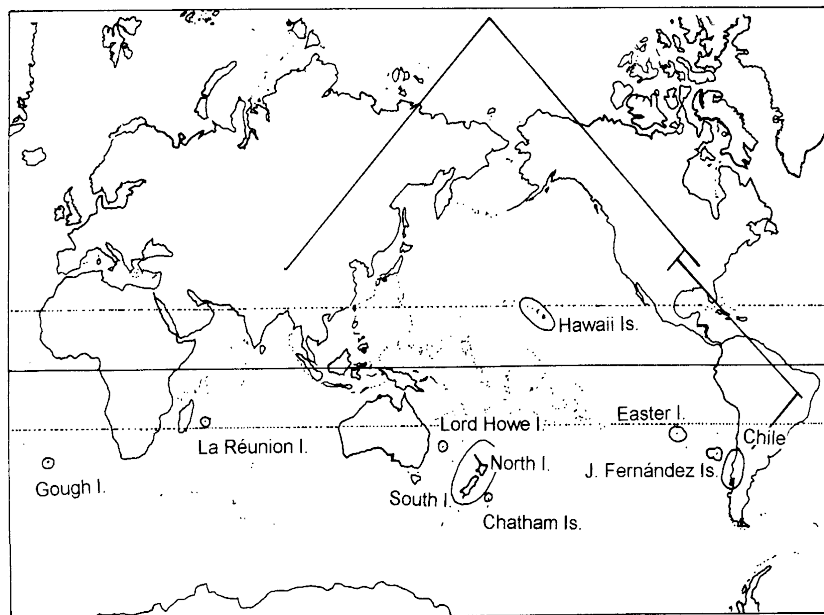
Sophora howinsula, *Sophora chrysophylla* y *Sophora tetraptera* están muy relacionadas entre sí. Todas las especies son árboles con semillas pequeñas, con frutos no-pubescentes y granos de polen con exinas homobrocadas. *Sophora toromiro* aparece afín a *Sophora tetraptera*, juzgando el color, el número de semillas y el tipo de lomento, mientras que químicamente se parece a *Sophora microphylla* (17-21); es interesante que la exina con ornamentación heterobrocada de *Sophora toromiro* difiere de las exinas de *Sophora tetraptera* y de *Sophora chrysophylla*.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados favorecen la hipótesis boreotropical, con un centro de diversificación primario en Sud América, con migración subsecuente al océano Indico, Nueva Zelandia, Juan Fernández, isla de Pascua, y posiblemente al archipiélago de Hawaii, siendo ésta, la explicación más simple para la evolución de las especies de *Edwardsia* -2 continentales, sudamericanas, y 9 ultramarinas- cuando se consideran los antecedentes de morfología, palinología y fitoquímica (Figura 2).

Al respecto, nuestros resultados son consistentes con la hipótesis de Lavin & Lucklow (1993) porque *Sophora* es un grupo taxonómico que reúne los siguientes tres criterios: un centro de diversidad en Norteamérica, un registro fósil Terciario en Norteamérica y una distribución pantropical. *Styphnolobium*, *Sophora* y *Calia* son representantes de *Sophora* s.l. en los Estados Unidos y su presencia allí sugiere una migración de *Sophora* desde el hemisferio norte, donde *Styphnolobium* estaba presente ya en los depósitos del Eoceno medio (Sousa & Rudd 1993) a Sudamérica.

Figura 2: Cladograma de área de algunos representantes de *Sophora*. El cladograma muestra los elementos sudamericanos derivados de linajes del hemisferio norte, *Styphnolobium* y *Calia*.



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Prof. Mary Kalin Arroyo por la sugerencia de un origen americano de *Edwardsia* y por una cantidad de pruebas aportadas para sustentar esta hipótesis. Los autores también quieren agradecer a las generosas fuentes de material vegetal a través de los curadores de SI, BISH, SSUC y SGO, y a la Dra. Carolina Villagrán por sus valiosos comentarios. Un ejemplar del programa de *Farris Hennig 86* fue facilitado generosamente por la Sra. Charlotte Taylor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, H. H. 1961. Leguminosae. In: Flora of Nueva Zelandia. 1:480-627. K. E. Owen, Wellington, Nueva Zelandia.
- ALDÉN, B., & G. ZIZKA. 1989. Der Toromiro (*Sophora toromiro*) eine ausgestorbene Pflanze wird wiederentdeckt. Natur und Museum 1 (19): 145-152.
- ARROYO, M. T. K. 1976. The systematics of the legume genus *Harpalyce* (Leguminosae, Lotoideae). Memoirs of the New York Botanical Gardens. 26 (4): 1-80.
- ARROYO, M. T. K. 1981. Breeding systems and pollination biology in Leguminosae. In R. M. Polhill and P. H. Raven (eds.). Advances in Legume Systematics, 723-769.
- BAILEY, B. H. 1974. Galactomannans and other soluble polysaccharides in *Sophora* seeds. Nueva Zelandia Journal of Botany. 12: 131-136.
- BURKART, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas en Argentina. Acme Editores, Buenos Aires.
- FARRIS, J. S. 1988. Hennig86. Version 1.5, Port Jefferson Station, New York.
- GODLEY, E. J. 1979. Leonard Cockayne and evolution. Nueva Zelandia Journal of Botany 17: 197-215.
- GOLDBLATT, P. 1981. Cytology and the phylogeny of Leguminosae. Pp. 427 - 463. In: Polhill, R. M. and P. H. Raven (Eds.). Advances in Legume Systematics, Royal Botanical Gardens, Kew.
- GREEN, P. S. 1970. Notes to the floras of Norfolk and Lord Howe Islands. Journal of Arnold Arboretum. 51: 204-220.
- GRIMES, J. W. 1980. A revision of the New world species of Psoraleeae. (Leguminosae-Papilionoideae). Memoirs of the New York Botanical Gardens. 61: 1-113.
- HEENAN, P. B. 1998 Reinstatement of *Sophora longicarinata* (Fabaceae-Sophoreae). Nueva Zelandia Journal of Botany 36:369-379.
- HEUSSER, C. 1964. Pollen and spores of Chile. Modern types of the Pteridophyta, Gymnospermae, and Angiospermae. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.

- HOENEISEN, M., M., SILVA, M. WINK, D. CRAWFORD, & T. STUESSY. 1993. Alkaloids of *Sophora* of Juan Fernandez Islands and related taxa. Boletín de la Sociedad Chilena de Química. 38: 167-171.
- HOFFMANN, A. J. & C. MARTICORENA. 1987. La Vegetación de las Islas Oceánicas Chilenas - The Vegetation of the Chilean Oceanic Islands. Pp. 127-165. In: J. C. Castilla (Ed.) Islas Oceánicas Chilenas: Conocimiento Científico y Necesidades de Investigaciones. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- ISELY, D. 1981. Leguminosae of the United States. III Subfamily Papilionoideae: Tribes Sophoreae, Podalyriaceae, Loteae. Memoirs of the New York Botanical Gardens 25(3): 1-264.
- KAMP, P. J. J. 1980. Pacifica and Nueva Zelandia: proposed eastern elements in Gondwanaland's history. Nature 288: 659-664.
- LAVIN, M., & M. LUCKOW. 1993. Origins and relationships of tropical North America in the context of the boreotropics hypothesis. American Journal of Botany. 80 (1): 1-14.
- LYNCH, S. P., & G. L. WEBSTER. 1975. A new technique of preparing pollen for scanning electron microscopy. Grana 15: 127-136.
- LOBIN, W., & W. BARTHLOTT. 1988. *Sophora toromiro* (Caesalpinaceae, Leguminosae) the lost tree of Easter Island. Botanical Gardens Conservation News. 1(3): 32 - 34.
- MACDONALD, G. A., A. T. ABBOTT & F. L. PETERSON 1983. Volcanoes in the Sea. The geology of Hawai'i. 2nd. Ed. University Press of Hawai'i, Honolulu.
- MARKHAM, K. R. & E. J. GODLEY 1971. Chemotaxonomic studies in *Sophora*. An evaluation of *Sophora microphylla* Ait. Nueva Zelandia Journal of Botany 10: 627 - 640.
- MINDELHALL, D. C. 1980. Nueva Zelandia late Cretaceous and Cenozoic plant biogeography: a contribution. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 31: 197 - 233.
- MUELLER-DOMBOIS, D. 1987 Forest dynamics in Hawaii. Treend in ecology & evolution 2(7):216-220.
- MURRAY, D. R. 1986. Seed Dispersal. Academic Press, Sydney, Orlando, San Diego.
- MURRAY, D. R., & I. J. PORTER. 1980. A comparative electrophoretic study of seed albumins from *Sophora microphylla* and *Pisum sativum* cultivar Greenfast (Leguminosae). Plant Systematics and Evolution 134 (314): 207-214.
- PALOMINO, G. MARTÍNEZ, P., BERNAL C., & M. SOUSA. 1993. Diferencias cromosómicas entre algunas especies de los géneros *Sophora* L. y *Styphnolobium* Schott. Annales of Missouri Botanical Garden 80:284-290.
- PEÑA, R. C., ITURRIAGA, L., A. M. MUJICA & G. MONTENEGRO. 1993. Análisis micromorfológico de polen de *Sophora* (Papilionaceae) Hipótesis filogenética sobre el origen de la

