



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1345

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Respuestas a la restricción hídrica en seis especies esclerófilas establecidas en Chile central

ESPINOZA MEZA. S(1), MAGNI DÍAZ C. (2), MARTINEZ HERRERA E. (2) y YAÑEZ ARCE M. (3)

(1) Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Avenida San Miguel 3605, Talca, Chile

(2) CESAF. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile, Avenida Santa Rosa 11365, La Pintana, Chile.

(3) College of Forestry, Agriculture, and Natural Resources, University of Arkansas at Monticello, 110 University Ct, Monticello, AR 71656

Resumen

Se investigaron las respuestas a la restricción hídrica en campo en seis especies esclerófilas del bosque nativo chileno (*Vachellia caven*, *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*, *Escallonia pulverulenta*, *Peumus boldus* y *Colliguaya odorifera*). Se implementaron dos tratamientos de riego durante la época estival (2 L-1 plantas/semana-1 semana/planta-1 desde noviembre de 2019 a marzo de 2020 versus sin riego) y se analizó el crecimiento, la supervivencia e intercambio gaseoso. *V. caven*, *Q. saponaria* y *C. odorifera* mostraron la mayor supervivencia (>82%) y conductancia estomática media a alta (0.10 a 0.23 mol H₂O m⁻² s⁻¹). En contraste, *P. boldus* y *E.* mostraron una baja supervivencia (33 a 63%) y conductancia estomática (0.07 a 0.10 mol H₂O m⁻² s⁻¹). Estos resultados pueden orientar la restauración en zonas con clima de tipo mediterráneo en términos de especies adecuadas y riegos de apoyo al establecimiento.

Palabras clave

Supervivencia, clima de tipo mediterráneo, intercambio de gases, restauración forestal.

1. Introducción

En ecosistemas con clima de tipo mediterráneo las plantas recién establecidas deben tolerar largos periodos de sequía y desarrollar mecanismos para sobrevivir al estrés post-trasplante (SOUTH y ZWOLINSKY 1997). En estos ecosistemas, la supervivencia depende, entre otros factores, de los atributos morfológicos de las plantas al momento del establecimiento y de las estrategias de adaptación para hacer frente a la sequía (MARGOLIS y BRAND 1990, GROSSNICKLE 2005).

En los ecosistemas con clima tipo mediterráneos de Chile central, la vegetación corresponde principalmente a comunidades xerofíticas y mésicas, dominadas por especies esclerófilas como *Vachellia caven*, *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria*, *Escallonia pulverulenta*, *Peumus boldus* y *Colliguaya odorifera* (ARROYO et al. 1993). Las adaptaciones que las especies esclerófilas para hacer frente a la restricción hídrica en climas de tipo mediterráneo suelen estar relacionadas con una



superficie foliar reducida (BALDOCHI y WU 2007), el control estomático sobre la transpiración (MEDIAVILLA y ESCUDERO 2003) y la extensión del sistema radical hacia capas más profundas del perfil de suelo (LUIS et al. 2009). Sin embargo, en las especies esclerófilas de Chile central, el conocimiento sobre su respuesta morfológica y fisiológica frente a la escasez de agua aún es escaso. En este contexto, y dado el diferente comportamiento y hábito de crecimiento de las especies esclerófilas chilenas, hemos realizado un experimento comparativo de campo para investigar las respuestas que tienen estas especies para hacer frente a la restricción hídrica.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es evaluar las respuestas morfológicas y fisiológicas entre *V. caven*, *L. caustica*, *Q. saponaria*, *E. pulverulenta*, *P. boldus* y *C. odorífera* establecidas bajo dos regímenes de riego contrastantes en un sitio con clima de tipo mediterráneo.

3. Metodología

Las plantas se produjeron en contenedores de 140 mL con sustrato a base de corteza compostada de *Pinus radiata* con fertilizante Basacote 9M® en dosis de 3 g L-1 y se cultivaron en condiciones ambientales de temperatura y luz hasta durante 9 meses. El ensayo se estableció en julio del año 2019 en un sitio con clima de tipo mMediterráneo y el diseño fue en parcelas divididas con cinco bloques (Figura 1). Los efectos del nivel de riego (2 L planta-1 semana-1 desde noviembre de 2019 a marzo de 2020 (R+), versus sin riego (R-)) constituyeron fueron el tratamiento de parcela grande, y las seis especies (*P. boldus*, *E. pulverulenta*, *Q. saponaria*, *L. caustica*, *C. odorífera* y *V. caven*) constituyeron fueron el tratamiento de parcelas divididas. El ensayo contó con un total de 600 plantas (2 tratamientos de riego x 6 especies x 5 bloques x 10 plantas por unidad experimental).

