



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas Área Botánica

**“RESISTENCIA AL CONGELAMIENTO EN ESPECIES ALTO-ANDINAS DE
CHILE CENTRAL: VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES DE
DISTINTA ESCALA”**



Profesor Guía: Dr. Lohengrin Cavieres González
Departamento de Botánica
Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas
Universidad de Concepción

**Tesis para ser presentada a la Dirección de Postgrado de la Universidad de
Concepción**

ANGELA PAOLA SIERRA ALMEIDA
CONCEPCIÓN-CHILE
2010

I. RESUMEN

Aunque las plantas de alta montaña tienen la habilidad de resistir temperaturas congelantes, esta habilidad disminuye considerablemente durante el período de crecimiento, incrementando el riesgo que las plantas sufran daños severos producto de las heladas. La magnitud y causas de la disminución de la resistencia al congelamiento están en estrecha relación con la temperatura ambiental que experimentan las plantas. Por ello, la resistencia al congelamiento de las plantas de alta montaña debería cambiar en función de la variación temporal y espacial de la temperatura en estos ambientes. El objetivo general de esta tesis fue **estudiar la variación temporal (*i.e.* intra-estacional y ontogenética) y espacial (*i.e.* altitudinal y a nivel de micro-hábitat) de la resistencia al congelamiento en especies de alta montaña que crecen en Los Andes de Chile central.**

El aumento de la temperatura mínima a inicios del período de crecimiento, sumado a que las plantas están en plena actividad metabólica sugiere que **las plantas serían menos resistentes al congelamiento a inicios que al término de este período**, cuando la temperatura mínima ambiental es más baja y las plantas han comenzado los procesos de aclimatación al frío. Sin embargo, esta tendencia fue observada sólo en el 25% de las especies estudiadas, mientras más del 45% de las especies fueron menos resistentes al final del período de crecimiento (*i.e.* mayores temperaturas de daño, LT_{50}). Dicho patrón se vincula fuertemente con el aumento de la temperatura mínima del aire en el mismo período. Al contrario, el punto de congelamiento (FP) disminuyó a fines del período de crecimiento en el 62,5% de las especies, sugiriendo una respuesta osmótica a una menor disponibilidad hídrica en el suelo más que a la variación en la temperatura ambiental. La disminución de la temperatura ambiental y el aumento de la frecuencia e intensidad de las heladas con la altitud sugieren que **la resistencia al congelamiento de las plantas debería aumentar con la altitud donde éstas crecen**. Efectivamente, las plantas de mayor altitud fueron en promedio 2°C más resistentes que las plantas que crecen a menor altitud. No obstante y en línea con la variación intra-estacional de FP, las plantas provenientes de menor altitud presentaron FP más negativos que las de mayor altitud, especialmente al término del período de crecimiento.

La distribución vertical de la temperatura durante las heladas genera distintos micro-hábitats, donde las plantas que crecen más cercanas al suelo están expuestas a temperaturas más bajas y por más tiempo que las plantas que crecen a mayor distancia de éste. Este gradiente sugiere **que las plantas de baja estatura (e.g. rosetas) resistirían temperaturas más bajas que aquellas de mayor estatura (e.g. arbustos)**. A su vez, la tolerancia (FT) es un mecanismo frecuente entre especies de sitios donde las heladas son severas y prolongadas, mientras la evasión (FA) es común en plantas que crecen en lugares con heladas moderadas y breves. Por ello, **se espera que las especies de baja estatura toleren congelamiento mientras las especies altas lo evadan**. Aunque las especies altas y de baja estatura estuvieron expuestas a distintas condiciones térmicas, ambas resistieron temperaturas similares y en su mayoría fueron FT. La prolongada duración de las heladas en todos los micro-hábitats, en conjunto con los efectos indirectos de la sequía sobre algunas de las especies explicarían tales resultados.

Las especies de alta montaña difieren en la asignación de recursos a crecimiento. Mientras la mayoría de las especies herbáceas produce gran cantidad de hojas inmediatamente se derrite la nieve y las pierden antes de florecer o fructificar (*i.e.* con alta intensidad de crecimiento), otras especies producen hojas duras y tallos leñosos que conservan durante todo el período de crecimiento e incluso durante el invierno (*i.e.* con baja intensidad de crecimiento). La existencia de un compromiso entre crecimiento y resistencia a estrés sugiere que **las especies con alta intensidad de crecimiento (e.g. anuales, plantas bulbosas) son menos resistentes al congelamiento que las especies con baja intensidad de crecimiento (e.g. arbustos, plantas en cojín)**. Sin embargo, ambos grupos funcionales resistieron temperaturas congelantes similares, indicando que la intensidad del crecimiento no es un buen predictor de resistencia al congelamiento para las especies alto-andinas y que en su lugar, las características microambientales pueden ser más relevantes.

Las plántulas son consideradas menos resistentes al congelamiento comparado con los adultos debido a que existe un compromiso entre crecimiento y resistencia a estrés. Sin embargo, las plántulas al crecer más cerca del suelo están expuestas a heladas más intensas y frecuentes que muchas plantas adultas, especialmente las de mayor estatura. **Las diferencias en estatura entre plántulas y adultos podrían estar relacionadas con**

cambios ontogenéticos en el nivel y mecanismo de resistencia al congelamiento de una misma especie. Por un lado, las plántulas resistieron en promedio 3°C menos que los adultos de su misma especie y estas diferencias ontogenéticas fueron mayores en especies con adultos de mayor estatura (*e.g.* arbustos). Por otro lado, el mecanismo cambió con la ontogenia en especies bajas y altas y en éstas últimas, las plántulas fueron FA mientras sus adultos fueron FT. Las mayores LT_{50} y FA como principal mecanismo de resistencia sugieren que el establecimiento de plántulas de especies altas es poco frecuente y está restringido a años con heladas menos severas.

El calentamiento global podría afectar negativamente la resistencia al congelamiento de las especies alto-andinas de Chile central. Las plantas calentadas resistieron en promedio 3°C menos que las que permanecieron en condiciones naturales. Además, el calentamiento también aumentó el FP en varias de las plantas expuestas a mayores temperaturas, sugiriendo una mayor vulnerabilidad a los efectos de éste. Dos especies de plantas en cojín disminuyeron su resistencia al congelamiento. Estas especies son consideradas especies clave dentro de la comunidad alto-andina porque facilitan la supervivencia de otras especies. Por lo tanto, el calentamiento global no sólo tendría consecuencias directas sobre el funcionamiento de la comunidad alto-andina de Chile central, por medio de la disminución de la resistencia al congelamiento, sino también consecuencias indirectas, a través de las interacciones entre cojines y otras especies.