



Rasgos funcionales y potencial germinativo de semillas de *Tabebuia aurea*, *Bignoniaceae*, en el límite austral de su distribución

Functional traits and germination potential of *Tabebuia aurea*, *Bignoniaceae*, in its austral distribution edge

Carlos Raúl Spagarino^{1*}, Sandra Josefina Bravo² y Juan Manuel Cellini¹

¹ Universidad Nacional de La Plata. Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD). Buenos Aires, Argentina. cspagarino@gmail.com; jmc@agrounlp.edu.ar

² Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina. sandrabrav@gmail.com

* Autor de correspondencia. cspagarino@gmail.com

RESUMEN

Tabebuia aurea, *Bignoniaceae*, es una especie arbórea cuya distribución se extiende entre Brasil, Paraguay y Argentina. Las poblaciones argentinas representan el límite austral de su distribución. El material estudiado proviene de cuatro poblaciones de Formosa, Argentina, cosechado en 2017 y 2020. En cuatro repeticiones de 200 semillas, provenientes de cada población, se midieron longitud (mm) y ancho (mm), peso fresco (g) y peso seco (g) de cada semilla. Se evaluaron los porcentajes e índices de germinación en cuatro repeticiones de 100 semillas por población para las cosechas estudiadas. Los resultados indicaron diferencias significativas en el tamaño de semillas entre poblaciones de *T. aurea* ($p < 0.0001$), y una disminución significativa del porcentaje de germinación desde la dispersión (H: 0.19; p : 0.7429), porcentaje máximo a los 90 días desde la cosecha. Las precipitaciones variaron de 1320 mm a 989 mm (2017, 2020, respectivamente). En el año con mayor disponibilidad de agua, *T. aurea* produjo semillas de mayor tamaño, aunque no existieron diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre años de cosecha. Los porcentajes de germinación observados no indican limitaciones de calidad de los propágulos en *T. aurea* aun en el extremo sur de la distribución de la especie.

PALABRAS CLAVE: áreas protegidas, calidad de semillas, conservación, dispersión, variabilidad de rasgos seminales.

ABSTRACT

Tabebuia aurea, *Bignoniaceae*, is a tree species whose distribution extends between Brazil, Paraguay and Argentina. Argentinian populations represent the southern limit of their distribution. The aim of this study was to evaluate the interannual variability of functional traits, and to determine the interannual and temporal variation in the germination power of *T. aurea* seeds from different populations at the southern limit of its distribution. Four populations were studied in Formosa, Argentina, harvested in 2017 and 2020. In four replications of 200 seeds from each population, length (mm) and width (mm), fresh weight and dry weight (g) were measured in each seed. Germination percentages and rates were evaluated in 4 replications of 100 seeds per population for the studied crops. The results indicated significant differences in seed size between populations of *T. aurea* ($p < 0.0001$), and a significant decrease in the germination percentage since dispersal (H: 0.19; p : 0.7429), being maximum at 90 days from harvest. Rainfall ranged from 1320 mm to 989 mm (2017, 2020, respectively). In the year with the highest water availability, *T. aurea* produced larger seeds, although there were no significant differences in germination percentages between harvest years. The observed germination percentages do not indicate quality limitations of propagules in *T. aurea* even at the southern end of the species distribution.

KEYWORDS: protected areas, seed quality, conservation, dispersal, seed trait variability.

