

# Comparación del desarrollo inicial de cuatro especies forestales en parcelas de restauración con tres sistemas diferentes de preparación de suelo en el departamento de Caazapa, Paraguay

Comparison of the initial development of four species in forest restoration plots with three different soil preparation systems in the department of Caazapa, Paraguay

Paulo Caetano Medina Avalos<sup>1\*</sup>, Lourdes González Soria<sup>1\*</sup>, Enrique Benítez León<sup>1</sup> y Gisselle Villalba<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup> Paraguay Agricultural Company. Asunción, Paraguay.

## RESUMEN

Como resultado del avance de la frontera agropecuaria, la ecorregión Alto Paraná ha perdido más del 90% de su superficie original, dejando en la actualidad solo remanentes aislados de este ecosistema. Por lo tanto, los esfuerzos de restauración de esta ecorregión y su éxito son clave para la conservación de la biodiversidad que alberga. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue conocer el desarrollo inicial de *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia americana*, *Cordia trichotoma* y *Melia azedarach* bajo tres sistemas de preparación del terreno en un proyecto de restauración: i) perforación manual, ii) quema controlada + perforación manual y iii) preparación convencional de la tierra; en cuatro parcelas de la finca Golondrina, Caazapá. Los datos recolectados fueron (a) diámetro a la altura del cuello (DAC), (b) altura y (c) número de ramas. Para el análisis de los datos se realizaron ANOVA y la prueba de Tukey-Kramer. *Cordia americana* fue la especie con mejor desarrollo en las tres variables estudiadas en los tres sistemas de preparación del suelo, mientras que *Campomanesia xanthocarpa* tuvo el menor desarrollo entre las cuatro especies estudiadas. *Cordia trichotoma* fue la segunda especie de mejor desarrollo seguida de *Melia azedarach*, que se vio afectada por las heladas.

**Palabras clave:** *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia americana*, *Cordia trichotoma*, *Melia azedarach*, Restauración Forestal, Preparación de Suelo.

## ABSTRACT

As a result of the advance of the agro-livestock frontier, the Alto Paraná ecoregion has lost more than 90% of its original surface, currently leaving only isolated remnants of this ecosystem. Thus, this ecoregion's restoration efforts and their success are key to the conservation of the biodiversity that it harbors. In this context, the objective of this work was to know the initial development of *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia americana*, *Cordia trichotoma* and *Melia azedarach* under three land preparation systems in a restoration project: i) manual drilling, ii) controlled burning + manual drilling and iii) conventional land preparation; in four plots in the Golondrina farm, Caazapá. The data collected were (a) diameter at neck height (DNH), (b) height, and (c) number of branches. For data analysis, ANOVA and the Tukey-Kramer test were performed. *Cordia americana* was the species with the best development in the three variables studied in the three soil preparation systems, while *Campomanesia xanthocarpa* had the lowest development among the four species studied. *Cordia trichotoma* was the second best-developing species followed by *Melia azedarach*, which was affected by frost.

**Key words:** *Campomanesia xanthocarpa*, *Cordia americana*, *Cordia trichotoma*, *Melia azedarach*, Forest Restoration, Soil preparation.

## \*Autor para correspondencia:

pmedinaavalos323@gmail.com;  
lourdes.gonzalez@agr.una.py

## Conflicto de interés:

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Licencia:

Artículo publicado en acceso abierto con una licencia Creative Commons CC-BY

## Contribución de autoría:

Todos los autores realizaron contribuciones sustanciales en la concepción y diseño de este estudio, al análisis e interpretación de datos, a la revisión del manuscrito y la aprobación de la versión final. Todos los autores asumen la responsabilidad por el contenido del manuscrito.

## Historial:

Recibido: 19/05/2020;  
Aceptado: 30/10/2021

## Periodo de Publicación:

Julio-Diciembre de 2021

## INTRODUCCIÓN

Pese a los grandes esfuerzos a nivel global, los bosques y sus remanentes siguen expuestos a la deforestación y fragmentación producto de la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Sturgess, 2019). La situación es tal, que entre 1990 y 2015 se perdieron alrededor del 3% de la cobertura boscosa mundial (FAO, 2015). Estos disturbios y sus efectos, agravados por el cambio climático global, ponen en riesgo la capacidad de los bosques de albergar biodiversidad endémica, de garantizar

servicios ecosistémicos y pueden dañar las funciones del bosque de forma permanente (Aerts y Honnay, 2011; Da Ponte et al., 2017 y Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019).

