



2025 | 16-20
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1348

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

Organiza





Respuestas en el sistema fotoprotector de árboles y plántulas en *Pitavia punctata*: una especie en Peligro de Extinción

ESPINOZA MEZA, S. (1) y MUÑOZ-CONCHA, D. (1)

(1) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Chile.

Resumen

Pitavia punctata (R. & P) Molina es un árbol tolerante a la sombra, endémico de Chile, y en Peligro de Extinción. En este estudio evaluamos la fluorescencia de la clorofila en árboles y plántulas (15 metros y 50 cm de altura, respectivamente), distribuidos en cuatro sitios en Chile central. De los parámetros de la fluorescencia de la clorofila a se observó mayores valores para el índice de potencial fotosintético en árboles (PIABS = 32.1 y 30.1 para árboles y plántulas, respectivamente) mientras que las plántulas exhibieron un mayor valor para la fluorescencia máxima en comparación con los árboles ($F_m = 940$ y 895 para plántulas y árboles, respectivamente). La interacción entre tipo de planta y sitio tuvo efectos significativos en PIABS y F_m . Los árboles ubicados en el sitio Los Barros, con niveles intermedios de iluminación, tienen mayores valores de PIABS mientras que las plántulas ubicadas en el sitio Ramadillas, con niveles muy bajos de iluminación, tienen mayores valores de F_m . Nuestros resultados proveen de información básica en un tópico muy poco estudiado en especies nativas del país, y servirán para diseñar y monitorear procesos de propagación, restauración y conservación de la especie *P. punctata*.

Palabras clave

Pitavia punctata, fotosistema II, índice de potencial fotosintético.

1. Introducción

Pitavia punctata es una especie arbórea endémica de la zona costera desde los 35° a 37° S en la zona central de Chile, caracterizada por su clima de tipo Mediterráneo. Esta zona es parte de uno de los *hotspots* de biodiversidad de relevancia global, porque alberga especies de seres vivos importantes para la conservación biológica (ARROYO et al. 2008). La especie *P. punctata* está considerada como Monumento Natural en la legislación chilena (MINISTERIO DE AGRICULTURA 1995), pese a lo cual se ha mantenido en la categoría en Peligro de Extinción (MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA 2007). Este árbol forma parte de una vegetación de tipo esclerófila, donde dominan especies como *Peumus boldus* Molina, *Lithrea caustica* Hook. et Arn. y *Cryptocarya alba* (Molina) Looser. También está presente en el bosque templado costero, donde domina *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (RODRÍGUEZ et al. 1983; LE QUESNE y MEDINA 1998). En estos ambientes las plantas deben hacer frente a diferentes tipos de estrés ambiental, entre los que destaca el estrés hídrico estival, combinado con estrés térmico y lumínico (MARTÍNEZ-FERRI et al. 2000). Si bien el estrés hídrico es el factor más relevante en el descenso de la eficiencia fotoquímica



primaria (parámetro F_v/F_m DEMMING-ADAMS Y ADAMS 1992) en ambientes mediterráneos, el estrés lumínico también afecta la capacidad fotosintética de las plantas al exponerlas a un exceso de energía absorbida que no puede ser totalmente utilizado en las reacciones fotoquímicas. *P. punctata* es una especie tolerante a la sombra de la que se desconocen los mecanismos fotoquímicos que pueden estar involucrados en sus adaptaciones fisiológicas a este tipo de ambientes. Por esta razón implementamos un estudio observacional que nos permitirá generar información básica para guiar procesos de conservación y restauración de la especie.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue describir las respuestas en el sistema fotoprotector de árboles y plántulas de *P. punctata* ubicados en cuatro sitios de la distribución natural de la especie en Chile Central.

3. Metodología

Se midió la fluorescencia de la clorofila a (Chl a) en hojas intactas, maduras y del año en curso en árboles y plántulas de *P. punctata* distribuidos en cuatro sitios en Chile central (Tabla 1). Los sitios representan la distribución geográfica natural de la especie.

Tabla 1. Características de los sitios y árboles evaluados.

San Ramón	Ramadillas	Colcura	Los Barros
35° 24'	36° 00'	37° 07'	37° 35'
72° 21'	72° 40'	73° 07'	72° 59'
300	500	200	800
sector plano pantanoso	arroyo y ladera	quebrada profunda	arroyo sector plano
5	20	30	9
8 - 42	1 - 5	13 - 1000	5 - 510
<i>Myrceugenia excsucca</i> , <i>Blepharocalyx cruckshanksii</i> , <i>Escallonia revoluta</i>	<i>Nothofagus glauca</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Nothofagus dombeyi</i> , <i>Drimys winteri</i>
alta	baja	media	baja
14	15	16	16
<6	<15	<8	<15
8	9	5	7

* Categorización según estado general de la vegetación natural, presencia y desarrollo de especies forestales e invasivas, signos de incendios y daños en



vegetación.