- sección *Edwardsia*. *Gayana* 50(2): 57-65.
- PEÑA, R. C. & B. K. CASSELS. 1996. Phylogenetic relationships between Chilean *Sophora* species (Papilionaceae). *Biochemical Systematics and Ecology*. 24(7-8): 725-733.
- POLHILL, R. H. 1981. Sophoreae. Pp. 213-230. In: R. M. Polhill and P. H. Raven *Advances in Legume Systematics*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- RAMÍREZ, C., & M. ROMERO. 1978. El Pacífico como agente diseminante en el litoral chileno. *Ecología* 3(1): 19 - 30.
- RAVEN, P. H. 1973. Evolution of subalpine and alpine plant groups in Nueva Zelandia. *Nueva Zelandia Journal of Botany*. 11: 177-200.
- SKOTTSBERG, C. 1956. Derivation of the flora and fauna of Juan Fernández and Easter Islands. Pp. 193-439. In: *The Natural History of Juan Fernandez and Easter Island* Almqvist Wiksells, Uppsala.
- SOUSA, M., & V. E. RUDD. 1993. Revisión del género *Styphnolobium* (Leguminosae: Papilionoideae: Sophoreae). *Annals of the Missouri Botanical Gardens*. 80: 270-283.
- STUESSY, T. F., K. A. FOLAND, J. F. SUTTER, R. W. SANDERS, & M. O. SILVA. 1984. Botanical and geological significance of potassium-argon dates from the Juan Fernández Islands. *Science* 225: 4951.
- SYKES, W. R. & E. G. GODLEY. 1967. Transoceanic dispersal in *Sophora* and other genera. *Nature* 218: 49 - 496.
- TAYLOR, D. W. 1990. Paleobiogeographic relationships of Angiosperms from Cretaceous and early Tertiary of the North American area. *Botanical Review* 56:279-379.
- TSOONG, P-CH., & CH-Y. MA. 1981. A study on the genus *Sophora* L. *Acta phytotaxonomica sinica*. (19: 1-22, 143-167.
- YAKOVLEV, G. L. 1967. Zametki po sistematike i geographii roda *Sophora* L. i blizkikh rodov. *Proceedings of the Leningrad Chemical-Pharmaceutical Institute* 21(4): 42- 62.
- ZIZKA, G. 1988. *Naturgeschichte der Osterinsel*. Pp. 21 - 38. In *1500 Jahre Kultur der Osterinsel. Schätze aus dem Land des Hotu Matua*. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein.

APÉNDICE 1

ESTADO DE LOS CARACTERES

| | | | | | |
|---|-----------------------|---------------|---------------------|--|--|
| 1 | Forma de vida | Arbusto=0 | Árbol=1 | | |
| 2 | Número de folíolos | Pocos=0 | 15-25=1 | | |
| 3 | Largo de los folíolos | Más de 1 cm=0 | Menos de un cm=1 | | |

| | | | | | |
|----|---------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 4 | Relación largo/ancho de los folíolos | Más que 2=0 | Menos que 2=1 | | |
| 5 | Pubescencia de los folíolos | Haz y envés=0 | Sólo envés=1 | | |
| 6 | Dirección del estandarte | Erecto=0 | Extendido=1 | | |
| 7 | Relación estandarte/ alas | 0 | 1 | 2. (Más largo que las alas) | |
| 8 | Estambres exsertos | Sí=0 | No=1 | | |
| 9 | Lomento estrangulado | No=0 | Si=1 | | |
| 10 | Tamaño de las semillas | 1 cm o más=0 | Menores que 1=1 | | |
| 11 | Color de las semillas | Marrón=0 | Ocre=1 | Naranjas=2 | Rojizas=3 |
| 12 | Números de semillas por fruto | 2-5=0 | <6=1 | | |
| 13 | Pubescencia del lomento | Marcada=0 | Escasa=1 | | |
| 14 | Presencia de alas en el fruto | No=0 | Sí=1 | | |
| 15 | Presencia de aurículas en los pétalos | Sí=0 | No=1 | | |
| 16 | Presencia de estípulas | Sí=0 | No=1 | | |
| 17 | Porcentaje de metilcitisina | Menor que 30%=0 | Superior a 31%=1 | | |
| 18 | Porcentaje de citisina | Menor que 31%=0 | Superior a 31%=1 | | |
| 19 | Porcentaje de esparteína | Sobre 1 %=0 | Inferior a 1%=1 | No detectada=2 | |
| 20 | Porcentaje de matrina | Inferior a 31%=0 | Superior a 31%=1 | | |
| 21 | Relación metilcistina/cistina | Inferior a 0.5=0 | Mayor que 0.5=1 | | |
| 22 | Porcentaje de anagirina | Sobre 1 %=0 | Menor que 1%=1 | | |
| 23 | Ornamentación de la exina | Heterobrocada=0 | Homobrocada=1 | | |
| 24 | Germinación | Epigea=0 | Hipogea=1 | | |

Citar el artículo original:

Peña, R C, L. Iturriaga, G. Montenegro, B K. Cassels. 2000. Phylogenetic and biogeographic aspects of *Sophora*, Sect. *Edwardsia*. Pacific Science 54 (2):159-167.

**ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA GERMINACIÓN EN ESPECIES DEL BOSQUE
TEMPLADO-HÚMEDO DEL SUR DE CHILE**

Javier A. Figueroa

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, P. Universidad Católica de Chile,
Casilla 114-D, Santiago, Chile

RESUMEN

El proceso de germinación es de primera importancia para la regeneración de las especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. Para las especies de este tipo de bosque, sin embargo, los estudios sobre los requerimientos eco-fisiológicos de las semillas para su germinación, tanto en sus aspectos teóricos como experimentales, están en su etapa inicial de desarrollo. Este estudio realizado para 48 especies del ambiente forestal, se concluye que la estrategia germinativa de las semillas de las especies del bosque templado-húmedo de Chile es similar a la que se encuentra en las semillas de las especies de los bosques de las zonas tropicales: germinación inmediata y escasa latencia innata. Esta es la situación contraria a la estrategia de las semillas de las especies de los bosques de las zonas templadas del hemisferio norte, donde la germinación retrasada y la latencia innata son las más frecuentes.

Palabras clave: Chile, bosque templado, semillas, germinación

ABSTRACT

The germination process is of primary importance for the regeneration of temperate rainforest species in southern South America. However, studies of the ecophysiological requirements and theoretical aspects of germination for forest species of this area are in their initial development. This study of 48 species suggests that the strategies detected in the temperate rainforests of Chile are similar to strategies of tropical species, i.e., germination is immediate with virtually no period of dormancy. This is contrary to the situation in temperate species of the northern hemisphere, where germination is delayed and periods of dormancy are more common.

Key word: Chile, temperate forest, seeds, germination

INTRODUCCIÓN

La reproducción de las especies del bosque siempreverde del sur de Chile depende, entre otros factores, del potencial de germinación de las semillas. Sin embargo, la disponibilidad de información sobre los requerimientos de germinación para las especies del bosque templado del sur de Chile es precaria y fragmentada. Incluso, el contexto teórico de la ecología de la germinación, en estos ambientes, está aún en su desarrollo inicial (Figueroa et al. 1996, Figueroa 1997).

Los propágulos de las plantas con semillas presentan mecanismos de dispersión en el espacio y en el tiempo (Venable & Brown 1988, Venable & Lawlor 1980). La dispersión en el espacio depende de las características anatómicas de las semillas y -en especies con propágulos carnosos- de las características nutritivas de los frutos (Van der Pijl 1982, Howe & Smallwood 1982). Estudios realizados en los bosques templados de Chiloé, han dado cuenta que más del 70% de las especies leñosas presentan el síndrome de endozoocoría (Armesto & Rozzi 1989), este síndrome tiene una carga preponderante como factor causal de los patrones de colonización de las especies en el archipiélago de Chiloé (Villagrán et al. 1986) y de los patrones de sucesión de los bosques secundarios de esta región (Hernández 1995).

Si bien en otras regiones existen más estudios, la información sobre la capacidad de dispersión en el tiempo, de semillas en especies del sur de Chile es, sin embargo, aún limitada. Al respecto, se ha detectado que las semillas de muchas especies de las zonas templadas del hemisferio norte no germinan inmediatamente después de la dispersión; incluso, se han encontrado semillas viables, junto a restos arqueológicos, con una datación de sobre los mil años. Estas semillas permanecen latentes hasta que las condiciones ambientales no son alteradas natural o artificialmente. Los mecanismos de latencia están asociados generalmente a la presencia de condiciones desfavorables durante o posteriormente al período de diseminación de las semillas (Angevine & Chabot 1979). En la zona templado-húmeda de Chile existe una estación relativamente lluviosa y fría donde el crecimiento vegetativo es menor y los procesos de floración y fructificación están restringidos (Smith-Ramírez & Armesto 1994). En las regiones templadas del hemisferio norte y en la zona templada de Australia, a su vez, muchas especies germinan después de ser almacenadas en condiciones de alta humedad y de bajas temperaturas (Bell 1999); por el contrario, en ambientes menos estacionales y con condiciones cercanas a los requerimientos óptimos para el crecimiento de las plantas, las semillas germinan inmediatamente y no presentan latencia innata (Ng 1978).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos a partir de un experimento donde un conjunto de semillas de especies leñosas fue expuesto a las mismas condiciones de germinación. El objetivo fue determinar la importancia de su exposición a las condiciones invernales antes de la germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La recolección de las semillas se realizó en la isla Grande de Chiloé (cca. 42° LS-73° LW). El clima de la región corresponde a uno de tipo templado-húmedo, con fuerte influencia oceánica. Las precipitaciones son de unos 2000 mm anuales y la temperatura promedio anual, de 10° C.