INTRODUCCIÓN

Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore es una especie de la familia *Bignoniaceae*, que posee una extensa área de distribución, desde el Cerrado brasileño, donde es un componente típico del paisaje (Zapater et al., 2009), hasta El Pantanal, donde se presenta asociado a las márgenes de los ríos (Pott y Pott, 1994). Se extiende hacia el sur por el Chaco Oriental hasta Paraguay y Argentina, dentro de la comunidad zonal de sabana, donde suele ubicarse en paleo albardones arenosos (Chodat y Vischer, 1977; Oyarzabal et al., 2018). Es conocida comúnmente en Paraguay y Argentina como "paratodo" o "ceibo amarillo". Es un árbol de hasta 20 m de altura y 0.40 m de diámetro, tiene una corteza gruesa y corchosa pardo amarillenta de 3 cm a 3.5 cm de espesor, ramas de sección cuadrangular y hojas palmadas (Zapater et al., 2009). Los ejemplares adultos de esta especie presentan una abundante producción de semillas todos los años, que podría compensar los efectos negativos de las severas inundaciones, los periodos de sequía (Ribeiro y Brown, 2002) y el fuego, que son los disturbios más comunes en el sector sur de su área de distribución. Presenta semillas ortodoxas (Freire et al., 2022) que germinan rápidamente en condiciones naturales, sus periodos de viabilidad no superan entre los 60 días y 90 días después de su dispersión (Sousa, 1993; Oliveira et al., 2006), ya que a los 90 días el porcentaje de germinación es menor a 10% y prácticamente nulo a los 120 días (Degan et al., 2001). Las semillas presentan un porcentaje de germinación inicial que supera 80% y el establecimiento de las plántulas ocurre sin inconvenientes cuando los niveles de humedad son adecuados (Oliveira et al., 2006). No obstante, Felfili (1997) y Bueno et al. (2014) describen estructuras poblacionales desequilibradas de *T. aurea*, donde el establecimiento es variable y condicionado por inundaciones, pastoreo o quemas. Según estos autores, estos factores influyen en la producción de semillas y ponen en riesgo el mantenimiento de la actual distribución de la especie. La distribución natural de las especies vegetales se encuentra intrínsecamente relacionadas a valores óptimos

de las variables ambientales que influyen en su crecimiento; al régimen de disturbios, que influye en el tamaño de sus poblaciones y en la variabilidad genética que les permite adaptarse a ellos, dentro de márgenes relativamente cambiantes. Los límites de las áreas de distribución son, quizás, ambientes donde se manifiesta esta variabilidad y son, por lo tanto, áreas valiosas para estudios de dispersión y regeneración. Diversos autores (Zak et al., 2004; Bonino y Araujo, 2005; Boletta et al., 2006; Britos y Barchuck, 2008) plantean la necesidad de estudios sobre la biología reproductiva de las especies nativas, sobre su capacidad de regeneración y resiliencia frente a cambios ambientales y de regímenes de disturbios. Uno de los aspectos aún no abordados en la biología reproductiva de *T. aurea* es la variabilidad de los rasgos funcionales de las semillas entre sus poblaciones y su potencial influencia en la calidad de semillas. Algunos antecedentes resaltan el efecto del tamaño de las semillas y la resistencia a la desecación en el éxito reproductivo de las especies (Ribeiro et al., 2015; Ibáñez Moro et al., 2024), lo que podría acentuarse en los límites de su distribución natural. Semillas de mayor tamaño y alta tolerancia a la desecación tienen mayor potencial para germinar en áreas disturbadas o expuestas a estrés ambiental.

Las hipótesis que se plantearon para el presente estudio fueron: a) existen variaciones intraespecíficas de los rasgos funcionales y de la germinación en semillas de diferente procedencia de las semillas de *T. aurea*. y b) las semillas que no presentan dormición experimentan una caída significativa del poder germinativo desde la dispersión, relacionada con exposición a factores ambientales estresantes.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la variabilidad interanual de los rasgos funcionales y determinar la variación interanual y temporal del poder germinativo de las semillas de *T. aurea* procedentes de diferentes poblaciones en el límite austral de su distribución.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro de la región del Chaco Húmedo de Argentina (Fig. 1). Los sitios de muestreo se ubicaron en el Parque Nacional Río Pilcomayo (PNRP) (-25°02' y -58°08'), que abarca una superficie de 51 889 ha y contiene parches de vegetación nativa en buen estado de conservación (Oyarzabal et al., 2018). El ecosistema de sabana del PNRP abarca aproximadamente 60%

de su superficie y representa además uno de los valores de conservación clave para el área protegida (Administración de Parques Nacionales [APN], 2016). Estas sabanas son planicies cubiertas por gramíneas y un estrato leñoso donde predominan *Copernicia alba* Morong, *Neltuma hassleri* (Harms) C.E. Hughes G.P. Lewis, *Neltuma affinis* (Spreng.) C.E. Hughes & G.P. Lewis, y poblaciones aisladas de *T. aurea*. Estas últimas constituyen las poblaciones más australes de *T. aurea* bajo el sistema nacional de áreas protegidas y representan una comunidad de gran interés para la conservación.