** Número de individuos adultos medidos ($\geq 2\text{m}$).

*** Número de individuos evaluados con al menos parte de la copa expuesta.

Se utilizó un fluorímetro modulado (OSp30+, Optisciences, EE. UU.) configurado para el protocolo de prueba OJIP y las mediciones se realizaron del 9 al 12 de enero de 2024 a las 10.00 h hora local. Las hojas de cada planta se adaptaron a la oscuridad en clips durante 30 minutos antes de las mediciones. La fluorescencia fue inducida mediante la excitación de un pulso de un segundo de luz roja (640 nm) y una intensidad de luz máxima de $3500 \mu\text{mol (fotón)} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Los datos obtenidos se utilizaron en la prueba OJIP (STRASSER et al. 2004) para calcular los parámetros de la fotoquímica del fotosistema II (PSII). Del conjunto de parámetros OJIP se analizaron la fluorescencia inicial (F_o), la fluorescencia máxima (F_m), la máxima eficiencia cuántica del PSII (F_v/F_m), y el índice de potencial fotosintético (PIABS) (KALAJI et al. 2014). La influencia de los factores tipo de planta, sitio y su interacción sobre los parámetros de fluorescencia se analizó mediante un análisis de la varianza. Cuando estos análisis reflejaron la existencia de diferencias significativas se empleó la prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la diferenciación en subconjuntos homogéneos de medias. Los análisis se hicieron con software SPSS IBM Corp.

4. Resultados

No se observaron diferencias significativas para F_o , F_v/F_m y PIABS asociado al tipo de planta, pero la fluorescencia máxima (F_m) fueron mayor en plántulas de *P. punctata* en comparación con los árboles de la especie (Tabla 2). A nivel de sitio, los valores más altos de PIABS se reportaron en San Ramón y Los Barros. Los efectos interactivos del tipo de planta y sitio fueron significativos para F_m y PIABS ($P < 0,05$). Para PIABS, las diferencias entre tipos de plantas y sitios se asociaron a las respuestas observadas en los árboles ubicados en el sitio Los Barros que consistentemente tuvieron el PIABS más alto. Por el contrario, las plántulas ubicadas en el sitio Colcura tuvieron el PIABS más bajo. En el caso de F_m , las respuestas interactivas entre sitio y tipo de planta se atribuyeron a las plántulas ubicadas en el sitio Ramadillas, que exhibieron valores de F_m más altos, mientras que los árboles ubicados en el sitio San Ramón presentaron la F_m más baja.

Tabla 2. Valores medios y nivel de significancia para los principales parámetros de la prueba OJIP en P. punctata.

Fo	Fm	Fv/Fm	PIABS
Sitio			
184	944a	0.80	27.1b
178	948a	0.81	35.8a
182	898ab	0.79	27.1b
177	862b	0.81	35.0a
Tipo de planta			
174b	895b	0.81	32.1
187a	940a	0.82	30.1

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas para los tratamientos al nivel del 5%.

5. Discusión

Los estreses ambientales como la alta radiación y temperatura, y la baja disponibilidad de agua, típicos de las zonas con clima de tipo mediterráneo, provocan un desequilibrio entre la generación de electrones y su utilización en el aparato fotosintético. Los centros de reacción son incapaces de aceptar otro electrón, y la energía de excitación de los electrones conduce a una mayor generación de especies químicas reactivas de oxígeno (TAUSZ et al. 2004). Esto provoca bajas considerables en el rendimiento cuántico del PSII. Para la especie arbórea *P. punctata* no existen antecedentes que indiquen cuáles son las adaptaciones del sistema fotoprotector de árboles y plántulas para hacer frente a los estreses experimentados en sitios típicos del área de distribución de la especie. Las observaciones comparativas de nuestro estudio demuestran diferencias en la eficiencia fotoquímica del PSII que parecen estar asociadas con el estado de desarrollo de las plantas y el sitio de procedencia. Se observó que las plántulas (generalmente < 50 cm de altura) tienen valores más altos de fluorescencia máxima con relación a los árboles (generalmente >6 m). Esto indica que las plántulas podrían tener todos sus centros de reacción cerrados, particularmente en el sitio Ramadillas. Este sitio se caracteriza por tener un nivel de degradación más bajo, presencia de árboles adultos en el bosque (e.g., *N. glauca*) y valores de radiación más bajos. Esto pudo haber implicado una baja interrupción del transporte de electrones en los centros de reacción en las plantas evaluadas (YAMADA et al. 1996). Los árboles adultos de *P. punctata* en cambio tienen valores más bajos de Fm, lo que podría sugerir una acumulación de fotoinhibidores (MAXWELL & JOHNSON 2000), probablemente debido a una mayor exposición a la luz directa. Sin embargo, el muestreo de ramas en árboles adultos se hizo a una baja altura (<2 m) y las hojas no estaban totalmente expuestas a la insolación directa, lo que puede explicar que los árboles presenten los valores más altos de PIABS, particularmente en el sitio Los Barros, caracterizado por tener también un bajo nivel de degradación.