	R+					R-						
Blk I	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	X	X
Blk II	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	X	X
Blk III	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	X	X
Blk IV	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	X	X
Blk V	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	Pb	Ep	Qs	Co	Vc	X	X

Figura 1. Esquema general de la distribución del ensayo en campo. R+ y R- representan los tratamientos de riego. Los nombres de las especies van abreviadas (Pb = *P. boldus*, Ep = *E. pulverulenta*, Qs = *Q. saponaria*, Co = *C. odorífera*, Vc = *V. caven*) y los bloques se han identificado desde Blk I a Blk 5. Las especies se establecieron de manera aleatoria en cada bloque y cada unidad experimental contó con 10 plantas.



Después de un año de establecidas en campo se midió la altura (H, cm), diámetro del cuello de la raíz (D, mm) y supervivencia (SUP, %). SUP se midió como una variable categórica (planta viva = 1, planta muerta = 0). Durante enero de 2020 se midió la fotosíntesis saturada (Asat, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiración (E, $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y conductancia estomática (gs, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) con medidor portátil de fotosíntesis LICOR 6800. La prueba de Tukey ($P < 0,05$) se utilizó para mostrar los valores medios que mostraron diferencias significativas entre los valores medios se compararon con la prueba de Tukey ($P < 0,05$). Los datos fueron examinados y ajustados a los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En el caso de SUP, se usó un modelo lineal generalizado con distribución binomial y función de enlace logit. Los análisis se hicieron en software SPSS 25.

4. Resultados

Un año después del establecimiento, *P. boldus* y *V. caven* exhibieron los menores valores para diámetro y altura, mientras que *Q. saponaria* y *C. odorifera* presentaron los diámetros más gruesos y las mayores alturas de planta. En términos de SUP, se observó que *P. boldus* tuvo la menor supervivencia, la cual fue aproximadamente dos veces menor que la de *L. caustica*, que exhibió la mayor supervivencia del ensayo (Tabla 1). La interacción entre especie y riego tuvo efectos significativos solo en SUP, y las diferencias se atribuyeron principalmente a la baja supervivencia de *P. boldus* en el tratamiento R- (8%).

Tabla 1. Crecimiento y supervivencia de las seis especies en estudio

D (mm)	H (cm)		SUP (%)		
Especie					
P	.	<i>boldus</i>	3.5 ± 0.1c	20.0 ± 0.9bc	33 ± 9c
E	.	<i>pulverulenta</i>	4.4 ± 0.1b	24.0 ± 0.8bc	63 ± 9b
Q	.	<i>saponaria</i>	5.3 ± 0.1a	33.8 ± 0.8a	78 ± 5ab
L	.	<i>caustica</i>	5.7 ± 0.3a	24.5 ± 1.3b	89 ± 3a
C	.	<i>odorifera</i>	5.2 ± 0.1a	33.4 ± 1.1a	81 ± 8ab
V	.	<i>caven</i>	2.9 ± 0.1c	19.4 ± 1.2c	83 ± 3ab
Riego					
R+	4.8 ± 0.2a	25.9 ± 1.0a	82 ± 3a		
R-	4.3 ± 0.2b	26.8 ± 1.6a	60 ± 6b		

D = Diámetro de cuello, H = altura, SUP = supervivencia. Letras distintas indican



diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

En términos de respuesta fisiológica, los tratamientos de riego solo influyeron en Asat, la cual se redujo drásticamente en el tratamiento R-. A nivel de especies, *V. caven* tuvo los mayores valores de Asat, gs y E mientras que *P. boldus* presentó el desempeño más bajo en esas variables. En esta última especie, Asat, gs y E fueron 98, 23 y 4 veces menor que el de *V. caven* (Tabla 2). La interacción entre especie y riego tuvo efectos significativos en gs y E, y las diferencias se atribuyeron principalmente a la variación entre *V. caven* y *C. odorifera* y a los mayores valores de gs y E de *V. caven* en el tratamiento R- (Figura 21).