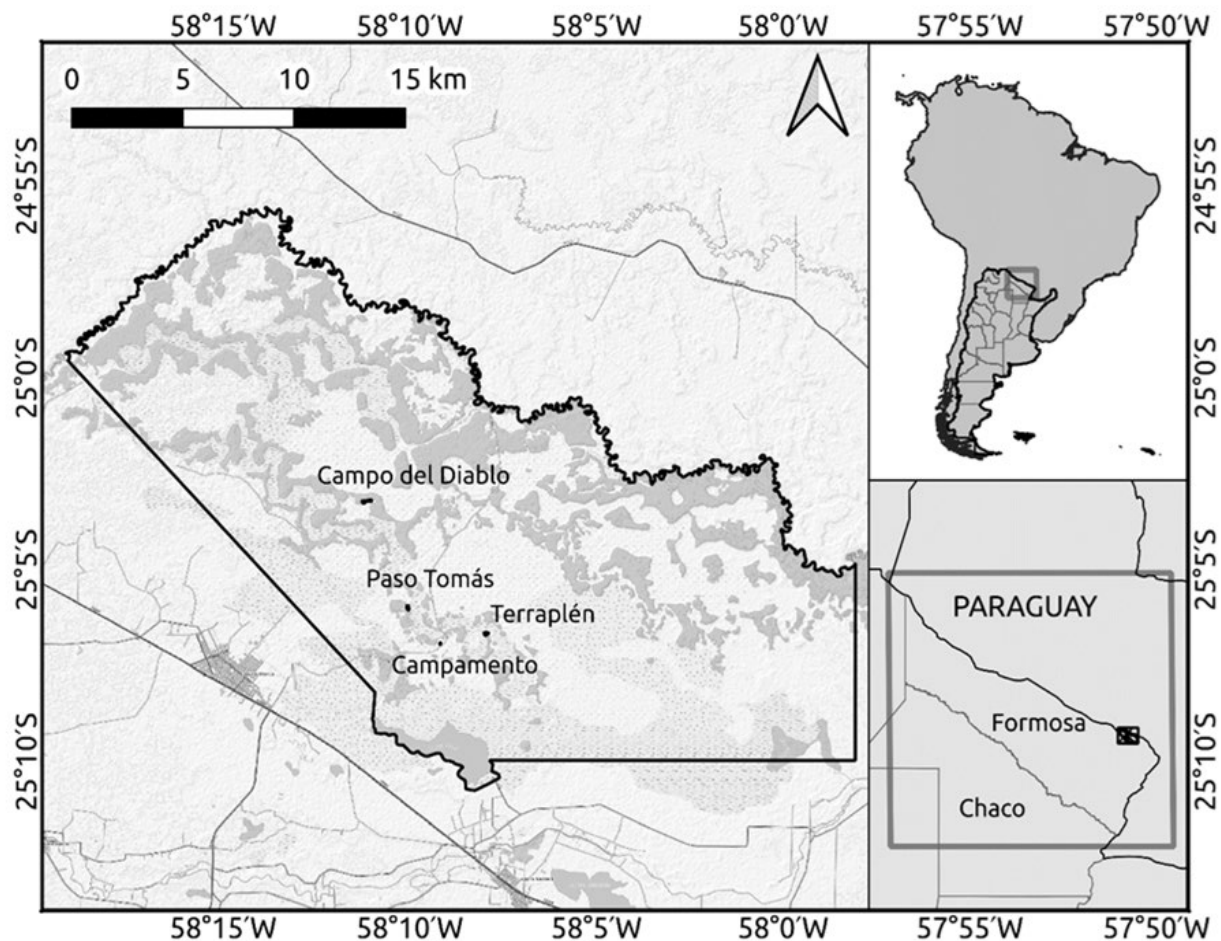


FIGURA 1. Ubicación relativa del área de estudio. Sitios de recolección de semillas de *T. aurea*. Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