En Paraguay, la deforestación se condice con la tendencia mundial, siendo uno de los países con la tasa más alta de deforestación en la región (Sturgess, 2019). Según da Ponte et al. (2017) la ecorregión Bosque Atlántico del Alto Paraná perdió cerca del 27% de su cobertura en el periodo de 1999 al 2016.

A pesar de esto, esta ecorregión sigue siendo un ecosistema de gran importancia, está definido como una de las comunidades ecológicas más diversas del mundo y se lo menciona como uno de los 25 *hotspots* de biodiversidad mundial (Salas-Dueñas & Facetti, 2007).

Como respuesta a este contexto, la restauración forestal y de paisajes es definida como uno de los Objetivos Forestales Mundiales para el 2030 (FAO, 2018). Si bien los objetivos son ambiciosos, la ciencia y práctica de la restauración sigue siendo joven (Insfrán et al., 2014). De esta forma, mientras más se fomentan los proyectos de restauración forestal, es clave definir las prácticas más eficientes para el desarrollo efectivo de los mismos. Situaciones como una baja supervivencia de los plantines y crecimiento limitado son comunes y pueden resultar en proyectos fallidos y pérdidas económicas importantes (Lof, Dey, Navarro, & Jacobs, 2012; Jacobs et al., 2015).

Entre los elementos clave para el desarrollo de un proyecto de restauración forestal se encuentra la preparación de suelo. Trabajos como la descompactación, control de la erosión y corrección química son recomendados para el desarrollo óptimo del proyecto (Navarro, Del Campo y Cortina, 2006; Rodrigues, Santin y Isernhagen, 2009).

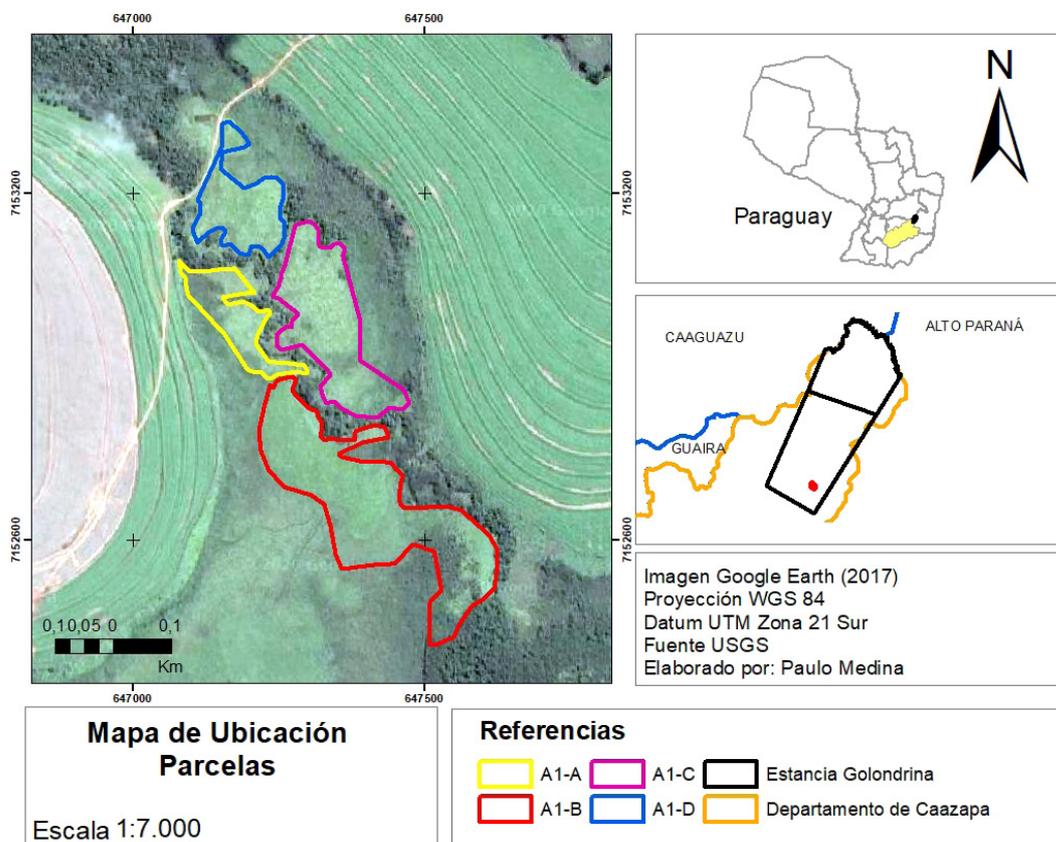
Estudios en la ecorregión Alto Paraná que exploren distintas metodologías aplicadas en proyectos de

