

# ¿PUEDEN LAS TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE ESTRÉS AMBIENTAL MEJORAR LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO DE PLANTINES DE CONÍFERAS EN EL N.O. DE LA PATAGONIA?

Santiago Varela

*varela.santiago@inta.gob.ar*

Grupo de Ecología Forestal INTA EEA Bariloche

Javier Gyenge

Grupo de Ecología Forestal CONICET-INTA Tandil

Juan Pablo Diez

Mariana Weigandt

Gonzalo Caballé

Grupo de Ecología Forestal INTA EEA Bariloche

---

**Las etapas iniciales de vida de los árboles son particularmente susceptibles a condiciones de estrés ambiental y eventos extremos. El desarrollo de estrategias de mitigación durante etapas tempranas parece ser un factor determinante para la supervivencia en hábitats con estas condiciones, las cuales, en base a pronósticos climáticos, se predice que serán aún más severas que en la actualidad.**

---

## El efecto del ambiente sobre las especies de árboles de Patagonia

El noroeste de la Patagonia Argentina se caracteriza por tener un clima con marcada estacionalidad, con veranos cálidos y secos e inviernos húmedos y fríos. En las últimas décadas la ocurrencia de eventos extremos tales como sequías, olas de calor o heladas ha aumentado. A futuro, los modelos climáticos predicen un incremento de la variabilidad climática con una tendencia hacia un clima de mayor déficit hídrico y ocurrencia de eventos extremos. Todos estos elementos condicionan el establecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales. Esto es debido a que las fases iniciales de desarrollo de un árbol son especialmente susceptibles a las condiciones de estrés ambiental, y constituyen uno de los principales cuellos

de botella, limitando puntualmente la instalación (prendimiento) y desarrollo (crecimiento) de las plantas en el campo.

En la región, las plantaciones con pino ponderosa y en menor medida pino oregón (coníferas exóticas de rápido crecimiento), constituyen un sistema productivo de importancia desde hace 2 o 3 décadas. Considerando su respuesta ante eventos de sequía extrema, se ha reportado la muerte de individuos adultos de pino oregón durante la sequía del año 1998-1999. En el caso del pino ponderosa se observó la muerte de individuos adultos ante condiciones de estrés hídrico y, a su vez, la inusual muerte masiva de plantines durante el episodio de sequía ocurrido en 2007-2008. Ambas especies provienen del noroeste de América del Norte, donde ocupan sitios tanto húmedos como secos. Esto supone una resistencia natural por parte de ambas especies a condiciones de

estrés ambiental, aunque existen notables diferencias en los lugares en los que pueden plantarse.

El pino ponderosa es la especie más plantada en Patagonia (80% de la superficie forestada), debido principalmente a su mayor resistencia a las condiciones de estrés ambiental. Mientras que el pino oregón es más susceptible a condiciones de estrés. Particularmente las heladas tardías y el estrés hídrico se mencionan como las principales fuentes de mortalidad de esta especie en Patagonia. Esto hace que se prefiera utilizar el pino ponderosa, incluso en los sitios aptos para el pino oregón, para asegurar un buen prendimiento, a pesar de sacrificar un mayor ingreso por mejor calidad de madera al final de la rotación (momento de la corta).

Dentro de las especies de coníferas nativas, el ciprés de la cordillera es una especie resistente a la sequía. A pesar de ello se han registrado episodios de mortalidad masiva y/o disminución marcada del crecimiento en relación con períodos climáticos del "Niño" (veranos secos y calurosos). La regeneración por vías naturales de esta especie se ve seriamente limitada por el estrés ambiental, necesitando de la presencia de otras plantas (nodrizas) para poder sobrevivir en las etapas tempranas de instalación. En función de distintos estudios se sabe hoy en día que esta especie evita la pérdida de agua en exceso, con el consecuente aumento de la temperatura de la hoja. A esto se suma que el exceso de radiación puede aumentar aún más la temperatura y reducir la capacidad de crecimiento; si esta condición se sostiene en el tiempo, puede comprometer la supervivencia del plantín.