Los bosques de Chiloé, situados en las tierras bajas y de mediana altitud, son del tipo siempreverde, de hoja ancha (Veblen & Schegel 1982). Los bosques maduros son dominados por *Nothofagus nitida*, *Weinmannia trichosperma*, *Laureliopsis (Laurelia) philippiana* y *Eucryphia cordifolia*. El dosel es rico en epífitas, incluyendo helechos y enredaderas leñosas. Los arbustos son comunes en los sitios abiertos y en los márgenes del bosque, pero están generalmente ausentes del sotobosque. En las zonas bajas de Chiloé, el bosque ha sido fragmentado por medio del fuego, la tala y el pastoreo; producto de ello, se ha generado un mosaico de pastizales, campos agrícolas y vegetación boscosa secundaria caracterizada por especies leñosas de crecimiento acelerado.

Ensayos de germinación

Para la realización de los experimentos se colectaron 300 a 600 semillas directamente de, al menos, 5 individuos por especie. Las semillas fueron extraídas de los frutos inmediatamente y luego mezcladas y almacenadas a temperatura ambiente, hasta el momento de la siembra, en un laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile (Santiago de Chile)

Las semillas fueron sembradas en placas Petri, sobre y bajo papel húmedo, siempre dentro de la primera semana después de la cosecha. Se sembraron 50 semillas por placa con tres réplicas para cada especie. Las placas fueron incubadas en una cámara de germinación con un ciclo térmico de 20/10° C, con un fotoperíodo de 12 horas luz y una humedad relativa de aproximadamente 70%.

Para evaluar la importancia de una estratificación fría sobre la capacidad de germinación, previo a la siembra, las semillas de las especies fueron incubadas bajo condiciones de una estratificación fría-húmeda (5° C aprox.) por 40 días,

Se consideró que una semilla estaba germinada cuando el extremo de la radícula había roto la testa de la semilla. Las placas se revisaron cada 2 días. Para las especies que no germinaron, los ensayos fueron detenidos cuando no hubo germinación durante 60 días consecutivos. En este trabajo solamente se muestran resultados de la germinación a los 30 y a los 90 días de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 48 especies de las que se obtuvo resultados a los 30 días de ensayo, un 31% (15) presentó semillas sensibles a la estratificación (Tabla 1). A los 90 días, de 45 especies, un 40% (18) presentó semillas sensibles a la estratificación. La sensibilidad se expresó en que el porcentaje de germinación de una especie se vio incrementado o reducido al cabo de 30-90 días de tratamiento de frío-húmedo.

Las semillas de los árboles *Caldcluvia paniculata*, *Drimys winteri*, *Laureliopsis (Laurelia) philippiana* y *Laurelia sempervirens* y de la hierba *Hedyotis salzmanii* requirieron de la estratificación fría para que algunas de sus semillas germinaran. Este grupo de especies con una latencia innata profunda, que debe ser rota con estratificación fría, alcanzó a un 10% de las especies estratificadas de las que se obtuvo germinación.

La estratificación durante 30 días incrementó el porcentaje de germinación de 11 especies (23%); la estratificación durante 90 días incrementó, a su vez, el porcentaje de germinación de 12 (27%) de ellas; en ambos casos, sin embargo, la estratificación no fue una condición necesaria para dar inicio a la germinación.

La germinación de *Aextoxicon punctatum*, *Amomyrtus luma*, *Amomyrtus meli*, *Aristotelia chilensis*, *Griselinia racemosa*, *Myrteola nummularia* y *Ugni molinae* fue acelerada por el tratamiento de estratificación, observándose diferencias a los 30 y 90 días. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en los porcentajes finales de semillas germinadas entre los grupos con y sin estratificación (datos no mostrados). La germinación de *Galium (Relbunium) hypocarpium*, *Luma apiculata* y *Berberis microphylla (buxifolia)* también fue acelerada por la estratificación, pero a una tasa menor, ya que la diferencia significativa entre los porcentajes de germinación de ambos grupos desapareció a los 90 días.

Los datos revelan que en el bosque templado-húmedo siempreverde del sur de Chile, existe una representación moderada del síndrome de germinación predominante en regiones templadas del hemisferio norte, es decir, latencia innata y germinación retrasada (Angevine & Chabot 1979, Grime et al. 1981, Baskin & Baskin 1988, Rees 1993). La estratificación fría fue una condición necesaria para la germinación de tan sólo cuatro especies de árboles y una de hierbas, aunque en un 27% adicional la estratificación aceleró la germinación a los 90 días de iniciado el tratamiento. En su ambiente natural, estos patrones inducirían la germinación de esas semillas en primavera o a fines del invierno. Sin embargo, en ambos casos, una pequeña proporción de semillas viables permanecería en el suelo por más de un año. Las especies que necesitan estratificación fría para germinar presentarían estacionalidad alta o un período de germinación restringido; por el contrario, aquellas especies cuyas tasas de germinación son aceleradas por la estratificación, presentarían

períodos de germinación más extendidos, con estacionalidad menos marcada.

No encontramos ninguna asociación (análisis no mostrado) entre las especies que fructifican en otoño y la presencia de latencia que podría ser interrumpida por las bajas temperaturas del invierno. Son necesarios, sin embargo, estudios posteriores para determinar si alguna de las especies que fructifica en otoño tiene semillas que adquieran una latencia transitoria, quizás inducida por temperaturas de alrededor de 5° C. Este tipo de comportamiento "evitaría" su germinación en pleno invierno y su existencia fue sugerida para las especies leñosas de los bosques montanos de Tasmania (Read 1989). Existen evidencias, sin embargo, que demuestran que un porcentaje importante de las semillas de las especies leñosas de los bosques templados-húmedos del sur de Chile inician su germinación en julio y agosto iniciando su establecimiento a comienzos de la primavera (Figueroa, datos no publicados).

En seis taxa (13%), *Gunnera tinctoria*, *Hydrangea serratifolia*, *Myrceugenia ovata* var. *nanophylla*, *Myrceugenia ovata* var. *ovata.*, *Myrceugenia planipes* y *Pseudopanax laetevirens*, la estratificación en frío redujo los porcentajes de germinación con respecto al control sin pretratamiento.

Posiblemente, la viabilidad de las semillas del género *Myrceugenia* es afectada por el tratamiento en frío, ello, debido a que el embrión en este grupo está sin protección y posiblemente muere debido a las bajas temperaturas. No se puede descartar, como fue postulado arriba, que el frío estimule una latencia secundaria en el resto de las especies.

El 43% de las especies analizadas, presentó un tiempo de germinación corto debido a que antes de un mes ya habían alcanzado el promedio (Figura 1); incluso, un 58% de ellas lo había hecho antes de los dos meses. Un 68% de las especies (38) iniciaron la germinación dentro del primer mes, lo que se define en este trabajo como germinación inmediata (Tabla 2), 17 (45%) presentaron, además de la germinación inmediata, una germinación sincrónica (Tabla 2), es decir, la germinación se inició y se completó dentro del primer mes, sin necesidad de estratificación fría. El síndrome de germinación inmediata, es también el más común en regiones tropicales de bosques húmedos o secos (Macedo 1977, Ng 1978, 1980, Garwood 1989, Ray & Brown 1994). Esta similitud se debería a la presencia de rasgos fisiológicos ancestrales de las semillas de una flora cuyo origen es tropical y neotropical (Arroyo et al. 1996), sin embargo, ella podría también deberse a restricciones ambientales. En ambientes sin estacionalidad marcada, como en ambos casos, la germinación inmediata reduciría la mortalidad de las semillas en el suelo por acción deletérea de agentes físicos y bióticos (Rees 1993). En estos ambientes, no sería frecuente observar mecanismos de dispersión de las semillas en el tiempo, y la latencia innata, como mecanismo de evasión a una estación desfavorable para el desarrollo de las plántulas, sería irrelevante para muchas de las especies (Fenner 1985, Venable & Brown 1988). Se ha encontrado, sin embargo, que en especies pioneras de

los bosques tropicales, la dispersión en el tiempo es frecuente (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1982); muchas de ellas, presentan una germinación inmediata y explosiva, pero la germinación está inhibida por la exposición de las semillas a longitudes de onda ricas en rojo lejano, calidad lumínica característica del sotobosque. Este tipo de latencia, inducida por la calidad de la luz, ha sido también detectado en algunas especies pioneras del bosque templado del sur de Chile (i.e. *Luma apiculata*, *Fuchsia magellanica*, *Gaultheria (Pernettya) mucronata*, *Gunnera tinctoria* y *Nertera granadensis*), pero no es un mecanismo generalizado (Figuroa datos no publicados).