restauración forestal son todavía pocos a pesar de la gran importancia que requiere el tema. A consecuencia de este escenario, el objetivo de este estudio fue la comparar el desarrollo de cuatro especies forestales, *Cordia americana*, *Cordia trichotoma*, *Campomanesia xanthocarpa* y *Melia azedarach*, en tres sistemas de preparación de sitio distintos en un proyecto de restauración forestal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio evaluó el desarrollo de un proyecto de restauración forestal al primer año de plantación. Fue realizado en cuatro parcelas ubicadas en la Estancia Golondrina, Departamento de Caazapá, Distrito de Avaí. La estancia se encuentra dentro del área de la ecorregión Alto Paraná según la clasificación MADES (SEAM, 2013). Se implantaron cuatro parcelas de restauración en la zona sur de la Estancia, en la rivera y zona de influencia de un arroyo afluente del río Monday (Figura 1).

Estas áreas están comprendidas dentro de los bosques protectores de causas hídricas que deben ser restaurados según Ley 9824/2012. El sitio corresponde a zonas de bosque de ribera que anteriormente fue utilizado como zona de pastura para ganadería, este uso degradó el suelo y la vegetación existente. Antes de la plantación el sitio se encontraba con una vegetación rala y dominada por pasturas exóticas implantadas.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de las cuatro parcelas de restauración.

**Tabla 1.** Sistemas de preparación de suelo y superficie por parcela.

ID de Parcela	Superficie (ha)	Sistema de preparación
A1-A y A1-B	5,4*	Poceado manual
A1-C	2	Quema controlada + poceado manual
A1-D	1,6	Preparación de suelo convencional

\*Las parcelas A1-A y A1-B son presentadas juntas por proximidad y sistema de preparación de suelo.

**Tabla 2.** Actividades de manejo cultural por parcelas.

Actividad	Mes/año
Control químico de malezas pre-plantación	Set-Oct/2017
Plantación	Nov-Dic/2017
Fertilización	Dic/2017
Primer control químico de malezas post-plantación	Feb/2018
Segundo control químico de malezas post-plantación	Abr/2018

Las parcelas de restauración fueron implantadas durante los meses de noviembre y diciembre de 2017 y las mediciones realizadas a los 12 meses después de la plantación. En total fueron comprendidas para el estudio 9 ha, las cuales fueron divididas en función de la preparación de suelo empleada por la empresa como puede verse en la Tabla 1. De esta forma se describieron tres sistemas de preparación de suelo diferentes, i) poceado manual, ii) quema controlada + poceado manual y iii) preparación de suelo convencional. Donde la preparación convencional comprendió dos pasadas de rastra antes de la plantación.

Todas las parcelas recibieron los mismos tratamientos y cuidados culturales en el mismo periodo, como se indica en la Tabla 2.

Como parte de la limpieza pre plantación, se procedió a la desecación del área total con glifosato de las parcelas destinadas a la restauración. Luego de la plantación, se procedió a la fertilización manual, con 100 gramos por planta. A partir de la fertilización, se procede al control químico de malezas. Se realizan dos controles, el primer control químico corresponde a una aplicación de un gaminicida (Cletodhim) a una dosis de 2 litros por hectárea. Posterior a este control, se realiza un segundo control químico de malezas con glifosato, a una dosis de 2 kg por hectárea.