## Reducción del estrés mediante técnicas de mitigación

Hay varios ejemplos de técnicas de reducción (mitigación) de estrés ambiental que son utilizados en especies frutales y otros árboles, El uso de arcillas, polímeros de retención de agua, antitranspirantes, anticongelantes, entre otros, forman parte de ellas. Pese a ello, en la región se cuenta con muy poca información de sus efectos. A continuación resumimos algunas de las técnicas que consideramos pueden ser más útiles.

**Exceso de radiación:** un ejemplo de manejo de la radiación es el uso de arcillas minerales inertes, tales como la caolinita, que se aplica diluida en agua en el follaje de las plantas. Estas forman una película en las hojas que aumenta la reflexión y reduce la absorción de la luz. Se ha encontrado que la cobertura de las plantas con caolinita limita el estrés térmico y genera la absorción de agua en forma moderada. Esto reduce el daño por quemaduras de sol y además la limitación de la incidencia de algunas plagas (Fig. 1). Estudios de laboratorio y campo llevados a cabo por los autores de este artículo en Patagonia han demostrado que para las especies de coníferas anteriormente mencionadas, las tasas de fotosíntesis de plantas tratadas con caolinita fueron mayores respecto a las plantas sin tratamiento. La caolinita generó incrementos del 31% en ciprés de la cordillera, 20% en pino oregón y 10% en pino ponderosa, respecto de las plantas testigo (sin aplicación de caolinita). De esta forma podrían mejorarse sus tasas de supervivencia y crecimiento.

**Mejora de la disponibilidad de agua en suelo:** una de las técnicas relativamente nuevas para la mejora de

la disponibilidad de agua en suelo para las plantas (reducción de estrés hídrico) es el uso de hidrogeles o combinaciones de polímeros orgánicos sintéticos. Los hidrogeles son corrientemente polvos sintéticos superabsorbentes (generalmente constituidos por poliacrilamidas), que si bien son insolubles en agua, pueden absorberla hasta 400 veces su propio peso (Fig. 2 A). Como ejemplo de sus efectos a nivel mundial se encuentra su aplicación en la zona de raíces de plantas de pino silvestre (*Pinus sylvestris*), lo que mejoró la tasa de supervivencia en un 19% respecto de plantas no tratadas en proyectos de recuperación de tierras en Estados Unidos. Estudios de laboratorio y campo llevados a cabo por los autores de este artículo (Fig. 2 B), han demostrado que en las tres especies de coníferas mencionadas para la región, el volumen de agua en suelo en plantas tratadas con hidrogel fue mayor que en plantas testigo (sin aplicación de

hidrogel). El hidrogel retrasó el momento del comienzo de estrés hídrico en plantas (medido como el momento en el que la humedad del suelo alcanza un potencial hídrico del suelo de  $-1.5\text{Mpa}$ , es decir el punto de marchitez permanente estándar, pese a que no todas las plantas se marchiten en dicho momento). El retraso observado fue de 48 días en ciprés de la cordillera, 87 días en pino oregón y 74 días en pino ponderosa (Fig. 3). Adicionalmente pudo observarse una tendencia a mejorar el estado hídrico de plantas de ciprés de la cordillera tratadas en comparación a plantas testigo. Pese a ello, los resultados de las mediciones de conductancia estomática (indicador indirecto de las tasa de fotosíntesis) en plantas tratadas con hidrogel mostraron mayores valores en ciprés de la cordillera, similares en pino oregón, y menores en pino ponderosa respecto a mediciones en plantas control.



Figura 1. Aplicación de caolinita en plantines de ciprés de la cordillera en un ensayo a campo.

