

Plantaciones clonales mixtas como alternativa silvicultural y de diversificación: el ejemplo de los álamos en el Delta del Río Paraná

Sebastián M. Bonnin¹, Javier A. Alvarez², Laura I. Faustino², Corina Graciano³

Palabras claves: silvicultura clonal, plantaciones mixtas, variabilidad genética.

Introducción

Las plantaciones de álamos del Delta del Río Paraná se concentran en una región conocida como Zona Núcleo Forestal, que comprende parte de los partidos de Zárate, Campana y San Fernando en la Provincia de Buenos Aires, y alcanzan aproximadamente 14.500 ha (Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial 2022). Como en otras regiones del mundo, el cultivo de álamos se realiza mediante silvicultura clonal debido a la fácil multiplicación vegetativa de las especies. Es decir, los rodales están compuestos por individuos genéticamente idénticos. Actualmente, en el Delta se planta mayoritariamente un clon (*P. deltoides* 'Australiano 129/60') a pesar de contar en el mercado con más de una decena de genotipos seleccionados para la producción (Cortizo et al. 2017). Esto determina una gran superficie forestada con baja variabilidad genética, tanto a nivel predial como a escala de paisaje.

Debido a la elevada heterogeneidad de ambientes, en la región pueden presentarse condiciones de estrés abiótico que van desde el exceso al déficit hídrico, sumadas a la posibilidad de la presencia de sales en el suelo y en la napa freática (Alvarez 2020). En este contexto, el establecimiento de plantaciones forestales poco diversificadas en grandes superficies puede traer aparejada una serie de problemas desde los puntos de vista ecológico y productivo. El surgimiento de plagas y enfermedades, o la aparición de situaciones de estrés abiótico, son algunos de los problemas que pueden afectar el sistema de forma generalizada. En la región existen antecedentes de estos fenómenos que han causado que los productores dejen de utilizar ciertos clones por brotes de roya (*Melampsora* spp.) y daños por cancrrosis (*Septoria musiva*) (Cortizo 2005). Además, en los últimos años han existido ataques

generalizados de taladrillo grande de los forestales (*Megaplatypus mutatus*) y escarabajos de ambrosía (*Xyleborus* spp.) (Casaubón & Madoz 2014). Por otro lado, el empleo de un mismo genotipo en diferentes ambientes impide la optimización de las interacciones genotipo-ambiente, derivando en rendimientos por debajo del óptimo productivo de cada clon.

Además de lo descripto para el Delta, la silvicultura clonal ha crecido en otras cuencas forestales de Argentina debido al desarrollo de herramientas de multiplicación vegetativa en especies que solían cultivarse mediante plantines de origen seminal. Por ejemplo, existen decenas de clones de *Eucalyptus* spp. registrados en el Registro Nacional de Cultivares (INASE 2022) que se plantan en la Mesopotamia. En el caso del *Pinus* spp. la expansión es menor pero los avances tecnológicos han hecho de la clonación una herramienta aplicada en varias regiones del mundo. La característica de un sistema forestal poco diverso, con rodales compuestos por un mismo genotipo, puede replicarse en otras regiones del país. Es probable, entonces, que los fenómenos adversos observados en el Delta se produzcan en otras zonas con plantaciones monoclonales en grandes superficies.

Una forma de abordaje de la problemática asociada a las plantaciones monoclonales es mediante el establecimiento de plantaciones clonales mixtas; es decir, la combinación de clones en un mismo rodal. El establecimiento de plantaciones mixtas se basa en interacciones benéficas que pueden desencadenarse dentro del rodal: partición de los recursos, efectos de selección y facilitación (Grossiord 2019). La partición de los recursos se refiere a las diferencias en características funcionales, que disminuyen la competencia por los mismos (e.g. diferente profundidad de raíces, consumo de agua o arquitectura de copa). La facilitación hace alusión a los mecanismos que ocurren cuando un individuo tiene un efecto positivo sobre sus veci-

1 INTA Delta del Paraná. Contacto: bonnin.sebastian@inta.gob.ar.

2 INTA Delta del Paraná.

3 INFIVE (CONICET-UNLP).

nos (e.g. brindar cobertura, simbiosis con fijadores de nitrógeno, o capacidad de oxigenar suelos anegados mediante la formación de aerénquimas). Finalmente, el efecto de selección se relaciona con los procesos selectivos que determinan la dominancia de individuos con características particulares (e.g. frente a estreses bióticos y abióticos, dominarán los genotipos más tolerantes).

En este contexto se evaluaron 10 clones de álamo (8 *Populus deltoides* y 2 *P. x canadensis*) disponibles comercialmente para su cultivo en el Delta. El objetivo fue determinar diferencias clonales en la partición de los recursos y en los efectos de selección, se realizaron tres ensayos anuales en condiciones controladas con plantas en macetas y un ensayo a campo, en el que se plantaron parcelas monoclonales y parcelas mixtas. Los análisis se basaron en la evaluación de variables relacionadas con el uso de la luz (fotosíntesis, área foliar específica, concentración de clorofilas), el agua (conductancia estomática, consumo de agua, conductividad hidráulica) y los nutrientes (concentración y contenido de N y P en la materia seca) para identificar variabilidad entre clones. Se evaluó el impacto de la sequía, la salinidad y la inundación en el crecimiento y en la fisiología; y la variabilidad genética en la plasticidad fenotípica, la estabilidad productiva y los mecanismos de aclimatación ante variaciones en las condiciones de crecimiento. Es decir, se abordaron aspectos relacionados con las posibles interacciones que podrían ocurrir si diferentes clones se plantan en rodales mixtos.