El clima del área de estudio es subtropical, con una temperatura media anual de 22 °C y máximas estivales de 40 °C (Placci y Holz, 2005). La precipitación promedio anual es de 1300 mm, con lluvias en todas las estaciones, pero reducidas durante el invierno (Ginzburg et al., 2005). En el PNRP se encuentran poblaciones de *T. aurea* con densidad de ejemplares entre 25 ha⁻¹ y 127 ha⁻¹ individuos, probablemente por la recurrencia de disturbios. Los fuegos son los disturbios más comunes en el área, se originan incidentalmente durante actividades de cacería o abigeato en campos ganaderos vecinos por la utilización del fuego para facilitar el traslado ecuestre. La región presenta dos picos anuales con mayor frecuencia de fuego, uno a fines del verano y otro a fines del periodo invernal (Lizárraga y Lipori, 2013; San Martín et al., 2023), con la combinación del efecto de la sequía y ocurrencia de heladas que contribuyen a la desecación de los combustibles.

Colecta de semillas y caracterización de la estructura forestal

Las semillas se colectaron en cuatro poblaciones diferentes de *T. aurea* denominadas: Terraplén, Campamento, Paso Tomás y Campo del Diablo, durante el mes de noviembre de los años 2017 y 2020, durante el período de dispersión de la especie (Zapater et al., 2009). Las poblaciones se seleccionaron teniendo en cuenta rangos de densidad y una distancia promedio entre ellas mayor o igual a 5000 m. En cada población se midió el diámetro normal con cinta dendrométrica Forestry Suppliers Inc®, altura con clinómetro Sunnto® y distanciómetro Trupulse® 200i Laser Rangefinder. Con estos, se obtuvo el área basal y la densidad de individuos por hectárea. Los individuos se clasificaron por su vitalidad en tres categorías: 1= saludable (follaje de color verde intenso, sin ramas muertas y sin daños en el tronco); 2= vigor intermedio (menos de 50% de follaje verde claro, menos de 50% de ramas muertas y menos de 50% de sección de tronco muerto); 3= vigor bajo (más de 50% de ramas muertas y más de 50% de sección de tronco muerto). Para la colecta de cápsulas se seleccionaron los cinco árboles semilleros con mayor diámetro normal (DN) y vitalidad saludable en cada población, se determinó

el área basal promedio (m² ha⁻¹) y se georreferenciaron. Además, para cada población se calculó la frecuencia del fuego (FF) para un periodo de veinte años, con la ecuación siguiente:

$$FF = n I / 20$$

donde:

n I: número de Incendios

20: tiempo considerado para el cálculo (años)

El valor de la FF se calculó a través del análisis de series históricas de imágenes satelitales para el periodo 2000-2020 con la herramienta BAMS (Burned Area Mapping Software) (Bastarrika et al., 2014) de la plataforma Google Earth Engine (GEE).

Se colectaron ocho frutos maduros de cinco árboles semilleros seleccionados para cada población (> DN y vitalidad 1), por medio de tijeras de altura SANDVIK P134. Se almacenaron hasta su dehiscencia natural en bolsas de papel a temperatura ambiente. Se descartaron aquellas semillas vanas o con señales de ataques de insectos (Valverde-Rodríguez et al., 2019). Para el estudio se utilizó una muestra de 800 semillas, compuesta de muestras masales de 100 semillas de *T. aurea* sanas, provenientes de cada población para cada año de estudio.

