



**INFORME DE ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE RAÍCES  
DE LA VEGETACIÓN ZONAL  
EN EL BORDE ESTE DEL SALAR DE COPOSA**



## **ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE RAÍCES DE LA VEGETACIÓN ZONAL EN EL BORDE ESTE DEL SALAR DE COPOSA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de diferentes estrategias frente a las demandas hídricas es un fenómeno bastante general en plantas, existiendo respuestas adaptativas a la disponibilidad de agua, principalmente por el sistema radicular, como estrategia ecológica relacionada con una asignación temporal y espacial de hábitat (di Castri 1973, Mooney et al 1977, Armesto y Martínez 1978, Armesto et al 1979, Martínez y Armesto 1983, di Castri 1990).

En el eje temporal, se ha reportado que en arbustos siempreverdes, los niveles de estrés hídrico a lo largo del año estarían relacionados con su morfología de enraizamiento. En este sentido, las especies con raíz profunda tendrían altos potenciales hídricos del xilema, en contraste con las especies de sistemas radicales más superficiales con mayores y más variables niveles de estrés (Gilberto y Estay 1978). Las especies siempreverdes presentarían una variación estacional menor al finalizar el período de sequía -sin síntomas de sequía y/o con estrés hídrico por un corto período- y mantendría altas tasas de transpiración, gracias al agua de perfiles profundos del suelo (Canadell y Zedler 1995). La importancia de esta respuesta está determinada en que permite un balance de carbono positivo, principalmente en la época seca -cuando el estado hídrico de las plantas podría limitar las tasas fotosintéticas (Mooney y Chu 1974; Martínez y Armesto 1983; Riveros et al 1976). Esta limitación hace difícil que alcance el agua disponible durante la estación seca en los niveles profundos del suelo e igualmente explica las tasas fotosintéticas de verano de especies siempreverdes (Martínez y Armesto 1983) con raíces profundas (Gilberto y Estay 1978).

Estos patrones de enraizamiento en plantas -como otros aspectos de su morfología- resultan de la influencia del ambiente en el desarrollo de un plan genético básico y en este caso los factores primarios que controlan esto son la humedad, los nutrientes y las propiedades físicas del suelo (Canadell y Zedler 1995) parámetros que cambian tanto en una escala espacial amplia como local (Kummerow 1981). Estas estrategias permiten a las especies siempreverdes con raíces profundas, utilizar a lo largo del año la humedad disponible en los horizontes más bajos y complementariamente, con un sistema menos profundo, acceder al mayor contenido de nutrientes en suelos superficiales y usar el agua de lluvia cuando los horizontes más profundos no están totalmente recargados (Canadell y Zedler 1995).

Por su parte, muchas especies deciduas presentan un sistema radicular superficial (Mooney y Dunn 1970) ocupando los sitios más xéricos de disponibilidad de agua y haciéndose dormantes frente a la sequía (Canadell y Zedler 1995). En arbustos deciduos, evasores de la sequía y considerados mejor adaptados para enfrentar prolongados períodos de déficit de agua, la estrategia adaptativa común es la reducción del área foliar, principalmente por la pérdida estacional de las hojas (Mooney y Kummerow 1971; Pereira y Chávez 1993). Estas respuestas adaptativas al estrés hídrico en estas plantas han sido señaladas en explicar los patrones de distribución de las especies y de la vegetación

(Mooney y Dunn 1970; Parsons y Moldenke 1975; Pearson 1976; Armesto y Martínez 1978; Rundel 1981; Martínez y Armesto 1983; Montenegro 1987).

La habilidad de modificar el sistema radicular de manera de mantener su función y crecimiento cuando los recursos del suelo son limitados pueden ser aspectos claves de la plasticidad adaptativa individual (Grime 1994). Dado que la humedad del suelo y la disponibilidad de los nutrientes varían temporal y espacialmente (Bazzaz y Sultan 1987; Bazzaz 1996), este aspecto de respuesta adaptativa puede involucrar un reajuste dinámico en asignación, morfología y desarrollo espacial del sistema radicular (Eissenstat y Caldwell 1989; Jackson y Caldwell 1989).