Figura 1

Distribución de frecuencias del tiempo promedio de germinación, desde la siembra (días), para 47 especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. El tiempo de germinación para cada especie se calculó para las semillas sin estratificación y se definió como el número promedio de días necesarios para la germinación de las semillas.

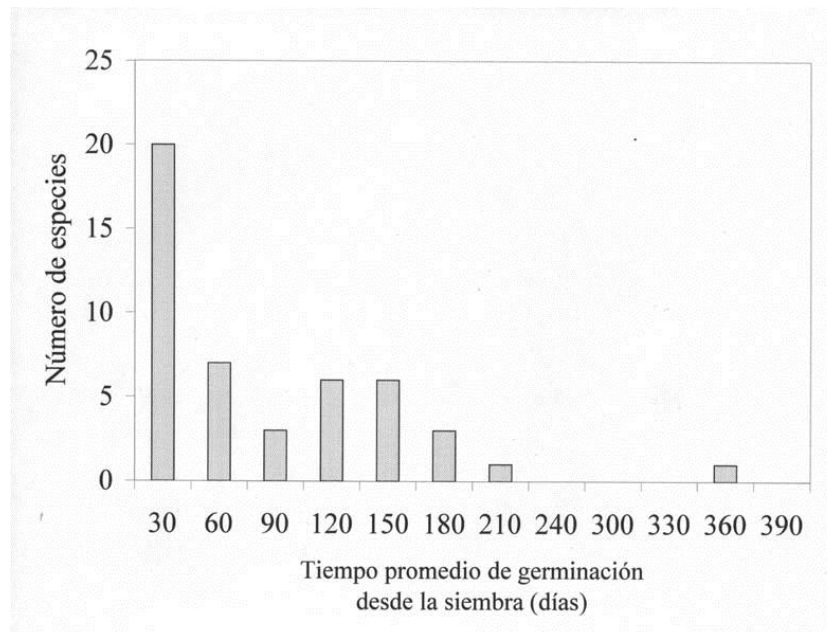


Tabla 1

Porcentaje de germinación de semillas de especies del bosque templado-húmedo de Chiloé en laboratorio, sin (s/estrat) y con (c/estrat) estratificación por 40 días a 4°C.

Los valores representan medias aproximadas y desviación estándar.

(*) Indica diferencias significativas (prueba de t-Student, $p < 0,05$) entre semillas estratificadas y no estratificadas. Los datos de las siguientes especies provienen de los trabajos: *Drimys winteri* (Donoso & Cabello 1978), *Fitzroya cupressoides* (Donoso et al. 1980), *Laurelia sempervirens* (Escobar & Donoso 1986), *Lomatia hirsuta* (Donoso & Escobar 1986), *Pilgerodendron uviferum* (Donoso et al. 1980).

| Especie | Germinación | Germinación | Germinación | Germinación |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (%) 30 días | (%) 30 días | (%) 90 días | (%) 90 días |
| | sin/estrat. | con/estrat. | sin/estrat. | con/estrat. |
| <i>Acrisione denticulata</i> | 40±11 | 35±10 | 40±11 | 44±8 |
| <i>Aextoxicon punctatum</i> | 0 | 1±2 | 24±13 | 64±1* |
| <i>Amomyrtus luma</i> | 0 | 0 | 1±1 | 10±3* |
| <i>Amomyrtus meli</i> | 0 | 4±0* | 6±2 | 77±9* |
| <i>Aristotelia chilensis</i> | 0 | 2±1 | 22±8 | 39±8* |
| <i>Azara lanceolata</i> | 0 | - | 1±1 | - |
| <i>Baccharis patagonica</i> | 24±14 | 37±18 | 24±14 | 37±18 |
| <i>Baccharis racemosa+</i> | 19 | - | 27 | - |
| <i>Baccharis sphaerocephala+</i> | 22 | - | 23 | - |
| <i>Berberis darwinii</i> | 0 | 0 | 13±4 | 16±4 |
| <i>Berberis microphylla</i> | 0 | 22±9* | 39±20 | 56±3 |
| <i>Caldcluvia paniculata++</i> | 0 | 9* | 0 | 9* |
| <i>Drymis winteri+++</i> | - | - | 0 | 26* |
| <i>Elytropus chilensis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Especie | Germinación | Germinación | Germinación | Germinación |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (%) 30 días | (%) 30 días | (%) 90 días | (%) 90 días |
| | sin/estrat. | con/estrat. | sin/estrat. | con/estrat. |
| <i>Embothrium coccineum</i> | 79±2 | 91±5* | 92±4 | 99±1 |
| <i>Escallonia rubra</i> | 46±4 | 43±11 | 46±4 | 43±11 |
| <i>Eucryphia cordifolia</i> | 85±8 | 81±1 | 85±8 | 81±1 |
| <i>Fascicularia bicolor</i> | 0 | - | 13±4 | - |
| <i>Fitzroya cupressioides</i> | 12±5 | 21±7 | - | - |
| <i>Fuchsia magellanica</i> | 90±4 | 94±4 | 90±4 | 94±4 |
| <i>Gaultheria insana</i> | 1±1 | 1±1 | 7±5 | 1±1 |
| <i>Gaultheria mucronata</i> | 20±7 | 30±8 | 63±10 | 61±8 |
| <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | 50±15 | 51±3 | 60±15 | 63±3 |
| <i>Gevuina avellana</i> | 0 | 3±2 | 3±1 | 14±4* |
| <i>Gratiola peruviana</i> | 34±8 | 33±11 | 34±8 | 33±11 |
| <i>Greigia landbeckii</i> | 0 | - | 0 | - |
| <i>Griselinia racemosa</i> | 2±0 | 19±6* | 23±5 | 81±6* |
| <i>Gunnera tinctoria</i> | 72±4 | 3±6* | 77±4 | 45±19* |
| <i>Hedyotis salzmännii</i> | 0 | 61±28* | 0 | 61±28* |
| <i>Hydrangea serratifolia</i> | 1±2 | 0 | 25±14 | 1±2* |
| <i>Juncus procerus</i> | 100±0 | - | 100±0 | - |
| <i>Laurelia philippiana</i> | 0 | 0 | 0 | 28±7* |
| <i>Laurelia sempervirens</i> | 0 | 33±8* | - | - |

| Especie | Germinación | Germinación | Germinación | Germinación |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (%) 30 días | (%) 30 días | (%) 90 días | (%) 90 días |
| | sin/estrat. | con/estrat. | sin/estrat. | con/estrat. |
| <i>Lepidoceras kingii</i> | | | 23±5 | 20±15 |
| <i>Libertia</i> sp. | 0 | - | 18 | - |
| <i>Lomatia ferruginea</i> | 51±20 | 29±20 | 51±20 | 29±20 |
| <i>Lomatia hirsuta</i> | 1±1 | 53±10* | - | - |
| <i>Luma apiculata</i> | 31±5 | 74±12* | 83±11 | 79±6 |
| <i>Luzuriaga polyphylla</i> | 0 | 0 | 5±1 | 2±2 |
| <i>Luzuriaga radicans</i> | 0 | 0 | 2±1 | 0 |
| <i>Mitraria coccinea</i> | 2±0 | 2±2 | 13±1 | 25±13 |
| <i>Myrceugenia ovata</i> var. <i>nanophylla</i> | 75±10 | 26±8* | 82±3 | 28±6* |
| <i>Myrceugenia ovata</i> | 88±6 | 25±21* | 88±6 | 25±21* |
| <i>Myrceugenia parvifolia</i> | 51±20 | 29±19 | 65±16 | 29±19 |
| <i>Myrceugenia planipes</i> | 99±2 | 3±3* | 99±2 | 3±3* |
| <i>Myrteola nummularia</i> | 1±1 | 1±1 | 1±1 | 18±5* |
| <i>Nertera granadensis</i> | 99±1 | 99±1 | 99±1 | 99±1 |
| <i>Ovidia pillo-</i> <i>pillo+</i> | 2 | - | 8 | - |
| <i>Pilgerodendron uviferum</i> | 4±2 73±7* | 73±7* | - | - |
| <i>Podocarpus nubigena</i> | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudopanax laetevirens</i> | 16±7 | 41±8* | 80±5 | 48±15* |
| <i>Ranunculus muricatus</i> | 0 | - | 0 | - |

| Especie | Germinación | Germinación | Germinación | Germinación |
|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | (%) 30 días | (%) 30 días | (%) 90 días | (%) 90 días |
| | sin/estrat. | con/estrat. | sin/estrat. | con/estrat. |
| <i>Relbunium hypocarpium</i> | 39±8 | 77±17* | 89±3 | 93±4 |
| <i>Rhaphithamnus spinosus</i> | 0 | 0 | 1±1 | 25±8* |
| <i>Ribes magellanicus</i> | 0 | - | 75±24 | - |
| <i>Sophora microphylla</i> | 1±1 | 13±9 | 27±10 | 19±9 |
| <i>Tepualia stipularis+++</i> | 31±15 | 46 | 31±15 | 46 |
| <i>Tristerix corymbosus</i> | 60±15 | - | 60±15 | - |
| <i>Ugni candollei</i> | 1±1 | 1±2 | 25±6 | 22±12 |
| <i>Ugni molinae</i> | 26±10 | 66±3* | 67±5 | 82± |