La variabilidad intraespecífica como insumo para la diversificación

Se realizaron una serie de ensayos para caracterizar los clones de álamos y obtener información sobre el grado de variabilidad genética. En un ensayo libre de estrés, se observó que los clones poseen diferencias morfológicas y fisiológicas en aspectos relacionados con la fotosíntesis, cantidad de días con hojas, expansión del área foliar, capacidad de conducir agua, y en la acumulación y partición de nitrógeno y fósforo. De este modo, se verificó que existe variabilidad clonal en el uso de la luz, el agua y los nutrientes. Esta variabilidad determina que los clones que se combinen en rodales clonales mixtos puedan tener una partición diferencial de los recursos temporal y/o espacialmente. Por otro lado, se observó que los clones evaluados poseen diferentes grados de tolerancia a la sequía, salinidad e inundación. Las respuestas de cada clon al

estrés fueron diferentes frente a cada tipo de estrés. Se observó que clones que tienen similitudes en la respuesta morfológica al estrés, difieren en las respuestas fisiológicas, y viceversa. En general, los clones más estables en crecimiento frente a la salinidad, fueron los que mantuvieron las variables morfológicas en magnitudes más cercanas a los controles, y todos los clones modificaron las variables fisiológicas en magnitud similar. En cuanto a la sequía, los clones más estables en el crecimiento fueron los que menos modificaron las variables fisiológicas, mientras que los cambios morfológicos no se relacionaron con la reducción en el crecimiento. En las plantas bajo inundación, los clones que menos redujeron el crecimiento son los que mantuvieron las variables morfológicas similares a las plantas no estresadas, y la magnitud de las modificaciones fisiológicas no se relacionó con la estabilidad en el crecimiento. Es decir, se verificó que existen diferencias entre clones en las respuestas a los estreses abióticos y se pudieron identificar los posibles efectos de selección, tanto positiva como negativa, que se desencadenarían en un rodal clonal mixto en función de los clones que se planten y los estreses a los que se vean sometidos.

Por último, se encontraron indicios de que las plantaciones clonales mixtas pueden crecer igual o más que las monoclonales. Las parcelas mixtas instaladas a campo tuvieron un ritmo de crecimiento similar al de las parcelas monoclonales convencionales. En este caso, se evaluaron los clones *P. deltoides* 'Australiano 129/60' y *P. deltoides* 'Hovyú INTA' en parcelas de 9 x 9 plantas y 4 x 4 metros de distanciamiento. En las parcelas mixtas, ambos clones tuvieron un crecimiento parejo, no identificándose patrones de dominancia y/o supresión. Sin embargo, se observaron diferencias marcadas en la tolerancia al estrés salino. En aquellas parcelas en las que hubo presencia de sales en la napa, se evidenció que *P. deltoides* 'Australiano 129/60' es capaz de evitar que gran parte del sodio presente en el suelo llegue al follaje y le provoque daños, mientras que *P. deltoides* 'Hovyú INTA' es más susceptible y alcanza concentraciones elevadas de sodio en las hojas.

Las plantaciones clonales mixtas como alternativa silvicultural

La amplia diversidad de especies que conforman el género *Populus* y la elevada variabilidad intraespecífica que las caracteriza, determinan que puedan identificarse diferencias en el uso de los recursos y niveles variables de tolerancia a estreses abióticos, incluso entre

genotipos que pertenecen a la misma especie (Dillen et al. 2010). Es decir, es posible identificar atributos morfo-fisiológicos y mecanismos de aclimatación que difieran entre clones y sean complementarios, reduciendo los niveles de competencia intra-específica en sistemas mixtos en comparación con rodales monoclonales. Los estudios realizados han permitido identificar el gradiente de variabilidad entre los clones comerciales de álamo. Esta variabilidad se da tanto en caracteres fisiológicos, como en aspectos de la morfo-morfología que pueden definir los patrones de ocupación del sitio. Se han verificado diferencias sustanciales entre clones en aspectos relacionados con la partición de los recursos y los efectos de selección.

La información recabada permitió describir complementariedad a partir de diferencias en la funcionalidad y realizar propuestas de diferentes combinaciones de clones en rodales mixtos de álamos (Figura 1). Esta información es relevante para las Salicáceas en general y establece un antecedente para buscar complementariedad funcional en genotipos de otras especies forestales de interés comercial. Es decir, el enfoque de las plantaciones clonales mixtas -en este caso propuesta para álamos-, genera un antecedente de abordaje de la problemática derivada de sistemas pocos diversos. Los conceptos de ecología generalmente asociados a plantaciones de especies mixtas o bosques nativos se pueden aplicar a la silvicultura tradicional de especies cultivadas. Se puede, entonces, emplear una silvicultura novedosa capaz de maximizar las interacciones positivas entre árboles, como la complementariedad y la selección, y las interacciones genotipo-ambiente para que deriven en un mayor crecimiento.