Evidencias de plasticidad fenotípica se relacionan además con la coexistencia de plantas que crecen en suelos infértiles, los cuales determinan modificaciones en características tales como fenología, requerimientos nutricionales y la distribución de las raíces con la profundidad de los suelos (Al-Mufti et al 1977; Tilman 1982; Berendse 1982). Estas diferencias son consideradas en reducir la competencia entre las especies, permitiendo con esto la coexistencia de varias especies de plantas en un ambiente determinado. En este sentido se ha comentado que muchas especies de plantas difieren en alguna medida en el tiempo y la profundidad del suelo al cual su sistema radicular está activo, obligando de esta forma a las especies menos competitivas a explotar capas del suelo más profundas (Berendse 1981 y 1982). Este antecedente apunta a la potencial respuesta “plástica” de ciertos genotipos frente a necesidades del medio, la cuales podrían estar determinadas por factores climáticos o la coexistencia de otros individuos. En este sentido, los gradientes ambientales son importantes para estudiar la relación entre la competencia y factores del ambiente, principalmente en ecosistemas en los que el agua limita fuertemente el crecimiento de las plantas en que frecuentemente se encuentra el suelo desnudo o la vegetación se halla dispersa (Nahal 1981; Pantastico-Caldas y Venable 1993; Hook et al 1994; Belcher et al 1995). En este sentido, Redbo-Teorstensson (1994) reportó para *Spergularia marina* -en un gradiente de salinidad y disponibilidad de agua- coeficientes de variación en el peso seco de las raíces que oscilaban entre un 19 y 34%, sugiriendo con ello la habilidad de llevar a cabo respuestas plásticas de ciertos genotipos para la adecuación con el medio.

La vegetación del área de estudio corresponde a elementos propios de la Estepa Ato Andina Sub-Desértica. Está dominada por tres unidades fisiográficas: la primera está conformada por laderas de pendientes suaves con exposición predominantemente sur, las que forman parte de la Pampa Negra y Pampa Cascochani, la segunda está conformada por laderas de pendientes un poco más abruptas con exposición predominantemente oeste, las que se elevan hacia las cumbres del Cerro Hualconi, Volcán Irruputuncu, Cerro La Laguna y Cerro Tres de Abril, en el límite chileno – boliviano. La tercera unidad fisiográfica corresponde al salar de Coposa el que abarca una extensión de 85 km<sup>2</sup> y está constituido por un núcleo clorurado rodeado por limos salinos y arenosos (Risacher et al., 1999).

La existencia de las unidades fisiográficas descritas junto con la altitud (3.730 msnm en el área del Salar) y el clima (estepárico de altura de acuerdo con Fuenzalida, 1965), determinan la existencia de una vegetación conformada por matorrales bajos de especies como *Parastrephia lepidophylla*, *Parastrephia lucida*, *Lampaya medicinalis*, *Baccharis tola* y *Adesmia melanthes*, comúnmente denominados “tolares” y formaciones de praderas



conformadas por especies de gramíneas perennes como *Festuca chrysophylla*, *Stipa frígida* y *Stipa nardoides* comúnmente denominados “coironales”. De acuerdo con la prospección vegetacional efectuada, tanto tolares como coironales ocupan ampliamente las unidades fisiográficas de laderas de exposición sur y laderas de exposición oeste. En la unidad fisiográfica de salar se desarrollan formaciones halófitas de pequeña extensión constituidas por especies herbáceas como *Sarcocornia pulvinata*, *Distichlis spicata*, *Scirpus atacamensis* y *Werneria incisa* asociadas a condiciones microambientales de mayor contenido de humedad y alta salinidad.

Esto concuerda con lo indicado por Teillier (1998), en su descripción de flora y vegetación del área comprendida entre el Salar de Coposa y las Quebradas de Mal Paso y Quebrada Seca (sector de Collahuasi), donde identificó formaciones de Pajonal de *Festuca chrysophylla*, Pajonal de *Stipa nardoides*, Tolar de *Parestrephia lucida*, Tolar de *Lampaya medicinalis*, Tolar de *Fabiana squamata* y Tolar de *Adesmia melanthes* y *Baccharis tola*.

Considerando la existencia de vegetación zonal en el sector de estudio, junto al desconocimiento de la profundidad de las raíces de este tipo de formaciones vegetacionales, es necesario realizar una estimación que permita generar hipótesis acerca de la relación existente entre el largo de las raíces y el nivel freático en dicho sector

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo de este estudio de campo es realizar una estimación de la profundidad que alcanzan las raíces de la vegetación zonal, de manera de establecer su vinculación con el nivel freático en el borde este del Salar de Coposa.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una campaña a terreno entre los días 23 y 23 de junio de 2006, donde se realizaron excavaciones en individuos de *Lampaya medicinalis* (Lampayo) y de *Baccharis tola* (Tola), para determinar el tipo de raíces y su profundidad.

Se establecieron 2 sitios de muestreo en la vecindad de la ubicación de los pozos de extracción de agua. Sitio 1 coordenadas 542.552 E, 7.725.647 N (**Figura 1**), Sitio 2 coordenadas 542.168 E, 7.724.876 N (**Figura 2**).