Medición de rasgos funcionales en las semillas y ensayos de germinación

Se registraron para cada semilla la longitud (mm) y el ancho (mm) (incluyendo las alas) con un calibre digital Asimeto® 307-26-1 (± 0.01 mm). Para establecer la pérdida en el contenido de humedad a lo largo del período del ensayo, se determinó el peso inicial (g) de las semillas individuales recién colectadas (Pi), y el peso previo al momento de la siembra (Pp), con una balanza Ohaus Adventurer® (± 0.01 g). Los ensayos de germinación se llevaron a cabo en los meses de diciembre a marzo de los años 2017-2018 y 2020-2021.

Dentro de cada año, se sembraron de manera secuencial 100 semillas de *T. aurea*, desde el momento de la



colecta y cada 30 días en cuatro tratamientos: T1 = 0 días, T2 = 30 días, T3 = 60 días y T4 = 90 días, distribuidas en cuatro lotes de 25 semillas cada uno. La siembra se realizó en condiciones controladas de laboratorio sobre un sustrato de perlita estéril utilizando una bandeja plástica de germinación para cada repetición (Fig. 2). La temperatura durante el ensayo se mantuvo en 24 °C por medio de un sistema de aire acondicionado en el cuarto de siembra (Oliveira et al., 2006). El sustrato se mantuvo saturado de humedad a partir de un riego inicial de 50 ml, y dos aspersiones diarias, de 15 ml cada una, sobre las semillas.

Variables evaluadas y análisis de los datos

Se registró el número de plántulas germinadas cada 48 h utilizando dos criterios diferentes: a) la emisión de la raíz principal con una longitud ≥ 2 mm, según las normas internacionales para pruebas de germinación (International Seed Testing Association [ISTA]. 2017), y b) la liberación de los cotiledones de la testa seminal como un criterio útil para evaluar germinación en sustrato arena o siembra directa en viveros (Santos et al., 2005; Bravo et al., 2016;

Bonner, 2008). El recuento de plantas germinadas con ambos criterios se sostuvo durante 35 días desde la siembra, fecha a partir de la cual se observó la ausencia de germinación durante cinco lecturas consecutivas, realizadas con la periodicidad establecida. Se evaluó el porcentaje final de germinación (G), la germinación acumulada (GA), que muestra cómo se incrementa la germinación en el tiempo desde la siembra en cada tratamiento, y el índice de velocidad media de germinación (IVG), con las ecuaciones siguientes (Valverde-Rodriguez et al., 2019):

$$IVG = TMG^{-1}$$

donde:

TMG: tiempo medio de germinación

$$TMG = \frac{\sum (n_i \cdot t_i)}{(\sum n_i)^{-1}}$$

donde:

n_i : número de semillas germinadas en un intervalo de tiempo t medido en días

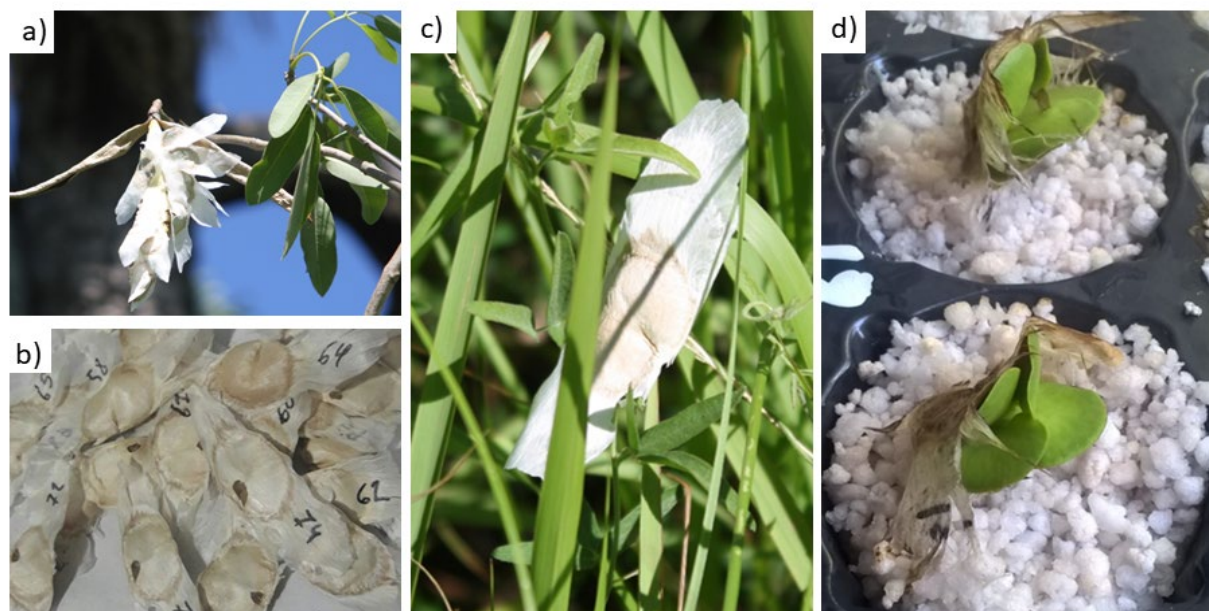


FIGURA 2. Semillas de *T. aurea*.

a) cápsula dehiscente; b) mediciones morfométricas; c) proceso de dispersión natural; d) apertura de cotiledones.

Los datos de precipitación acumulada para los años de colecta se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro Operativo Estero Poí del PNRP (-25°07'24.26"; -58°10'31.29").

Se realizaron diferentes análisis de varianza simples (ANOVA); para los casos donde se consideró necesario, se aplicaron análisis independientes de forma secuencial para tener en cuenta la dependencia temporal de los datos, en los que se analizaron los rasgos funcionales de las semillas para los dos años de cosecha considerando las diferentes poblaciones, la pérdida de peso de las semillas, el porcentaje de germinación de la radícula y el porcentaje de liberación de los cotiledones.

Los ANOVA se realizaron mediante el uso del programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2015). Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas (homocedasticidad), mediante la prueba de

Shapiro-Wilk ($p < 0.05$) y la prueba de Levene ($p < 0.05$), respectivamente. Para la separación de medias de rasgos funcionales entre poblaciones y años se usó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Para la separación de medias de porcentajes de germinación entre años de colecta y fechas de siembra se empleó la prueba de Kruskal Wallis ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Rasgos funcionales de las semillas

Las semillas de *T. aurea* presentaron los rasgos seminales característicos descritos para la especie (Fig. 2). Se trata de semillas comprimidas, aladas, de dispersión anemócora. Los resultados indicaron diferencias significativas en longitud, ancho y en el peso de las semillas entre poblaciones dentro de un mismo año y entre años de cosecha (Tablas 1 y 2).

TABLA 1. Valores promedio y desviación estándar de rasgos funcionales para semillas de diferentes poblaciones de *T. aurea* cosechadas en 2017 y 2020, en el Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

Población	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Pi (g)	Pp (g)
Campo del Diablo (2017)	64.34 ± 7.52	18.14 ± 1.50	0.29 ± 0.05	0.02 ± 0.02
Terraplén (2017)	60.52 ± 5.26	20.08 ± 1.91	0.29 ± 0.05	0.03 ± 0.03
Campamento (2017)	54.44 ± 5.77	17.00 ± 1.44	0.24 ± 0.03	0.02 ± 0.03
Paso Tomás (2017)	60.90 ± 5.32	19.32 ± 1.78	0.36 ± 0.06	0.06 ± 0.05
F	46.76	65.66	94.93	27.2
p	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Campo del Diablo (2020)	61.40 ± 10.11	16.68 ± 1.51	0.28 ± 0.04	0.01 ± 0.02
Terraplén (2020)	47.99 ± 12.04	16.42 ± 1.95	0.25 ± 0.06	0.01 ± 0.02
Campamento (2020)	45.27 ± 5.76	15.05 ± 1.55	0.16 ± 0.04	0.01 ± 0.02
Paso Tomás (2020)	47.41 ± 5.14	18.25 ± 1.37	0.27 ± 0.05	0.00 ± 0.01
F	46.76	66.19	134.29	3.85
p	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0098

Pi: peso inicial (g); Pp: pérdida de peso (g); F: prueba F de Fisher; p: probabilidad; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre poblaciones ($p < 0.05$).