El proyecto de restauración incluyó una especie exótica (*Melia azedarach*) en conjunto con especies nativas pertenecientes a cuatro familias botánicas, siendo la función de la exótica la de catalizadora y fuente de madera de un ciclo. La introducción de *M. azedarach* en el esquema de plantación se realizó

plantando una muda de *Melia* de manera intercalada cada una línea de nativas.

Si bien el uso de esta especie es desalentado en proyectos de restauración por sus características invasivas, la misma es muy apreciada en sistemas de producción alternativos de madera para aserrado (Evans & Rombold, 1984 y Londe, De Sousa y Kozovits, 2017). Las especies implantadas incluidas están descritas en la Tabla 3. El relevamiento se hizo dejando las dos primeras líneas desde el perímetro de la parcela para evitar el efecto borde y uniformizar el proceso de relevamiento de datos.

Se inventariaron a todos los individuos arbóreos plantados, en total el inventario registró 1.588 individuos como se observa en la Tabla 4, entre los cuales también fueron considerados los de regeneración natural, con lo que se suma una familia botánica. Si bien fueron registradas más especies de regeneración natural, no todas fueron identificadas. Se relevaron datos de (a) diámetro a la altura del cuello (DAC), (b) altura y (c) cantidad de ramas. Los datos fueron relevados de la siguiente manera:

Diámetro a la altura del cuello (DAC): El DAC fue medido con un pie de metro digital a una altura aproximada de 0,5 cm desde el suelo.

Altura: La altura fue medida con una regla centimetrada.

Cantidad de ramas: La cantidad de ramas fue contada en cada individuo, contando como rama todas las que se desprendían del tallo principal.

**Tabla 3.** Listado florístico de especies plantadas incluidas en el estudio.

Familia	Especie	Nombre común
<b>Boraginaceae</b>	<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.*	Guajayvi
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.*	Peterevy
<b>Fabaceae</b>	<i>Melia azedarach</i> L.*	Paraíso gigante
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O. Berg*	Guavira pytä

\*Instituto de Botánica Darwinion

**Tabla 4.** Listado florístico de total de especies inventariadas e identificadas.

Familia	Origen	Especie	Cantidad
<b>Bignoniaceae</b>	Regeneración	<i>Handroanthus sp.</i>	1
<b>Boraginaceae</b>	Plantada	<i>Cordia trichotoma</i>	135
		<i>Inga edulis</i>	48
	Plantada	<i>Inga uraguensis</i>	24
		<i>Peltophorum dubium</i>	177
		<i>Albizia niopoides</i>	158
<b>Fabaceae</b>	Regeneración	<i>Mimosa pigra</i>	3
		<i>Chloroleucon tenuiflorum</i>	3
		<i>Machaerium paraguariense</i>	70
<b>Meliaceae</b>	Plantada	<i>Melia azedarach</i>	303
		<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	64
		<i>Eugenia pungens</i>	43
		<i>Eugenia uniflora</i>	23
		<i>Psidium sp.</i>	1
<b>Myrtaceae</b>	Plantada	<i>Campomanesia guazumifolia</i>	2
		<i>Eugenia uniflora</i>	53
		<i>Plinia rivularis</i>	12
		<b>Total</b>	

Fue aplicado el análisis de varianza de un factor ANOVA en combinación con el método Post-Hoc de Tukey-Kramer para interpretar los resultados. Todos los análisis fueron realizados con el software SISVAR 5.6. Los gráficos se realizaron con el software BioVinci 1.1.5. El método fue aplicado a los datos de DAC, cantidad de ramas y altura de las especies con mayor frecuencia en las parcelas, siendo el análisis intraespecífico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo inicial de cada especie presentó variación de acuerdo a la parcela en la que se ubicaba y a la variable enfocada. La cantidad de ramas fue la variable con mayor uniformidad interespecífica, donde la especie *Campomanesia xanthocarpa* no presentó diferencia estadísticamente significativa en ninguna de las parcelas (Figura 2), esto quizá debido a su característica higrófila, desarrollando en general mayor cantidad de ramas en suelos anegados o áreas de ribera, y a su capacidad de resistir periodos de déficit hídrico (Pimenta, 1998; Bento, Quintao y Dresch 2016).