**Figura 1.** Sitio de muestreo N° 1



**Figura 2.** Sitio de muestreo N° 2

#### 4. RESULTADOS

##### Sitio 1

Se realizaron excavaciones en 2 individuos de *Baccharis tola*, la estructura de las raíces estaba formada por 1 ó 2 raíces de tipo pivotante y raíces de tipo adventicia. Las raíces pivotantes alcanzaron una profundidad máxima de 1.2m, en cambio, las raíces adventicias estaban concentradas entre los 0 y 50cm de profundidad (**Anexo 1, Figuras 1 y 2**).

Se realizaron excavaciones en 3 individuos de *Lampaya medicinalis*, la estructura de las raíces estaba formada exclusivamente del tipo adventicia, concentradas entre los 0 y 50cm de profundidad (**Anexo 1, Figuras 3 a 5**).

##### Sitio 2

Se realizaron excavaciones en 7 individuos de *Baccharis tola*, la estructura de las raíces estaba formada por varias raíces de tipo pivotante y raíces de tipo adventicia. Las raíces pivotantes alcanzaron una profundidad máxima de 1.5 m, en cambio, las raíces adventicias estaban concentradas entre los 0 y 50 cm de profundidad (**Anexo 1, Figuras 6 a 12**).

Se realizaron la excavación de 1 individuo de *Lampaya medicinalis*, la estructura de las raíces estaba formada exclusivamente del tipo adventicia, concentradas entre los 0 y 50 cm de profundidad (**Anexo 1, Figura 13**).

#### 5. CONCLUSIONES

- Se identificaron dos tipos de raíces, pivotante y adventicia.
- Las raíces pivotantes alcanzaron una profundidad máxima entre 1.2 m y 1.5 m.
- Las raíces adventicias, en ambos sectores y en ambas especies, se concentraron entre los 0 y 50 cm de profundidad.
- El nivel freático en los sectores estudiados se ubicó entre los 10.6 m (Sitio 1, PDC 01) y los 11 m de profundidad (Sitio 2, PDC 02).
- Es posible concluir que dada la profundidad que alcanzan las raíces de la vegetación zonal, no existe vinculación con el nivel freático en el borde este del Salar de Coposa.

## 6. REFERENCIAS

- Al-Mufti MM, Sydes CL, Furness SB, Grime JP y Band SR (1977) A quantitative analysis of shoot phenology and dominance in herbaceous vegetation. *Jour Ecol* 65:759-791
- Armesto JJ y Martínez J (1978) Relations between vegetation structure and slope aspect in the mediterranean region of Chile. *Jour Ecol* 66:881-896
- Armesto JJ, JR Gutiérrez y Martínez JA (1979) Las comunidades vegetales de la región mediterranea de Chile : distribución de especies y formas de vida en un gradiente de aridez. *Medio Ambiente* 4:62-70
- Bazzaz FA (1996) *Plants in changing environments*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bazzaz FA y SE Sultan (1987) Ecological variation and the maintenance of plant diversity. In K M Urbanska (Ed.). *Differentiation patterns in higher plants*, 69-93. Academic Press, London.
- Belcher JW, Keddy PA y Twolan-Struu L (1995) Root and shoot competition intensity along a soil depth gradient. *Jour Ecol* 83:673-682
- Berendse F (1981) Competition between plant populations with different rooting depths. II Pot experiments. *Oecologia* 48:334-341
- Berendse F (1982) Competition between plant populations with different rooting depths. III Field experiments. *Oecologia* 53:50-55
- Canadell J y PH Zedler (1995) Underground structures of woody plants in mediterranean ecosystems of Australia, California, and Chile. En Arroyo MTK,
- PH Zedler y MD Fox (eds.) *Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California, and Australia*. Ecological Studies 108, Springer-Verlag, NY, 177-210.
- CEA (2000) Estudio dendrocronológico del crecimiento vegetativo de *Ephedra breana* en el sector de Tilopozo, Salar de Atacama, II Región.
- Clevering O y Hundscheid M (1998) Plastic and non-plastic variation in growth of newly established clones of *Scirpus (Bolboschoenus) maritimus* L. Grown at different water depths. *Aquatic Botany* Vol 62 (1) 1-17.
- di Castri F (1973) Climatographical comparisons between Chile and the western coast of North America. In di Castri F, HA Mooney (eds), *Mediterranean-type ecosystems: origin and structure*. Springer-Verlag, Berlin, pp 21-36
- di Castri F (1990) An ecological overview of the five regions of the world with mediterranean climate. In Groves RH, F di Castri (eds) *Biogeography of mediterranean invasions*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3-15.