Tabla 2

Parámetros de la germinación de semillas de postcosecha, en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. Las condiciones experimentales son las mencionadas en métodos.

| Especie | Familia | Forma de crecimiento | Respuesta germinativa (1) | Patrón de germinación (2) |
|------------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Acrisione denticulata</i> | Asteraceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Aextoxicon punctatum</i> | Aextoxicaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Amomyrtus luma</i> | Myrtaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Amomyrtus meli</i> | Myrtaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Aristotelia chilensis</i> | Elaeocarpaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Azara lanceolata</i> | Flacourtiaceae | Arbusto | Retardada | Asincrónico |
| <i>Baccharis patagonica</i> | Asteraceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |

| Especie | Familia | Forma de crecimiento | Respuesta germinativa (1) | Patrón de germinación (2) |
|----------------------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Baccharis racemosa</i> | Asteraceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Baccharis sphaerocephala</i> | Asteraceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Berberis darwinii</i> | Berberidaceae | Arbusto | Retardada | Asincrónico |
| <i>Berberis microphylla</i> | Berberidaceae | Arbusto | Retardada | Asincrónico |
| <i>Caldcluvia paniculata</i> | Cunoniaceae | Árbol | Negativa | - |
| <i>Drymis winteri</i> | Winteraceae | Árbol | Negativa | - |
| <i>Elytropus chilensis</i> | Apocynaceae | Enredadera | Negativa | - |
| <i>Embothrium coccineum</i> | Proteaceae | Árbol | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Escallonia rubra</i> | Escalloniaceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Eucryphia cordifolia</i> | Eucryphiaceae | Árbol | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Fascicularia bicolor</i> | Bromeliaceae | Epífita | Retardada | Asincrónico |
| <i>Fitzroya cupressioides</i> | Cupressaceae | Árbol | Inmediata | - |
| <i>Fuchsia magellanica</i> | Onagraceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Gaultheria insana</i> | Ericaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Gaultheria mucronata</i> | Ericaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Gaultheria phillyreifolia</i> | Ericaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Gevuina avellana</i> | Proteaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Gratiola peruviana</i> | Scrophulariaceae | Hierba perenne | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Greigia landbeckii</i> | Bromeliaceae | Bromeliaceae | Retardada | Asincrónico |

| Especie | Familia | Forma de crecimiento | Respuesta germinativa (1) | Patrón de germinación (2) |
|---|----------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Griselinia racemosa</i> | Cornaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Gunnera tinctoria</i> | Gunneraceae | Hierba perenne | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Hedyotis salzmannii</i> | Rubiaceae | Hierba perenne | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Hydrangea serratifolia</i> | Hydrangeaceae | Enredadera | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Juncus procerus</i> | Juncaceae | Hierba perenne | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Laurelia philippiana</i> | Monimiaceae | Árbol | Negativa | - |
| <i>Laurelia sempervirens</i> | Monimiaceae | Árbol | Negativa | - |
| <i>Lepidoceras kingii</i> | Loranthaceae | Planta parásita | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Libertia</i> sp. | Iridaceae | Hierba perenne | Retardada | Asincrónico |
| <i>Lomatia ferruginea</i> | Proteaceae | Árbol | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Lomatia hirsuta</i> | Proteaceae | Árbol | Inmediata | - |
| <i>Luma apiculata</i> | Myrtaceae | Árbol | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Luzuriaga polyphylla</i> | Philesiaceae | Enredadera | Retardada | Asincrónico |
| <i>Luzuriaga radicans</i> | Philesiaceae | Enredadera | Retardada | Asincrónico |
| <i>Mitraria coccinea</i> | Gesneriaceae | Enredadera | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Myrceugenia ovata</i> var. <i>nanophylla</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Myrceugenia ovata</i> | Myrtaceae | Árbol | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Myrceugenia parvifolia</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Myrceugenia</i> | Myrtaceae | Árbol | Inmediata | Sincrónico |

| Especie | Familia | Forma de crecimiento | Respuesta germinativa (1) | Patrón de germinación (2) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>planipes</i> | | | | |
| <i>Myrteola nummularia</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Nertera granadensis</i> | Rubiaceae | Hierba perenne | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Ovidia pillo-pillo</i> | Tymeleaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Pilgerodendron uviferum</i> | Cupressaceae | Árbol | Inmediata | - |
| <i>Podocarpus nubigena</i> | Podocarpaceae | Árbol | Negativa | - |
| <i>Pseudopanax laetevirens</i> | Araliaceae | Árbol | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Ranunculus muricatus</i> | Ranunculaceae | Hierba perenne | Retardada | Asincrónico |
| <i>Relbunium hypocarpium</i> | Rubiaceae | Hierba perenne | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Rhaphithamnus spinosus</i> | Verbenaceae | Árbol | Retardada | Asincrónico |
| <i>Ribes magellanicus</i> | Grossulariaceae | Arbusto | Retardada | Asincrónico |
| <i>Sophora microphylla</i> | Fabaceae | Árbol | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Tepualia stipularis</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Tristerix corymbosus</i> | Loranthaceae | Planta hemiparásita | Inmediata | Sincrónico |
| <i>Ugni candollei</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |
| <i>Ugni molinae</i> | Myrtaceae | Arbusto | Inmediata | Asincrónico |

(1) Respuesta germinativa inmediata: la germinación comenzó antes de los 30 días; retardada: la germinación comenzó después de los 30 días; negativa, no se registró germinación. (2) Patrón de germinación: sincrónico, >90% de las semillas germinadas lo hicieron durante un sólo mes; asincrónico, > 10% de las semillas germinan en distintos meses.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio, indican que la germinación de las semillas en las especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile, no se corresponde con la principal estrategia de las especies de los bosques de zonas templadas del hemisferio norte, donde son comunes la germinación retrasada y la latencia innata (Grime et al. 1981). Los resultados actuales sugieren, más bien, que la principal estrategia es similar a la de las semillas de las especies de los bosques de las zonas tropicales del mundo, por ejemplo, de Malasia (Ng 1980), Panamá (Garwood 1982), la cuenca del Caribe (Ray & Brown 1996) o México (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1982). La similitud se refuerza si se observa que las especies con germinación inmediata de los bosques templados del sur de Chile presentan, por lo general, una distribución neotropical (Figuroa 1997). Los resultados indican que una proporción minoritaria de las semillas de las especies del bosque templado del sur de Chile, tienen germinación retrasada o latencia innata que se rompa por la acción del frío, siendo estas últimas, en su mayoría, especies que presentan una distribución austral (Figuroa 1997).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue re-escrito y ampliado cuando el autor gozaba de una beca Fondecyt 3980020. El estudio experimental fue financiado por Fondecyt 2950071, Fondecyt 1950461 y la Fundación A.W. Mellon.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGEVINE, M.V. & CHABOT, B.F. 1979. Seed germination syndromes in higher plants. En: Solbrig, O, Jain, S., Johnson, G & Raven, P (eds) Topics in plant population biology: 188-206 pp. Columbia University Press, New York.
- ARMESTO, J.J. & ROZZI, R. 1989. Seed dispersal syndromes in the rain forest of Chiloé Archipelago. *J. Biog.* 16: 219-226.
- ARROYO, M.T.K., M. RIVEROS, A. PEÑALOZA, L. CAVIERES & A.M. FAGGI. 1996. Phytogeographic relationships and regional richness patterns of the cool temperate rainforest flora of southern South America. En: Lawford, R.G., Alaback, P.B. & Fuentes, E. (eds) High latitude rain forest and associated ecosystems of the west coast of the America: 132-172 pp. Springer-Verlag, New York.
- BASKIN, C. & BASKIN, J. 1988. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in temperate region. *Am. J. Bot.* 75: 286-305.
- BELL, D.T. 1999. The process of germination in australian species. *Aust. J. Bot.* 47: 475 -517.
- FENNER, M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman & Hall. London.
- FIGUEROA, J., ARMESTO, J.J. & HERNÁNDEZ, J.F. 1996. Estrategias de germinación y latencia de semillas en especies del bosque templado de Chiloé, Chile. *Rev. Chilena Historia Natural* 69:
- FIGUEROA, J.A. 1997. Patrones de variación del tiempo de germinación: evaluación de condicionantes filogenéticos, biogeográficos, estructurales y ecológicos. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile.
- GARWOOD, N.C. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panamá: a community study. *Ecological Monographs* 53: 159-181.
- GRIME, J.P., G. MASON, A.V. CURTIS, J. RODMAN, S. R. BAND, M.A.G. MOWFORTH, A. M. NEAL & S. SHAW. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *J. Ecol.* 69: 1017-1059.
- HERNÁNDEZ, J.F. 1995. Efecto de los árboles percha sobre los patrones de lluvia de semillas y el establecimiento de plántulas: consecuencias para la sucesión secundaria del bosque de Chiloé. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Chile.
- HOWE, H.F. & SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 13: 201-228.