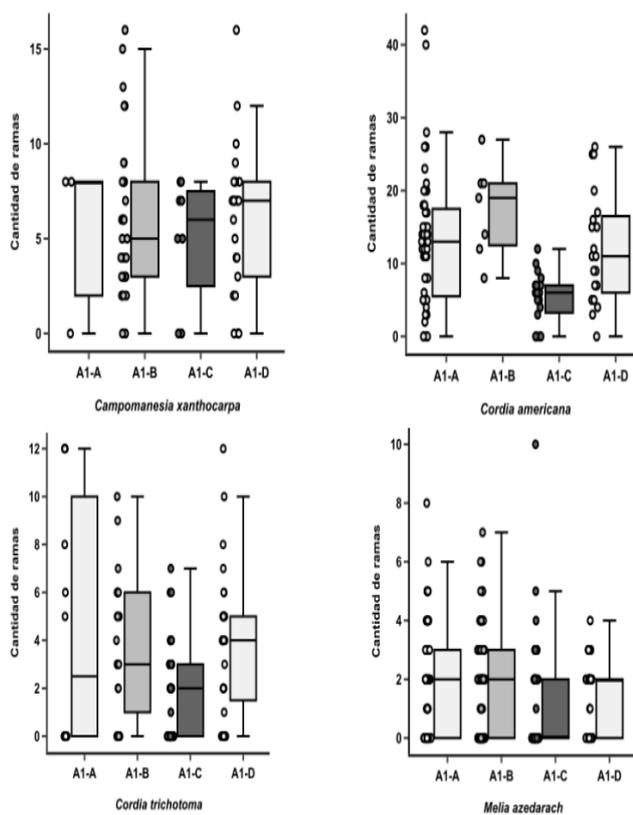
*Cordia americana* fue la especie que presentó mayor cantidad de ramas de forma general en todas las parcelas, probablemente debido a sus características fenológicas (Carvalho, 2004), además demostró una mayor resiliencia frente a heladas y el ataque de insectos en comparación a las demás especies (Klein et al., 2016). *C. americana* se caracteriza por estar adaptada a suelos anegados, lo que podría influir en su desarrollo en las parcelas más bajas (Samojeden et al., 2018).

La especie *Melia azedarach* fue fuertemente afectada por heladas, razón por la cual presentó mayor número de ramas de lo esperado, teniendo en cuenta su característica de crecimiento monopodial (Carvalho, 1998). La susceptibilidad de la especie a las heladas además de fomentar la ramificación afectó el desarrollo en altura en las parcelas más bajas al quemar tejido apical. Carvalho (1998) menciona que la especie no presenta buen desarrollo en suelos anegados y zonas bajas en general, condición que se vio reflejada en los resultados de campo.

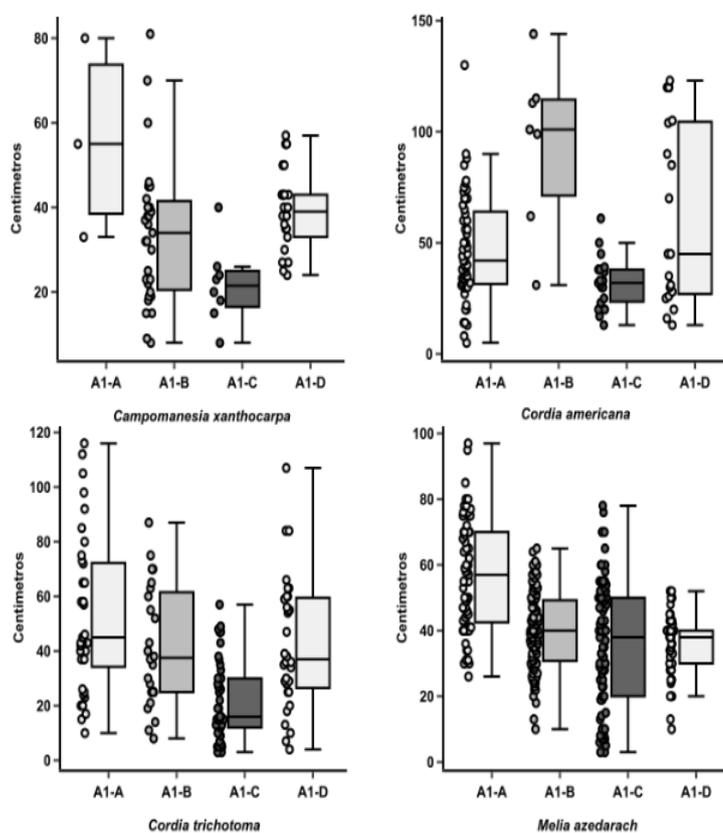
La especie que registró el mayor desarrollo en altura fue *Cordia americana*, cuyo desarrollo se destaca en las parcelas A1-B y A1-D. De la misma forma que con la cantidad de ramas, el mayor desarrollo de *C. americana* en altura puede deberse a su alta plasticidad fisiológica, propiedad que genera una tolerancia a condiciones de mayor exposición lumínica y un régimen hídrico dinámico (Gaburro, Zanetti y Gama, 2015; Samojeden et al., 2018).