Tabla 2. Variables de intercambio gaseoso de las seis especies en estudio.

Asat	(μ)	mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	gs	(mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	E	(mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)
P	boldus	0.1 ± 0.4c	0.01 ± 0.00b		0.000 ± 0.00b	
E	pulverulenta	2.9 ± 0.5bc	0.07 ± 0.02ab		0.001 ± 0.001ab	
Q	saponaria	4.7 ± 1.4bc	0.10 ± 0.02ab		0.001 ± 0.001ab	
L	caustica	4.6 ± 0.5bc	0.05 ± 0.01b		0.001 ± 0.001b	
C	odorifera	7.4 ± 1.7ab	0.13 ± 0.04ab		0.002 ± 0.001ab	
V	caven	9.8 ± 1.9a	0.23 ± 0.07a		0.004 ± 0.00a	
Riego						
6.4 ± 0.9a	0.10 ± 0.02a			0.002 ± 0.00a		
3.5 ± 0.7b	0.09 ± 0.02a			0.001 ± 0.00a		

Asat = Fotosíntesis saturada, gs = conductancia estomática, E = transpiración. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$).

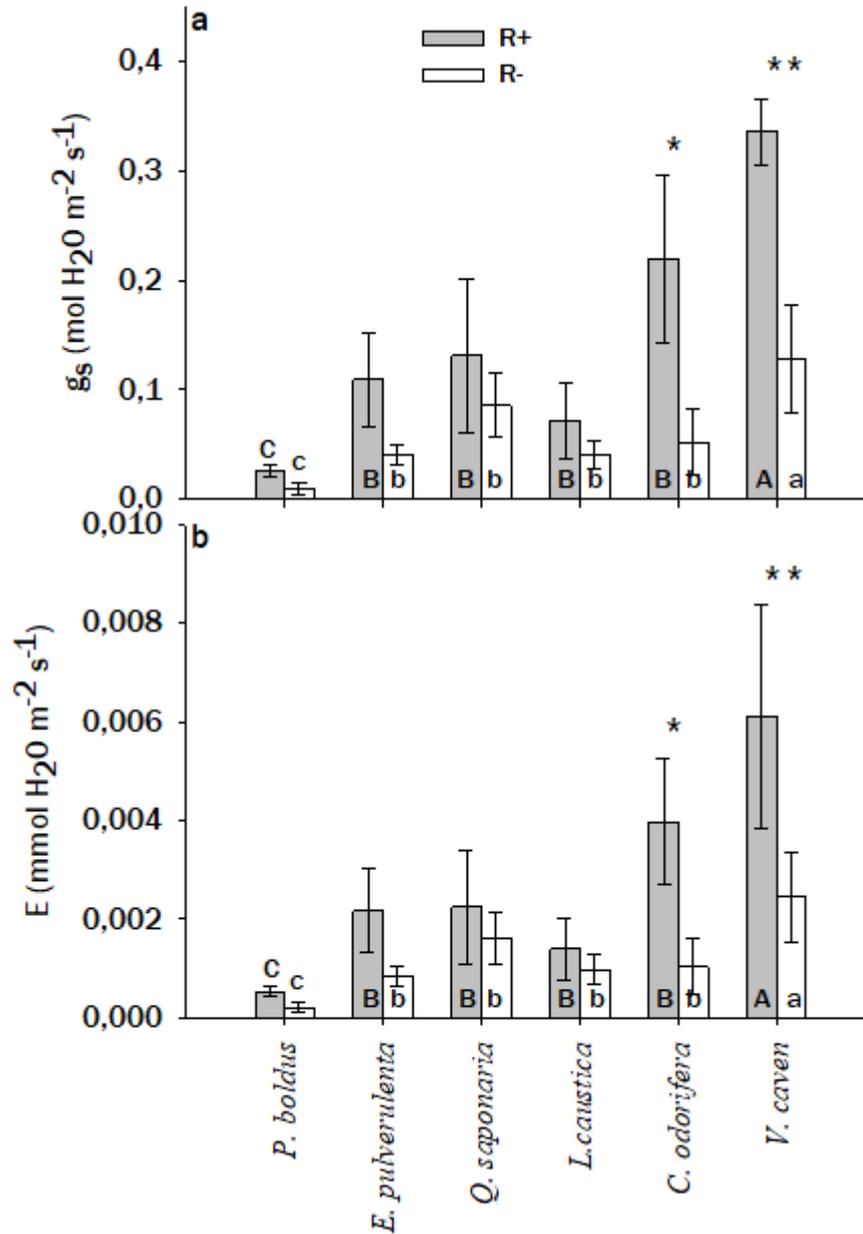


Figura 21. Efectos de la interacción entre especie y riego para la conductancia estomática, g_s (panel a) y transpiración, E (panel b). * y ** indican diferencias significativas para cada especie en ambos tratamientos de riego al 0,05 y 0,01, respectivamente. Letras mayúsculas y minúsculas iguales indican que no hay diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las especies dentro de los tratamientos R+ y R-, respectivamente.

5. Discusión

Nuestros resultados corroboran que, en ambientes con restricciones severas para el crecimiento y desarrollo vegetal, los atributos morfológicos de las plantas no contribuyen significativamente al éxito del establecimiento (TRUBAT et al. 2010).



TSAKALDIMI et al (2013) y Del CAMPO (2010) no encontraron correlaciones significativas entre la supervivencia en campo y los atributos morfológicos en las especies esclerófilas *Quercus ilex* y *Quercus coccifera*. Esto sugiere que, en esos ambientes, la supervivencia podría estar más relacionada con adaptaciones funcionales. La supervivencia superior al 70% en el tratamiento R- para *L. caustica*, *Q. saponaria* y *C. odorifera* podría estar relacionada con su sistema radicular profundo (HOFFMAN y KUMMEROW 1978) que mejora el área de absorción de agua. Se ha encontrado que la profundidad de enraizamiento está fuertemente relacionada con el desarrollo de plantas en ambientes áridos (PADILLA y PUGNAIRE 2007) ya que permite evitar la competencia por agua con plantas herbáceas en los horizontes superiores del suelo (GROSSNICKLE 2005). Por otro lado, la especie *V. caven* es caduca y tiene hojas pequeñas compuestas, lo que le otorga una baja