Cabe destacar que es la diversificación dentro del rodal la que permite explorar la complementariedad en el uso de los recursos. Además, los rodales más diversos son positivos en relación a aspectos ecológicos. Por ejemplo, diferencias en la arquitectura de los individuos pueden tener impacto en cantidad y diversidad de refugios para animales dentro del rodal a partir de modificaciones en los estratos del dosel (Sarandón 2020); pueden implicar diferencias en los niveles de penetración de luz afectando la composición del sotobosque (Keltly 2006); o pueden mejorar la percepción por parte de la sociedad al visualizar rodales más diversos desde el punto de vista estético (Edwards et al. 2012; Almeida et al. 2018). En este sentido, es importante señalar que cuanto mayor sea la diferencia en caracteres funcionales entre clones, mayores serán las probabilidades de obtener un sistema más produc-

tivo. Por lo tanto, el aumento de la diversidad genética es un aspecto clave para el futuro de la producción forestal y las plantaciones clonales mixtas se proponen como una alternativa de diversificación aplicable a gran escala.

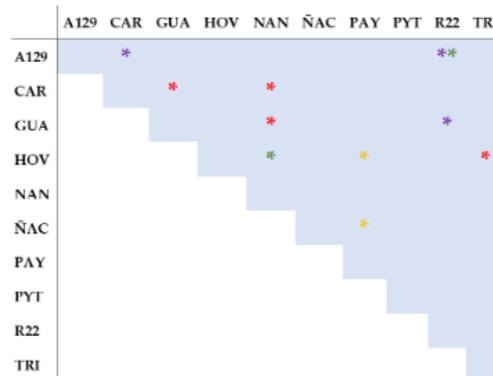


Figura 1. Resumen de las combinaciones propuestas en función de las diferencias encontradas en el uso de los recursos y las respuestas a los estreses abióticos. El color de los asteriscos señala si los posibles mecanismos de complementariedad fueron observados en condiciones control (violeta), bajo salinidad (verde), sequía (naranja) o inundación (rojo). A129: *P. deltoides* 'Australiano 129/60'; CAR: *P. deltoides* 'Carabelas INTA'; GUA: *P. deltoides* 'Guayracá INTA'; HOV: *P. deltoides* 'Hovyú INTA'; NAN: *P. deltoides* 'Nandi INTA'; ÑAC: *P. deltoides* 'Ñacurutú INTA'; PAY: *P. deltoides* 'Paycarabí INTA'; PYT: *P. deltoides* 'Pytá INTA'; R22: *P. x canadensis* 'Ragonese 22 INTA'; TRI: *P. x canadensis* 'Tripl

Bibliografía

- Almeida I, Rösch C, Saha S. 2018. Comparison of ecosystem services from mixed against monospecific forests in the Southwest Germany: A survey on public perception. *Forests*, 9(10), 627. <https://doi.org/10.3390/f9100627>
- Alvarez J, Cortizo S, Gyenge J. 2020. Yield stability and phenotypic plasticity of *Populus* spp. clones growing in environmental gradients: I-yield stability under field conditions. *Forest Ecology and Management*, 463(117995), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117995>
- Casaubón E, Madoz G. 2014. Escarabajos de ambrosía en ensayos silvopastoriles de álamo en el Bajo Delta bonaerense del Río Paraná. IV Congreso Internacional de Salicáceas, La Plata, Argentina.
- Cortizo S. 2005. Álamos en el Delta del Paraná. En Norverto, C (Ed). *Mejores árboles para más forestadores: el programa de producción de material de pro-*

pagación mejorado y el mejoramiento genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo (1ª. ed., pp. 137–160). Secretaría Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación.

Cortizo S, Monteverde S, Abbiati N. 2017. Caracterización de la madera de cinco clones de *Populus deltoides* seleccionados dentro del programa de mejoramiento de INTA. II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera y II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción, Junín, Argentina.

Dillen S, Rood S, Ceulemans R. 2010. Genetics and genomics of *Populus*. En S Jansson, R Bhalerao y A Groover (Eds.), *Plan Genetics and Genomics: Crops and Models* (pp. 39–63). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1541-2>

Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial. 2022. Tablero de plantaciones forestales. <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/inventarios/tablero.php>

Edwards D, Jay M, Jensen F, Lucas B, Marzano M, Montagné C, Peace A, Weiss G. (2012). Public preferences across Europe for different forest stand types as sites for recreation. *Ecology and Society* 17(1): 27. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04520-170127>

Grossiord C. 2019. Having the right neighbors: how tree species diversity modulates drought impacts on forests. *New Phytologist*, 228(1), 42–49. <https://doi.org/10.1111/nph.15667>

Instituto Nacional de Semillas (INASE). 2022. Catálogo Nacional de Cultivares. <https://gestion.inase.gob.ar/consultaGestion/gestiones>

Kelty M. 2006. The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.011>

Sarandón S. 2020. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/109141>