La especie *Melia azedarach* registró un valor de altura media de  $56,49 \pm 1,79$  cm. *M. azedarach* registró valores en altura y DAC con diferencia positiva significativa ( $p > 0,0001$ ) en la parcela A1-A como se ve en la Tabla 5.

Este crecimiento parece ser típico en esta especie en los estadios tempranos, demostrando cierta coherencia con otros autores (Brassiolo & Gomez, 2004).



**Figura 2.** Distribución de cantidad de ramas por especie en todas las parcelas.



**Figura 3.** Distribución de la altura por especie en todas las parcelas.

**Tabla 5.** Valores medios (error estándar) de altura (cm) y DAC (mm) en centímetros por parcela para la especie *Melia azedarach*.

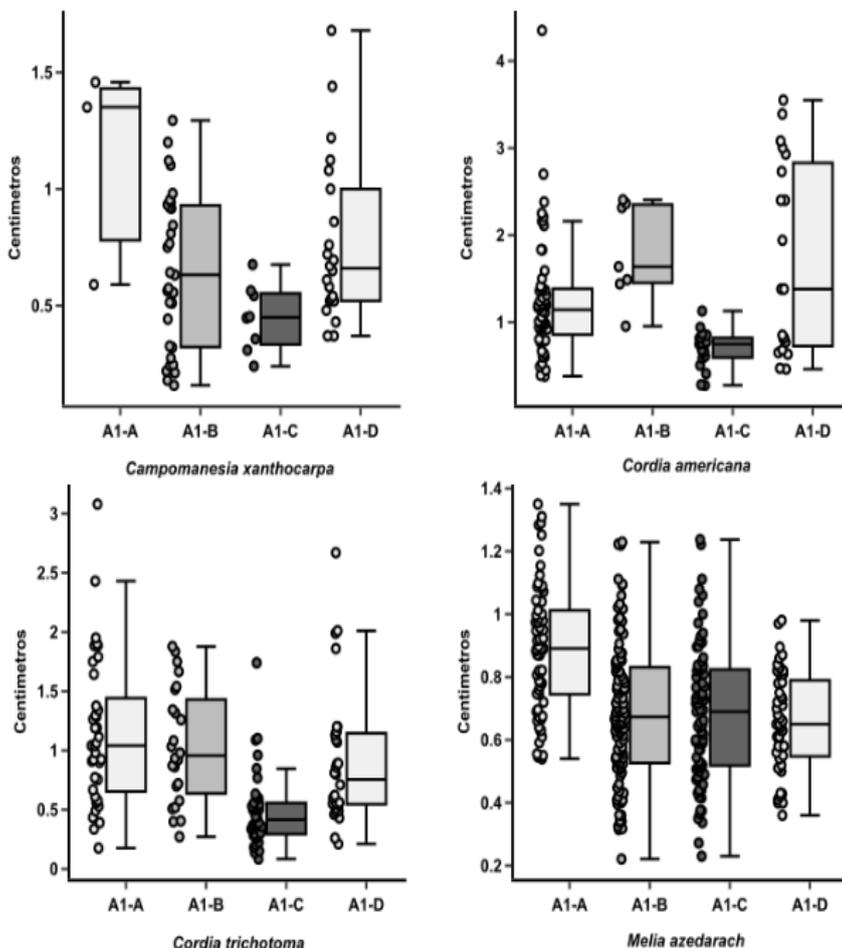
Parcelas	Media Altura ( $\pm 1,79$ ) *	Parcelas	Media DAC ( $\pm 0,02$ ) *
A1-A	56.60 a	A1-A	1.37 a
A1-B	39.86 b	A1-B	1.30 b
A1-C	35.85 b	A1-C	1.29 b
A1-D	35.76 b	A1-D	1.29 b