- MACEDO, M. 1977. Dispersã de plantas lenhosas de uma campina Amazõnica. *Acta Amazõnica* 7 (suppl): 1-69.
- NG, F.S.P. 1978. Strategies of establishment in Malaysian forest trees. En: Tomlinson, T. & Zimmerman, M. (Eds) *Tropical trees as living systems*: 129-162 pp. Cambridge University Press. Cambridge, England.
- RAY, G.J. & BROWN, B.J. 1994. Seed ecology of woody species in a Caribbean dry Forest. *Restoration Ecology* 2: 156-163.
- READ, J. 1989. Phenology and germination in some rainforest canopy species at MT Field National Park, Tasmania. *Papers and Proceeding of the Royal Society of Tasmania* 123: 211-221.
- REES, M. 1993. Trade-off among dispersal strategies in British plants. *Nature* 366: 150-152.
- SMITH-RAMÍREZ, C. & ARMESTO, J.J. 1994. Flowering and fruiting patterns in temperate rainforest of Chiloé: ecologies and climatic constraints. *J. Ecol.* 82: 353-365.
- VAN DER PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. Third ed. Springer, Berlin.
- VEBLEN, T.T. & SCHLEGEL, F.M. 1982. *Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile*. *Bosque (Chile)* 4: 73-115.
- VENABLE, D. & BROWN, J. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *American Naturalist* 131: 360-384.
- VENABLE, D. & LAWLOR, L. 1980. Delayed germination and dispersal in desert annuals escape in space and time. *Oecologia* 46: 272-282.
- VILLAGRÁN, C., ARMESTO, J.J. & LEIVA, R. 1986. Recolonización postglacial de Chiloé insular: evidencias basadas en la distribución geográfica y los modos de dispersión de la flora. *Rev. Chilena Historia Natural* 59: 19-39.

Citar este artículo como:

Figueroa, J. 2000. Aspectos ecológicos de la germinación en especies del bosque templado-húmedo del sur de Chile. *Chloris Chilensis* N° 2, Año 3. URL: [http:// www.chlorischile.cl/](http://www.chlorischile.cl/)

**DOS NUEVOS REGISTROS PARA *MARSILEA MOLLIS* B.L. ROB. ET FERNALD,
EN CHILE**

**TWO NEW RECORDS FOR *MARSILEA MOLLIS* B.L. ROB. ET FERNALD,
IN CHILE**

Patricio Novoa

Oficina de Estudios Corporación Nacional Forestal, V Región. 3 Norte 541, Viña del Mar Chile.

e-mail: panovoa@conaf.cl

RESUMEN

Se informa el hallazgo de *Marsilea mollis* B.L. Rob. et Fernald, en lagunas temporales cercanas a Los Vilos (Región de Coquimbo, Chile). Este helecho, descrito para Chile en 1961, está en peligro de extinción en nuestro país y su reducido hábitat está siendo profundamente modificado.

Palabras clave: *Marsilea mollis*, Chile, Pteridophyta

ABSTRACT

The finding of *Marsilea mollis* B.L. Rob. et Fernald, in temporal coastal lagoons near Los Vilos, in the semiarid zone of Chile (Región de Coquimbo) is reported. This fern was described for Chile in 1961, and is considered as a threatened species, that because his habitat has been deeply modified.

Key words: *Marsilea mollis*, Chile, Pteridophyta

INTRODUCCIÓN

La familia Marsileaceae Mirbel comprende tres géneros, con alrededor de 70 especies, las que se encuentran en los trópicos y regiones templadas del mundo. En Chile existen dos géneros, *Pilularia* y *Marsilea* ambos representados por sólo una especie (Looser, 1961, Johnson, 1986; Marticorena & Rodríguez, 1995).

Descripción de *Marsilea mollis*

Marsilea mollis B.L.Rob. et Fernald, Proc. Amer. Acad. Arts 30: 123. 1894.

Helecho acuático, perenne, rizoma de color café a negro, piloso en los ápices, pero glabro hacia la base, de 0,5-1,3 mm de diámetro. Frondas con 4 segmentos dispuestos en cruz (Figura 1). El pecíolo de las frondas es erecto, piloso a glabro, de 1,1-14 cm, largo; los segmentos, redondeados a anchamente cuneados, de 0,2-1,7 x 0,1-1,6 cm. Las frondas fértiles poseen esporocarpos solitarios que se desarrollan sobre pedúnculos delgados, erectos o procumbentes (Figuras 2 y 3). Los esporocarpos son de 2,4 a 5 mm de largo, su forma es aovada en vista lateral y presentan, frecuentemente, estrías laterales, estando cubiertos por pelos verrugosos de 4-5 células, el rafe es de 0,6-1,4 mm. Soros, 10-14 por esporocarpo, con 12-24 microsporangios y 1-6 megasporangios por soro (Rodríguez & Marticorena 1995).

Marsilea mollis está ampliamente distribuida en América, desde el norte de Arizona hasta Argentina, citándose también para la flora de países tales como México y Colombia. En Chile, se encuentra sólo en las provincias del Limarí y del Choapa (Región de Coquimbo, IV), entre los 30°38' y los 32°09'S. Crece en lagunas temporales ubicadas cerca del mar. El primer hallazgo de la especie fue hecho en las cercanías de Pichidangui (IV Región), donde fue colectada por Gilberto Monsalve en 1957 (Looser, 1961). De acuerdo con Benoit (1989), Rodríguez y Marticorena (1995) y Baeza et al. (1998), en Chile, la especie se encontraría en peligro de extinción.

Figura 1. *Marsilea mollis*, frondas flotantes.
Laguna temporal, al sur de Los Vilos, IV Región. Chile.



Figura 2. *Marsilea mollis*: frondas con esporocarpos.

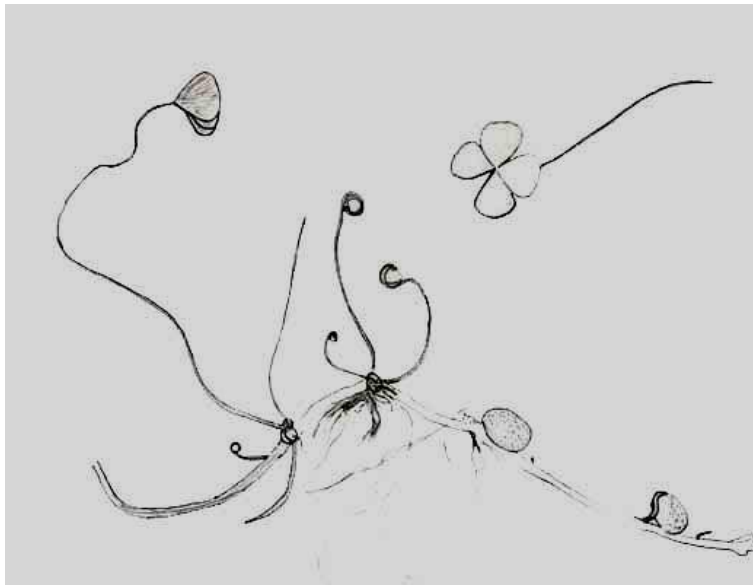


Figura 3. *Marsilea mollis*: Frondas con esporocarpos en la base



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En septiembre de 2000, se realizó una exploración del borde costero desde la localidad de Longotoma hasta la de Los Vilos (tramo de 75 km), en la que se visitaron, el tranque Los Culenes, al norte de Longotoma; varias pozas en Quebradilla, al sur de Los Molles; la desembocadura río Quilimarí; varias pozas en la quebrada Totoralillo; una laguna temporal situada al lado Piedra del Indio, en el fundo Palo Colorado; y una laguna temporal en Los Vilos, encontrándose la especie sólo en los últimos dos sitios mencionados..

El último de los sitios, donde la especie crece en mayor abundancia corresponde a una laguna de 200 m² y 20 cm de profundidad máxima, ubicada a unos 1.500 m al sur del radio urbano del pueblo de Los Vilos y a unos 300 m del borde del mar (Figuras 4 y 5). La especie forma una población prácticamente pura que cubre las orillas del espejo de agua de la laguna, partes del centro y la tierra hasta unos 2,5 m del borde exterior. En el agua, las hojas de cuatro láminas flotan unidas por el pecíolo al rizoma enterrado en el fondo fangoso, algunas hojas presentan sus cuatro láminas cerradas, observándose como un segmento vertical sobre el agua. En tierra los pecíolos son erectos y muy abundantes, asemejando, en una primera mirada, a una pradera de *Medicago polymorpha* (“hualputra”), con la cual coexiste. Los cuatro segmentos de la lámina tienden a cerrarse en la noche

o cuando la planta es dañada. Los individuos de la población difieren de la descripción de Rodríguez & Marticorena (1995) en que el pecíolo de las láminas es íntegramente glabro.