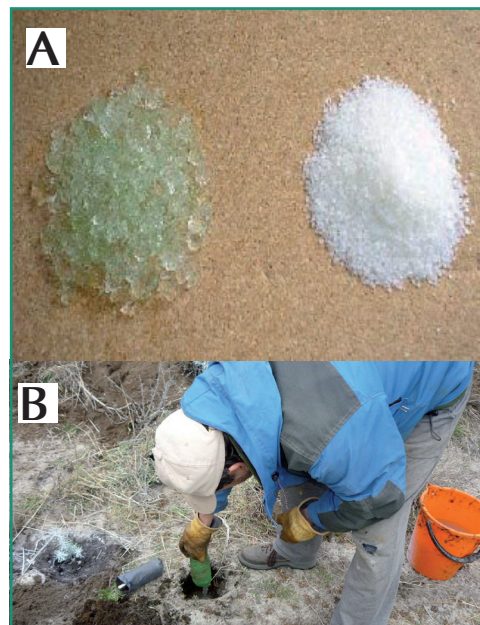
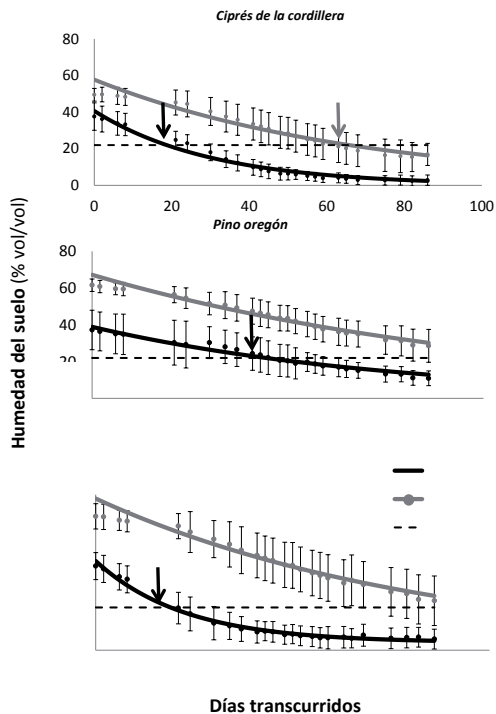


Figura 2. A) Imagen de hidrogel con humectación (izquierda), y antes de la humectación (derecha). B) Aplicación a campo de hidrogel en el hueco de plantación en ensayo a campo.



■ Figura 3. Gráficos mostrando el retardo en el comienzo del estrés hídrico generado por el hidrogel para cada especie. La línea punteada en los gráficos muestra el “punto de marchitez permanente estándar” del suelo, lo que se relaciona con un valor de potencial hídrico del suelo de -1,5 MPa. Este punto de referencia no significa que llegado a este valor todas las plantas se marchiten, sino que sirve para estandarizar los resultados entre especies. Las flechas en los gráficos muestran el momento en que los valores de agua en las macetas de plantas testigo (flecha negra) y tratadas con hidrogel (flecha gris) llegan a dicho valor. Nótese que en el caso de plantas tratadas con hidrogel de pino oregón y pino ponderosa la llegada a dicho valor se daría aún luego de finalizado el tiempo de estudio evaluado.

**Antitranspirantes y anticongelantes:** en relación a otro de los factores de estrés ambiental como lo son las heladas, existen emulsionantes orgánicos que pueden ser de utilidad. Estos productos se han utilizado en las plantas como un “esparcidor” de pesticidas y para alargar la vida de los insecticidas y fungicidas de aplicación foliar. Una vez aplicado y secado el producto, la película suave y flexible formada después de la pulverización reduce la pérdida de humedad a través del follaje de la planta. De este modo, esa misma película actúa como protección del daño causado por las heladas. Las experiencias llevadas a cabo en la región con este producto no han arrojado resultados satisfactorios con referencia a la protección contra heladas, pero sí como antitranspirante, principalmente en pino oregón, reduciendo su consumo de agua.

### Como conclusión...

Nuestros resultados sugieren que no es posible desarrollar un único paquete general de técnicas para optimizar el proceso de producción, plantación y prendimiento de las tres especies estudiadas. Esto se debe a que cada una tiene diferente susceptibilidad al estrés ambiental y, por lo tanto, distintos requerimientos. En el caso de pino ponderosa, la aplicación de hidrogel (en la dosis empleada) parecería ser perjudicial, generando quizás un exceso de agua para esta especie. Por otro lado, en el caso del ciprés de la cordillera, tanto la caolinita como el hidrogel tuvieron un efecto positivo, favoreciendo el proceso de fotosíntesis y con ello la fijación de carbono, que se traduce en mayor crecimiento. En cuanto a la técnica para la reducción de las heladas, no fue la adecuada para ninguna de las especies, pero parece ser positiva como un antitranspirante para pino oregón.