\*Las medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Tukey para los datos analizados.

**Tabla 6.** Valores medios (error estándar) de altura (cm) y DAC (mm) en centímetros por parcela para la especie *Cordia trichotoma*.

Parcelas	Media Altura ( $\pm 3,96$ ) *	Parcelas	Media DAC ( $\pm 0,08$ ) *
A1-A	52.70 a	A1-A	1.147 a
A1-B	41.50 a	A1-B	1.038 a
A1-C	21.98 b	A1-C	0.485 b
A1-D	42.78 a	A1-D	0.903 a

\*Las medias seguidas de la misma letra no difieren entre sí según el Test de Tukey para los datos analizados.



**Figura 4.** Distribución del diámetro a la altura del cuello (DAC) por especie en todas las parcelas.

Con diferencia a los valores registrados en altura, el DAC sólo registró diferencia significativa con *Melia azedarach* y *Cordia trichotoma*, donde *C. trichotoma* registró valores más bajos con diferencia significativa en la parcela A1-C (Tabla 6). De esta manera, esta parcela registró los valores más bajos en todas las especies con la excepción de *M. azedarach*. Esto podría estar relacionado a los efectos de volatilización y lixiviación de nutrientes del suelo producto de la quema prescrita a la que fue sometida la parcela (Heber, 2016).

Si bien la especie *Cordia americana* no presentó valores con diferencia significativa, la media más alta se encontró en la parcela A1-B (Figura 4).

*C. americana* fue la especie con los valores de DAC más alto de forma general, de nuevo esto puede estar debido a sus características fenológicas.

## CONCLUSIONES

*Cordia americana* es la especie con mejor desarrollo inicial en las tres variables estudiadas en las cuatro parcelas. Este desarrollo está vinculado a sus características fenológicas y a su resiliencia frente a heladas y otros fenómenos. *Melia azedarach* se vio muy afectada por heladas y por la condición de anegación de los suelos de las parcelas más bajas, lo que limitó su desarrollo en altura y en DAC.

*Cordia trichotoma* fue la segunda especie con mejor desarrollo general en las tres variables estudiadas. Por su parte *Campomanesia xanthocarpa* tuvo el desarrollo más bajo entre las cuatro especies estudiadas, esto quizá vinculado a su fenología y al impacto que de las heladas en los individuos implantados en campo.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a las siguientes entidades y personas: Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay Agricultural Corporation por el apoyo para la realización de este trabajo y los que vendrán, y a la estudiante Camila Caribaux por su trabajo en el relevamiento de datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aerts, R. & Honnay, O. (2011). *Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning*. *BMC Ecology*. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1472-6785/11/29>

Bento, L., Quintao, S. & Dresch, D. P. (2016). Potential for recovery of *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. berg seedlings from water deficit. *African Journal of Agricultural Research*, 11 (30), 2775-2785.

Brassiolo, M. & Gomez, C. (2004). Manejo de la regeneración natural de Paraíso (*Melia azedarach*) en el Chaco Húmedo. *Quebracho*, 11, 42-53.

Carvalho, P. (1998). Espécies introduzidas alternativas às dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*

para reflorestamento no Centro-Sul do Brasil. Em A.P.M. Galvão, *Espécies não tradicionais para plantios com finalidades produtivas e ambientais*. Colombo: Embrapa Florestas, 75-99.