superficie transpirante y un equilibrio entre absorción y transpiración de agua (cociente raíz:tallo), que mejoran el suministro de agua a la parte aérea (MANZONI et al. 2015). En nuestro estudio, *V. caven* presentó una supervivencia cercana al 80% tanto en los tratamientos R+ como R-. *P. boldus* presentó una baja supervivencia, lo cual podría estar relacionada con mecanismos de control estomático. En este estudio se registraron los valores más bajos de conductancia estomática para *P. boldus* en el tratamiento R-, con valores inferiores a los 0,1 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Según MEDRANO et al. (2002) valores de gs menores a 0,05 mol H₂O m⁻² s⁻¹ son indicativos de plantas con estrés hídrico severo. Desde el punto de vista de la restauración forestal, e indistintamente las adaptaciones de cada especie, para asegurar un establecimiento exitoso en ambientes con escasez de agua es imprescindible implementar a las plantas con un sistema de protección contra la insolación (tree shelters); el que también sirve para protección contra daño por animales, y riegos de apoyo al establecimiento. YÁÑEZ et al. (2024) y MARTÍNEZ et al. (2023) encontraron un buen desempeño fisiológico y establecimiento exitoso en las especies *V. caven*, *Q. saponaria*, *P. boldus*, *L. caustica*, *C. odorifera* y *E. pulverulenta* con el uso de protectores de planta. Por su parte, OVALLE et al. (2015) reportó una mayor supervivencia y crecimiento en *Q. saponaria* al aplicar 2 litros de agua por planta de manera semanal.

6. Conclusiones

Las seis especies estudiadas presentaron diferentes respuestas frente al estrés hídrico. *V. caven* presentó una alta supervivencia asociada a una alta conductancia estomática, mientras que *P. boldus* presentó un comportamiento opuesto en ambas variables. Concluimos que, si bien todas las especies tienen adaptaciones para enfrentar la escasez de agua en ambientes con clima mMediterráneo, la especie *P. boldus* precisa una mayor dosis y frecuencia de riego para sobrevivir al estrés post-trasplante y lograr establecerse con éxito. Es probable que para enfrentar la escasez de agua especies como *P. boldus* y *E. pulverulenta* tengan un comportamiento isohídrico (cierre estomático y aumento en el potencial hídrico) y que *L. caustica*, *C. odorifera*, *Q. saponaria* y *V. caven*, sigan un comportamiento anisohídrico (apertura estomática y disminución del potencial hídrico). Sin embargo, esta aseveración necesita mayor investigación.