- Eissenstat DM y Caldwell MM (1989) Invasive root growth into disturbed soil of two tussock grasses that differ in competitive effectiveness. *Functional Ecology* 3: 345-353.
- Fransen B, De Kroon H y Berendse F (1998) Root morphological plasticity and nutrient acquisition of perennial grass species from habitats of different nutrient availability. *Oecologia* 115 (3): 351-358.
- Gilberto J y Estay H (1978) Seasonal water stress in some Chilean matorral shrubs. *Bot Gaz* 139:236-260
- Grime JP (1994) The role of plasticity in exploiting environmental heterogeneity. In MM Caldwell and RW Pearcy (Eds.). *Exploitation of environmental heterogeneity in plants*, 1-21. Academy Press, New York, NY.
- Hook PB, Lauenroth WK y Burke IC (1994) Spatial patterns of roots in a semiarid grassland: abundance of canopy openings and regeneration gaps. *Jour Ecol* 82:485-494
- Jackson RB y Caldwell MM (1989) Timing and degree of root proliferation in fertile-soil microsites of three cold-desert perennial. *Oecologia* 81: 149-153.
- Kummerow J (1981) Structure of roots and root systems. In di Castri F, DW Goodall, RL Specht (eds) *Mediterranean-type shrublands. Ecosystems of the World*, vol. 11, Elsevier Scientific Pub., Amsterdam, pp 269-288.
- Martínez JA y JJ Armesto (1983) Ecophysiological plasticity and habitat distribution in three evergreen sclerophyllous shrubs of the Chilean matorral. *Oecol Plant* 4 :211-219.
- Matthei O (1995) *Manual de las malezas que crecen en Chile*. Alfabeta Impresores. 545 pp
- Montenegro G (1987) Quantification of mediterranean plant phenology and growth. En Tenhunen JD, Catarino O, Lange L y Oechel WC (eds) *Plant Response to Stress: Functional Analysis in Mediterranean Ecosystems*. Vol 15G NATO ASI Series, Springer, Berlin, pp. 469-488
- Mooney HA y C Chu (1974) Seasonal Carbon allocation in *Heteromeles arbutifolia*, a californian evergreen shrub. *Oecologia* : 14 :295-306.
- Mooney HA y EL Dunn (1970) Photosynthetic systems of mediterranean-climate shrubs and trees of californian and Chile. *Am. Nat.* 104 :447-453.
- Mooney HA y Kummerow J (1971) The comparative water economy of representative evergreen sclerophyll and drought deciduous shrubs of Chile. *Bot Gaz* 132:245-252





- Mooney HA, J Kummerow, AW Johnson, DJ Parsons, S Keeley, A Hoffmann, RI Hays, J Giliberto y C Chu (1977) The producers - their resources and adaptative responses. En Mooney HA (ed) Convergent evolution in Chile and California : Mediterranean climate ecosystems. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, PA, pp 85-153.
- Nahal I (1981) The mediterranean climate from a biological viewpoint. Di Castri F, Goodall DW y Specht RL (eds) Elsevier Sciencific , Publishing Company, Amsterdam
- Pantastico-Caldas M y Vanable DL (1993) Competition in two species of desert annuals along a topographic gradient. Ecology 74:2192-2203
- Parsons DJ y AR Moldenke (1975) Convergence in vegetation structure along analogous climatic gradients in California and Chile. Ecology 56 :950-957.
- Pearson DJ (1976) Vegetation structure in mediterranean scrub communities of California and Chile. Jour Ecol 64:435-447
- Pereira JS y Chavez MM (1993) Plant water deficits in mediterranean ecosystems. En Smith JAC y Griffiths H (ed.) Water Deficits plant responses from cell to community. Bios Sci Pub Lim, UK, pp. 221-236
- Redbo-Teorstensson P (1994) Variation in plastic response to a salinity gradient within a population of the halophytic plant *Spergularia marina*. OIKOS 70: 349-358.
- Riveros F, A Hoffmann, G Avila, ME Aljaro, S Araya, AE Hoffmann y G Montenegro 1976. Comparative morphological and ecophysiological aspects of two sclerophyllous Chilean Shrubs. Flora 165 : 223-234.
- Rundel PW (1981) The matorral zone of central Chile. En : di Castri F, DW Goodall y RL Specht (eds) Mediterranean type shrublands. Elsevier Sci Pub Co. Amsterdam, pp. 175-201
- Squeo F, Osorio R y Arancio G (1994). Flora de los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones de la Universidad de La Serena.168 pp.
- Tilman D (1982) Resource Competition and Community Structure. Princeton University Press, Pinceton, NJ, USA