La segunda localidad donde se encontraron individuos de la especie, corresponde a una laguna temporal, aledaña a la localidad de Piedra del Indio, en el fundo Palo Colorado, 17 km al sur de Los Vilos. En este sitio sólo se observaron dos frondas de la especie, la laguna presentaba una alta densidad de ciperáceas.

La laguna en que crece la población aledaña a Los Vilos, se forma con las lluvias de invierno y se seca en noviembre-diciembre. La pradera que la circunda está formada por *Medicago polymorpha*, *Erodium cicutarium* y *Trichopetalum plumosum*. El área presenta un alto tránsito de personas y vehículos, y en el agua se observa basura, siendo frecuentada, además, por caballos y ganado vacuno que pastan y pisotean el lugar.

El área requiere urgente protección, por cuanto además de esta especie, en los acantilados costeros aledaños crecen poblaciones de *Alstroemeria pelegrina* (vulnerable; Benoit, 1989), *Neoporteria chilensis*, (en peligro; Benoit, 1989), *N. subgibbosa* (vulnerable en la IV Región; Belmonte et al. 1998) y *Eulychnia castanea* (vulnerable; Belmonte et al. 1998) cactácea cuya distribución tiene en el tramo Los Vilos-Los Molles su límite sur.

El material estudiado será depositado en el herbario de la Universidad de Concepción.

Figura 4. Laguna temporal en Los Vilos. Sitio del hallazgo. Foto del autor.



Figura 5. Laguna temporal en Los Vilos. Sitio del hallazgo. Foto del autor.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAEZA, M., E. BARRERA, J. FLORES, C. RAMÍREZ & R. RODRÍGUEZ. 1998. Categorías de conservación de Pteridophyta nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 23-46.
- BELMONTE, E., L. FAUNDEZ, J. FLORES, A. HOFFMANN, M. MUÑOZ & S. TEILLIER. 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 69-89.
- BENOIT, I. 1989. Red book of Chilean terrestrial flora. Corporación Nacional Forestal. 151 pp.
- JOHNSON, D. M. 1986. Systematic of the New World species of *Marsilea* (Marsileaceae). Syst. Bot. Monogr. 11: 1-87.
- LOOSER, G. 1961. Los helechos (Pteridófitos) de Chile (excepto Isla de Pascua). I. Revista Univ. (Santiago) 46:213-262, 17 lám.
- MARTICORENA, C. & R. RODRÍGUEZ. 1995. Flora de Chile. Vol I, Pteridophyta – Gymnospermae. Universidad de Concepción. Pág. 304.

Citar este artículo como:

Novoa, P. 2000. Dos nuevos registros para *Marsilea mollis* B.L. Rob. et Fernald, en Chile. Chloris Chilensis. Año 3 N° 2. URL: <http://www.chlorischile.cl>

Nota breve

Estableciendo el estado de conservación de la flora de la Región de Coquimbo (IV), Chile.

Francisco A. Squeo

Departamento de Biología, Universidad de La Serena, Casilla 599, La Serena, Chile

E-Mail: fsqueo@userena.cl

La región chilena con clima de tipo mediterráneo está considerada dentro de los 25 *hotspot* de diversidad vegetal del mundo. En sus 300 000 km² posee 3429 especies de plantas vasculares con un 46,8 % de especies endémicas de Chile. En el extremo norte de esta área, la Región de Coquimbo (IV) posee una diversidad florística que supera la de otras regiones de Chile; en sólo 4500 km² existen cerca de 1600 especies nativas, de las cuales el 54% son endémicas de Chile, y el 20% son endémicas de Chile centro-norte (III a V Región). La alta diversidad puede ser explicada por una combinación de factores. Por un lado, las condiciones de ecotono determinan una flora mixta en que se mezclan elementos florísticos propios del desierto de Atacama con otros provenientes de Chile Central y por otro, se suma la existencia de una alta heterogeneidad espacial que ofrece numerosos micro-ambientes propicios para diferentes grupos de especies, incluyendo condiciones meso-climáticas y edáficas que permiten la subsistencia de formaciones vegetacionales relictas que ocuparon Chile Central en el pasado. Entre estas últimas se encuentran los bosques relictos de Fray Jorge y Talinay, en la comuna de Ovalle, y los bosques pantanosos de mirtáceas y canelo (*Drimys winteri*) en Los Vilos. Estos factores, en parte, también explican el importante nivel de endemismo regional, al que se suma la existencia de barreras geográficas y climáticas, presentes y pasadas, que determinan condiciones de aislamiento de la flora. Efectivamente, la cordillera de los Andes por el este, el desierto de Atacama por el norte, y la vegetación esclerófila de Chile Central, asociada a un clima más lluvioso, por el sur, habrían sido barreras biogeográficas que propiciaron la evolución de nuevas especies. La especiación local también habría sido favorecida por las fuertes variaciones climáticas durante los ciclos glaciales-interglaciales, y desde el fin de la última

glaciación hace 11000 años A.P., por períodos más secos que el actual o más húmedos que en la actualidad.

La aparición de nuevas especies en la región, producto de la evolución local o de la inmigración de especies de otras zonas, estuvo acompañada, en el pasado, por eventos de extinción. Fenómenos de cambios climáticos de escala regional o global y la competencia con las especies colonizadoras, son algunos de los factores que explican esas extinciones en el pasado. Desde la llegada del hombre hace unos 10 a 11000 años, emergió una nueva presión selectiva sobre la flora, la que habría determinado el cambio de abundancias relativas, y posiblemente la extinción de un número de especies. Factores como el pastoreo, la extracción de leña, la llegada de nuevas especies exóticas de plantas y animales y, posteriormente, el desarrollo de la agricultura y la minería, el cambio de uso del suelo, el desarrollo de los pueblos y las ciudades, el desarrollo de programas de forestación y últimamente, el turismo, son algunas de las actividades humanas han tenido un impacto creciente sobre la riqueza de la flora regional. En la actualidad 3/4 partes de la vegetación regional tiene niveles de impacto antrópico moderado a alto. La actividad agrícola y el pastoreo, primariamente con caprinos, aparecen como las principales causas antrópicas locales que explican el actual grado de deterioro de la flora regional. Sin embargo, hay factores climáticos que también han acrecentado ese deterioro como por ejemplo, la reducción de las precipitaciones, que en los últimos 100 años ha bajado desde cerca de 170 mm anuales en promedio, a principios del siglo XX, a menos de 80 mm en la actualidad. La intensificación de la agricultura a significado una importante reducción del hábitat para las especies nativas, y habría causado la extinción de varias de ellas.

Listas rojas

El actual sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) chileno contempla la existencia de una lista de las especies que poseen problemas de conservación. Hasta ahora, el principal referente utilizado son los libros rojos publicados por CONAF hace más de una década. El Libro Rojo de la Flora de Chile publicado en 1988, que fue el resultado de un seminario de expertos realizado en 1996, puede ser interpretado como la primera aproximación hacia este requerimiento legal. Este libro contiene un listado de especies leñosas, principalmente arborescentes, que según el grupo de expertos convocados para tal efecto, opinaron que tenían problemas de conservación en los niveles nacional y regional. Sin embargo, en este texto hay poca o nula representación de las formas de vida herbáceas y suculentas. Estas listas marcaron un hito importante, haciendo posible discriminar el impacto sobre la flora que tendrían los nuevos proyectos productivos que se someterían al SEIA, y en menor medida, han permitido establecer programas especiales de conservación. Existe coincidencia en la comunidad científica naturalista, que esta lista, junto con estar sesgada hacia las

especies arbóreas, es incompleta y requiere un urgente re-análisis. En estas últimas dos décadas se ha ido consolidando un cuerpo teórico, que acompañado por la nueva información en la biología de la conservación de las especies y por el desarrollo de la capacidad tecnológica para procesarla, permiten pensar que es posible lograr un avance significativo. Este avance científico ha ido acompañado de una creciente sensibilidad ambiental en la población, que se ha traducido en la existencia de una voluntad política para enfrentar los problemas ambientales ligados al desarrollo, entre los que la protección de la biodiversidad local tiene un lugar destacado.

Conama y su reglamento

Desde hace un tiempo, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) ha estado elaborando un reglamento para establecer el estado de conservación de las especies a nivel nacional. El actual pre-reglamento establece un sistema metodológico basado en jerarquías de análisis. Para las plantas terrestres reconoce las categorías de conservación (deberían ser “de riesgos de extinción”): a) extinguida, b) en peligro de extinción, c) vulnerable y d) fuera de peligro. A diferencia de la metodología con que se hicieron los primeros libros rojos, la que se basó enteramente en la percepción consensuada que tenían los expertos respecto del riesgo de extinción de una especie, el nuevo reglamento plantea umbrales numéricos que permitirían establecer o inferir el riesgo probabilístico de extinción de una especie. Adicionalmente, se plantean jerarquías de información, desde un ideal que involucra un análisis de vulnerabilidad poblacional (AVP), a umbrales mínimos de número de individuos o poblaciones o evidencias de reducción en el número de individuos o poblaciones. También toma en cuenta, si no se dispone de la información anterior, el establecer la categoría de vulnerable para las especies endémicas de Chile a nivel de géneros y familias monoespecíficas. A la fecha de esta publicación, el reglamento aún no ha sido promulgado.