TABLA 2. Valores promedio y desviación estándar de rasgos funcionales de las semillas de *T. aurea* colectadas durante 2017 y 2020 en el Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

Año de cosecha	Longitud (mm)		Ancho (mm)		Pi (g)	
2017	60.05 ± 6.99	b	18.64 ± 2.03	b	0.30 ± 0.06	a
2020	50.52 ± 10.81	a	16.61 ± 1.97	a	0.24 ± 0.07	b
F	219.32		205.42		137.90	
p	< 0.0001		< 0.0001		< 0.0001	

Pi: peso inicial (g); F: prueba F de Fisher; p: probabilidad; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre poblaciones ($p < 0.05$).

TABLA 3. Ubicación espacial y características estructurales de cuatro poblaciones de *T. aurea* evaluadas en el Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

Población	Latitud	Longitud	Elev (m s.n.m.)	A máx (m)	DNM (cm)	AB (m ² ha ⁻¹)	Den (ha ⁻¹)	Vit	FF
Campo del Diablo	-25° 03' 15.51"	-58° 11' 13.12"	77.4	10	53.22	2.18	72	1	0.60
Terraplén	-25° 06' 38.08"	-58° 07' 57.86"	78.1	9	39.31	2.63	54	1	0.25
Campamento	-25° 06' 54.25"	-58° 09' 10.98"	77.0	9	42.81	3.08	127	2	0.65
Paso Tomás	-25° 05' 59.35"	-58° 10' 03.00"	80.2	7.3	37.24	0.98	25	2	0.60

Elev: elevación; A máx.: altura máxima; DNM: Diámetro normal máximo; AB: área basal; Den: densidad, individuos por unidad de superficie; Vit: vitalidad; FF: Frecuencia del fuego (número de incendios en 20 años) (Baja < 0.4; Media; >0.4 <0.8; Alta > 0.8).

La población de Campamento produjo las semillas de menor tamaño y corresponde a una de las poblaciones de mayor AB promedio y baja vitalidad (Tabla 3). Por otro lado, las semillas de Campo del Diablo fueron las de mayor tamaño, en correspondencia con una de las poblaciones de AB intermedia y de buena vitalidad (Tabla 3). Los años de cosecha tuvieron diferentes precipitaciones anuales y en el periodo previo a la fructificación y formación de semillas. El año 2020 presentó 24% menos de precipitación anual, respecto del promedio anual de referencia (1300 mm), y una menor precipitación acumulada durante los tres meses previos a la cosecha (95 mm) respecto de 2017 (258 mm) (Fig. 3). Independientemente de la población de origen, las semillas colectadas en el año 2017 tuvieron mayores dimensiones, mayor peso inicial promedio (Tabla 2) y mayor pérdida de peso durante el almacenamiento que las

semillas colectadas en 2020 (Tabla 4). Luego de la pérdida inicial de peso observada en las semillas almacenadas en el T2 (30 días desde la colecta), el peso de las semillas no varió significativamente a lo largo del tiempo de estudio (Tabla 4).

Variaciones temporales e interanuales en los porcentajes de germinación

Los porcentajes de germinación de las semillas de *T. aurea* variaron entre 75% y 73% en los años 2017 y 2020, respectivamente, sin diferencias significativas entre años (H: 0.19; p: 0.7429). El mayor pulso de germinación se observó entre el cuarto y sexto día desde la siembra. El porcentaje de germinación se estabilizó a partir del sexto día desde la siembra y en el tratamiento que representa la siembra de semillas inmediatamente después de la cosecha (T1), fue el

de mayor porcentaje de germinación en ambos años de colecta (F: 6.01; *p*: 0.0005) (Fig. 4 A). El porcentaje mínimo de germinación se observó con los tratamientos T4 y T3 (90 días y 60 días, respectivamente) entre los años 2017 y 2020, respectivamente (Fig. 4 A y B). Existieron diferencias significativas en los porcentajes de germinación máximos y

mínimos observados en ambos años de colecta; el número de plántulas germinadas se estabilizaron entre el sexto y octavo día desde la siembra en los diferentes tratamientos con diferente tiempo de almacenamiento (F: 10.16; *p*: <0.0001).