A medida que las plantas crecen y atraviesan los estratos del dosel se exponen a irradiancias cada vez más altas. Varias especies cambian sus requerimientos de luz a lo largo de la ontogenia (LUSK et al. 2008), y es común encontrar transiciones dentro de una especie de sombra, a sol a medida que crecen (POORTER et al. 2005). Nuestros resultados preliminares sugieren que *P. punctata* podría seguir una estrategia de cambio de fase ontogénica. En estadios tempranos (plántulas) los requerimientos de luz podrían ser más bajos, mientras que en individuos adultos ocurriría lo contrario. Sin embargo, esta hipótesis debe ser probada en *P. punctata* con experimentos de mayor duración y plantas en distintos estadios de desarrollo.

6. Conclusiones

En nuestro estudio, el índice de potencial fotosintético, que está relacionado con la vitalidad de la planta, fue mayor en árboles adultos, corroborando su mejor desempeño fotosintético en relación con plántulas de menor desarrollo. Esto sugiere que en futuras acciones de restauración se debiera otorgar protección contra la insolación a las plántulas recién establecidas.

7. Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Fondo de Investigación de Bosque Nativo (Corporación Nacional Forestal de Chile) mediante el proyecto ‘Alteración del hábitat de *Pitavia punctata*: evaluación de parámetros de desempeño individual y poblacional, genéticos, y modelación a escala paisaje’ (Código 005/2022). Se agradece al Sr. Enrique Salgado, a Forestal Arauco y a Forestal CMPC por facilitar el acceso a los sitios de estudio.

8. Bibliografía

ARROYO, MTK.; MARQUET, P.; MARTICORENA, C.; SIMONETTI, J.; CAVIERES, L.; SQUEO, F.; ...; MASSARDO, F. 2008. El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. – In: CONAMA (ed.): Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos. Ocho Libros Editores. 94-97. Santiago. Chile.

DEMMIG-ADAMS, B.; ADAMS, III W. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 43 599-626

KALAJI, HM.; SCHANSKER, G.; LADLE, RJ.; GOLTSEV, V.; BOSA, K.; ALLAKHVERDIEV, SI.; ...; ZIVCAK, M. 2014. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynth Res* 122 121-158

LE QUESNE, C.; MEDINA, R. 1998 Germinación y viverización de *Pitavia punctata* Mol., Rutaceae endémica de Chile en estado crítico de conservación. *Bosque* 19(1) 101-110



LUSK, CH.; FALSTER, DS.; JARA-VERGARA, CK.; JIMENEZ-CASTILLO, M; SALDAÑA-MENDOZA, A. 2008. Ontogenetic variation in light requirements of juvenile rain forest evergreens. *Funct Ecol* 22454–459

MARTÍNEZ-FERRI, E.; BALAGUER, L.; VALLADARES, F.; CHICO, J.; MANRIQUE, E. 2000. Energy dissipation in drought-avoiding and drought tolerant tree species at midday during the Mediterranean summer. *Tree Physiol* 20 131- 138

MAXWELL, C.; JOHNSON, GN. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *J Exp Bot* 51 659–668

MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1995. Declara monumento natural las especies forestales queule, pitao, belloto del sur, belloto del norte y ruil. Decreto Supremo N° 13. Gobierno de Chile. Santiago.

MINISTERIO SECRETARÍA GENERAL DE LA PRESIDENCIA, 2007. Oficializa primera clasificación de especies silvestres según su estado de conservación. Decreto Supremo N° 151. Gobierno de Chile. Santiago.

POORTER, L.; BONGERS, F.; STERCK, FK.; WOLL, H. 2005. Beyond the regeneration phase: differentiation of height-light trajectories among tropical tree species. *J Ecol* 93 256–267

RODRÍGUEZ, R.; MATTHEI, O.; QUEZADA, M. 1983 Flora arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408p.

STRASSER, RJ.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. – In: Papageorgiou G.C., Govindjee (ed.): Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. Advances in Photosynthesis and Respiration. Springer. 321-362. Dordrecht.

TAUSZ, M.; ŠIRCELJ, H.; GRILL, D. 2004. The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid? *J Exp Bot* 55 1955–1962

YAMADA, M.; HIDAKA, T.; FUKAMACHI, H. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. *Sci Horticult* 67 39–48