La Región de Coquimbo (IV) como un primer estudio de caso

En forma pionera, el Gobierno Regional de Coquimbo licitó durante 1999, el estudio para la “Actualización de la Flora Nativa Clasificada en Categoría de Conservación para la Región de Coquimbo”. Este proyecto es financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (Código B.I.P. 20146564-0) y la Conaf actúa como el organismo técnico. El proyecto está siendo ejecutado por científicos de la Universidad de La Serena, en conjunto con otros investigadores de la Universidad de Concepción, Museo de Historia Natural, Universidad de Chile y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Entre los productos finales del proyecto están la edición de un libro rojo de la flora de la Región de Coquimbo, un diaporama digitalizado y un sitio web.

Este proyecto tiene como objetivo establecer el estado de conservación de la flora vascular nativa de la Región de Coquimbo, con énfasis en las especies leñosas y suculentas. A pesar que este proyecto se inició en septiembre de 1999, unos meses antes de discusión pública del pre-reglamento de Conama, hay coincidencia en la necesidad de mejorar la discriminación de las especies de plantas que presentan problemas de conservación de aquellas que no lo tienen, con la finalidad de orientar políticas públicas y privadas en la conservación de los recursos vegetales nativos.

El enfoque metodológico considera el uso integrado de variables, tanto numéricas, como de la biología de las especies, que den cuenta del riesgo de extinción a nivel regional, provincial y comunal. En el marco de esta metodología se consideró un muestreo florístico dirigido de la mitad de las cuencas de la región, información que se sumó a las bases de datos de las colectas de los principales herbarios de Chile (Universidad de Concepción, Universidad de La Serena y Museo Nacional de Historia Natural). Adicionalmente, se incorporó la información existente en monografías publicadas y en algunos estudios de línea de base con suficiente fortaleza. En la actualidad, se cuenta con una base de datos georeferenciada con cerca de 40 000 registros, con datos de distribución que parten desde el primer tercio del siglo 19 gracias a las pioneras colectas de Claudio Gay. El análisis histórico de la distribución conocida de las especies permite tener una medida de la reducción de las poblaciones, y en algunos casos, detectar la potencial extinción de las especies.

Primer taller de validación

Los días 1 y 2 de septiembre del 2000, se reunió en La Serena un grupo de cerca de 70 especialistas de las universidades chilenas, de organismos privados y de reparticiones del estado con conocimiento del tema, con la finalidad de realizar un taller de validación de la metodología y resultados alcanzados por el proyecto al cumplirse un año de su inicio (Ver foto de los participantes en la Figura 1). La discusión metodológica se basó en dos aspectos: a) los parámetros posibles de utilizar para estimar el riesgo de extinción de cada una de las especies de la flora de la región, y b) los umbrales que permitirían establecer una de las categorías de problemas de conservación establecidas por la ley.

Entre los resultados preliminares mostrados en el taller se encuentra que de las 46 especies consignadas con problemas de conservación en los libros rojos, 39 se mantienen, entre ellas *Myrcianthes (Reichea) coquimbensis* (Figura 2) y *Jubaea chilensis*, la palma chilena, (Figura 3) y 7 son traspasadas a la categoría sin problemas. Adicionalmente se incluyó, en forma preliminar, a 110 nuevas especies, lo que elevó a 149 las especies de plantas con problemas de conservación a nivel

regional, 41 de ellas en la categoría “en peligro de extinción” a nivel regional, entre ellas *Lapageria rosea*, el copihue, detectada por primera vez en el bosque de Fray Jorge en una de las exploraciones del proyecto. Esta información se encuentra disponible para su análisis y discusión en el sitio web: [http:// www.uls.cl/biologia/conaf/lrojo.html](http://www.uls.cl/biologia/conaf/lrojo.html), la que será continuamente actualizada hasta el término del proyecto.

Cumpliendo con los objetivos del taller, se discutieron los aspectos metodológicos y resultados alcanzados por el proyecto en el ámbito de definir el estado de conservación de la flora regional y los sitios prioritarios para su conservación. Adicionalmente se realizó una excursión de discusión hacia una de las zonas establecidas como prioritarias para la conservación de la flora regional. Por último, se solicitó a los especialistas invitados que hicieran llegar sus conclusiones individuales respecto a los temas tratados.

Discusión y conclusiones del primer taller de validación

Uno de los problemas más difíciles de resolver en estudios de diversidad florística en Chile es la escasez de botánicos sistemáticos, y la falta de políticas claras que fomenten su formación y espacios de trabajo, así como el crecimiento y estudio de las colecciones de herbario realizados con técnicas modernas.

Basados en la propuesta de Reglamento de Conama para establecer el estado de conservación de las especies a nivel nacional, se discutió sobre la validez de utilizar indicadores numéricos con umbrales pre-establecidos (p. ej., un determinado número de individuos o poblaciones). Tanto de la discusión general, como por las conclusiones individuales queda claro que el tema la biología de conservación no es una ciencia exacta, que los indicadores numéricos son uno de los elementos a considerar, pero que la decisión debe ser hecha por los especialistas. Considerando el estado de desarrollo relativamente precario de la biología naturalística en nuestro país, y la necesidad urgente de proteger desde ahora mismo los recursos amenazados, se consideró apropiada la estrategia de integrar criterios cuantitativos, hasta donde sea posible, con criterios cualitativos, para especies cuya biología y ecología es menos conocida. Se planteó que la normativa chilena en espíritu siempre tiende a hacer que la naturaleza funcione como a nosotros nos gustaría, sin embargo, ella tiene sus propias reglas, por lo que umbrales rígidos -tal como se establecerían en el reglamento- no representarían, necesariamente, umbrales con significado biológico.

La Región de Coquimbo cuenta en estos momentos con una buena cobertura de muestreo florístico, con una georeferenciación que permite un análisis distribucional de las especies, y por lo tanto es

posible establecer una definición operacional para estimar el número de poblaciones basado en los núcleos de distribución y las características de cada especie. Sólo en algunos grupos de plantas es posible hacer estimaciones del número de individuos, otro de los parámetros planteados en el reglamento.

Respecto a los indicadores de reducción poblacional, en general se aceptaron como válidos para las especies longevas la utilización de la estructura de tamaños (edades) de la población como un indicador de su riesgo de extinción. La predicción que se debe hacer de una población compuesta sólo por adultos, es que esa población no se está renovando y mientras esa condición exista, hay un alto riesgo de extinción. Un planteamiento conservativo, salvo que se tenga evidencia que indique lo contrario, es que las condiciones que impiden su regeneración no cambiarán en el futuro.

En cuanto a la pertinencia de los criterios para definir los "sitios de interés para la conservación de las especies leñosas y suculentas con problemas de conservación", se consideró que los seleccionados (i.e., análisis de concentración de especies con problemas de conservación, análisis de endemismos, áreas de concentración de biodiversidad vegetal) constituyen los parámetros que mejor expresan e integran el doble imperativo que nos impone nuestro presente: la necesidad práctica de proteger, ahora, los sitios con flora nativa amenazada, como la necesidad científica y ética de entregar a las generaciones futuras un patrimonio botánico de enorme valor histórico-biológico.

Del análisis de los Sitios Prioritarios pre-seleccionados, se destacó que se requiere establecer en forma urgente un sistema de protección para el área de Punta Teatinos al cerro Juan Soldado, puesto que esta área presenta un alto nivel de endemismo, una alta concentración de especies con problemas y una flora con alta unicidad regional, no representada en el resto de la región.

Este proyecto contempla un segundo taller de validación para fines de abril del 2001, y la entrega de los productos finales para mediados de julio del 2001.

¿CÓMO ENVIARNOS SU ARTÍCULO?

1. Los artículos es deseable que nos los envíen, en la medida que corresponda al caso, en el formato clásico de título, título en inglés, resumen, resumen en inglés, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y referencias bibliográficas. Las notas y las noticias son de formato libre. Para los trabajos de floras locales o regionales, los hallazgos de especies nuevas o interesantes y las ampliaciones de rango de distribución, es conveniente citar materiales de referencia que se encuentren depositados en algún Herbario.
2. Aceptamos trabajos aparecidos en publicaciones nacionales o extranjeras poco difundidas y también traducciones al castellano de artículos publicados en revistas extranjeras, más aún si son de difícil acceso en nuestro país. Estamos muy interesados en publicar traducciones de artículos clásicos sobre flora y vegetación de Chile.
3. Enviar los textos en .rtf o .doc, en alguna versión de Word para PC. Las tablas es preferible que sean hechas directamente en Frontpage (.htm) o en Word (.doc). Los gráficos es mejor mandarlos en formato .jpg, no pegados en ningún texto. Se aceptan fotografías, blanco y negro o color escaneadas a formato .jpg, enviarlas independientes del texto con un título que indique su numeración.
4. Los archivos los pueden mandar por e-mail: steillier@gmail.com. También pueden hacer llegar el material personalmente a los editores.
5. Tenemos la más firme intención de crear una red de corresponsales regionales que nos difundan y ayuden en la captación de interesados en publicar. Si está interesado en formar parte de ella comuníquese con nosotros.

LOS EDITORES