Carvalho, P. (2004). *Guajuvira: Patagonula americana*. Embrapa Amazônia Oriental. Brasília: Embrapa Florestas. Disponible en: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF-2009-09/41468/1/circ-tec97.pdf>

Da Ponte, E. D., Mack, B., Wohlfart, C., Rodas, O., Fleckenstein, M., Oppelt, N., . . . Kuenzer, C. (2017). Assessing Forest Cover Dynamics and Forest Perception in the Atlantic Forest of Paraguay, Combining Remote Sensing and Household Level Data. *Forests*, 8 (10), 389.

Evans, P. & Rombold, J. (1984). Paraíso (*Melia azedarach* var. "Gigante") woodlots: an agroforestry alternative for the small farmer in Paraguay. *Agroforest Syst*, 2 (3), 199-214.

FAO. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome: FAO. Obtenido de [www.fao.org/forest-resources-assessment](http://www.fao.org/forest-resources-assessment)

FAO. (2018). *El estado de los bosques del mundo*. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/publications/es>

Gaburro, T., Zanetti, V. & Gama, V. (2015). Physiological variables related to photosynthesis are more plastic than the morphological and biochemistry in non-pioneer tropical trees under contrasting irradiance. *Brazil Journal of Botany*, 38, 39-49. doi:10.1007/s40415-014-0113-y

Heber, D. (2016). *Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el Municipio de Cuarimbo, Departamento del Vichada*. Cuarimbo: Universidad de Caldas.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *IPCC Special Report on Climate Change and Land*. Roma: IPCC.

Insrán, A., Cruz-Alonso, V., Viñegla, F., Aparicio J., Amarilla, M. & Ibarra, J. (2014). Primeros estudios sobre restauración de ecosistemas en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Asunción: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas (FIRE).

Jacobs, D., Oliet, J., Aronson, J., Bolte, A., Bullock, J., Donoso, P., . . . Weber, J. (2015). Restoring forests: What constitutes success in the twenty-first century? *New Forests* (46), 601-614.

Klein, D., Andrade, M., Derengoski, J., Duarte, E., Krefta, S., Silveira, A. & Brun, E. (2016). Aspectos gerais e silviculturais de *Cordia americana*, *Aspidosperma polyneuron*, *Toona ciliata* e *Khaya* spp. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15(2), 155-164. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/305806802\\_General\\_and\\_silvicultural\\_aspects\\_of\\_Cordia\\_americana\\_Aspidosperma\\_polyneuron\\_Toona\\_ciliata\\_e\\_Khaya\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/305806802_General_and_silvicultural_aspects_of_Cordia_americana_Aspidosperma_polyneuron_Toona_ciliata_e_Khaya_spp)

Lof, M., Dey, D., Navarro, R. & Jacobs, D. (2012). Mechanical site preparation for forest restoration. *New Forests*, 43, 825-848.

Londe, V., De Sousa, H. & Kozovits, A. (2017). Exotic and invasive species compromise the seed bank

- and seed rain dynamics in forests undergoing restoration at urban regions. *Journal of Forest Restoration*, 28, 1019–1026. doi:<https://doi.org/10.1007/s11676-017-0370-2>
- Navarro, R., Del Campo, A. & Cortina, J. (2006). Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En J. P. Cortina, *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes Mediterráneos. Estado actual, de conocimientos*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Pimenta, J. A. (1998). *Estudo populacional de Campomanesia xanthocarpa O. Berg (Myrfaceae) no Parque Estadual Mata Godoy, Londrina, PR*. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas.
- Rodrigues, R. R., Santin, P. & Isernhagen, I. (2009). *Pacto pela restauração da mata atlântica : referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. Sao Paulo: LERF/ESALQ : Instituto BioAtlântica.
- Salas-Dueñas, A. & Facetti, J. (2007). *Biodiversidad del Paraguay: una aproximación a sus realidades*. 235 p.
- Samojeden, C., Artusi, Á., Delevatti, H., Milesi, S., Cansian, R. & Sausen, T. (2018). Light environment influences the flood tolerance in *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 (3), 2945-2953.
- SEAM. (2013). *Resolución N° 614/2013 de ecorregiones del Paraguay*. Asunción: Secretaría del Ambiente.
- Sturgess, B. (2019). Measuring Natural Capital and the Causes of Deforestation. *World Economics*, 20 (3), 39-62.