7. Agradecimientos



Esta investigación fue financiada por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo (Corporación Nacional Forestal de Chile) mediante el proyecto ‘Contribución a la Rehabilitación del Bosque y Matorral Esclerófilo de la Región del Maule’ (Código 015/2017). Se agradece al personal del Centro de Semillas y Árboles Forestales de la Universidad de Chile (Betsabé Abarca, Nicole Toro, Nicole Saavedra) por su apoyo en las mediciones de campo.

8. Bibliografía

ARROYO, MTK.; ARMESTO, JJ.; SQUEO, F.; GUTIERREZ J. 1993. Global Change: The flora and vegetation of Chile. In: MOONEY H, FUENTES E, KRINBERG B (Eds.). Earth-Systems responses to Global Change: Contrasts between North and South America. Academic Press. 239-264. New York

BALDOCCHI, DD.; XU, L. 2007 What limits evaporation from Mediterranean oak woodlands – the supply of moisture in the soil, physiological control by plants or the demand by the atmosphere? *Adv Water Resour* 30 2113–2122

Del CAMPO, AD.; NAVARRO, RM.; CEACERO, CJ. 2010. Seedling quality and field performance of commercial stocklots of containerized holm oak (*Quercus ilex*) in Mediterranean Spain: an approach for establishing a quality standard. *New For* 39 19–37

GROSSNICKLE, S. 2005. Importance of root growth in overcoming planting stress. *New For* 30 273–294

HOFFMANN, A.; KUMMEROW, J. 1978. Root Studies in the Chilean Matorral. *Oecologia* 69 57–69

LUIS, VC.; PUÉRTOLAS, J.; CLIMENT, J.; PETERS, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, ÁM.; MORALES, D.; JIMÉNEZ, MS. 2009. Nursery fertilization enhances survival and physiological status in Canary Island pine (*Pinus canariensis*) seedlings planted in a semiarid environment. *Eur J For Res* 128(3) 221-229

MANZONI, S.; VICO, G.; THOMPSON, S.; BEYER, F.; WEIH, M. 2015. Contrasting leaf phenological strategies optimize carbon gain under droughts of different duration. *Adv Water Resour* 84 37–51

MARGOLIS, MA.; BRAND, DG. 1990. An ecophysiological basis for understanding plantation establishment. *Can J For Res* 20 375–390

MARTÍNEZ-HERRERA, E.; BRAVO, V.; GREZ, I.; VASWANI, S.; TORO, N.; YÁÑEZ, MA.; ESPINOZA, SE.; ABARCA, B.; FAÚNDEZ, A.; QUIROZ, I.; MAGNI, CR. 2023. The use of mulch and shading improves the survival of sclerophyllous species established in island plots in Central Chile. *Applied Sciences* 13(14) 8333



MEDIAVILLA, S.; ESCUDERO, A. 2003. Stomatal response to drought at a Mediterranean site: a comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity. *Tree Physiol* 23 978–996

MEDRANO, H.; ESCALONA, JM.; BOTA, J.; GULIAS, J.; FLEXAS, J. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Ann Bot* 89 895–905

OVALLE, JF.; ARELLANO, EC.; GINOCCHIO R. 2015. Trade-offs between drought and survival and rooting strategy of two South American Mediterranean tree species: Implications for dryland forests restoration. *Forests* 6 3733-3747

PADILLA, FM.; PUGNAIRE, FI. 2007. Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Funct Ecol* 21 489–495

SOUTH, DB.; ZWOLINSKY, JB. 1997. Transplant stress index: a proposed method of quantifying planting check. *New Forest* 13 315–328

TRUBAT, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A. 2010. Nursery fertilization affects seedling traits but not field performance in *Quercus suber* L. *J Arid Environ* 74 491–49

TSAKALDIMI, M.; GANASTAS, P.; JACOBS, DF. 2013. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New For* 44 327-339

YÁÑEZ, MA.; ESPINOZA, SE.; MAGNI, CR.; MARTÍNEZ-HERRERA, E. 2024. Early growth and physiological acclimation to shade and water restriction of seven sclerophyllous species of the Mediterranean Forests of Central Chile. *Plants* 13(17) 2410