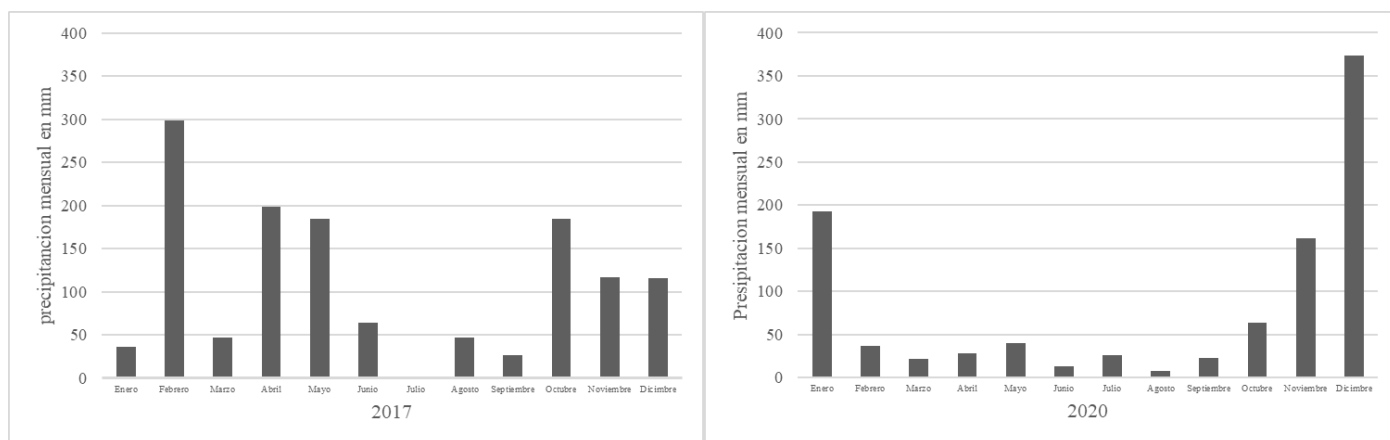


FIGURA 3. Registro de precipitaciones mensuales para los años 2017 y 2020.

Datos de la estación meteorológica del centro operativo Estero Poi, Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

TABLA 4. Variación temporal de promedios y desviación estándar del peso de las semillas de *T. aurea* cosechadas en el Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

Cosecha	2017		2020		2017		2020	
Tratamiento	<i>Pi</i> (g)		<i>Pi</i> (g)		<i>Pp</i> (g)		<i>Pp</i> (g)	
T1	0.29 ± 0.06	a	0.23 ± 0.07	a	0.00 ± 0.00	a	0.00 ± 0.00	a
T2	0.30 ± 0.07	a	0.25 ± 0.07	a	0.04 ± 0.03	b	0.01 ± 0.02	ab
T3	0.28 ± 0.06	a	0.24 ± 0.06	a	0.04 ± 0.03	b	0.01 ± 0.03	b
T4	0.30 ± 0.07	a	0.25 ± 0.07	a	0.05 ± 0.04	b	0.01 ± 0.02	b
F	1.17		2.59		55.02		10.72	
<i>p</i>	0.3208		0.0523		< 0.0001		< 0.0001	

T1=0 días, T2= 30 días, T3= 60 días y T4=90 días desde la cosecha; *Pi*=peso inicial (g) y *Pp*= pérdida de peso (g);

F: prueba F de Fisher; *p*: probabilidad; letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre poblaciones (*p* < 0.05).

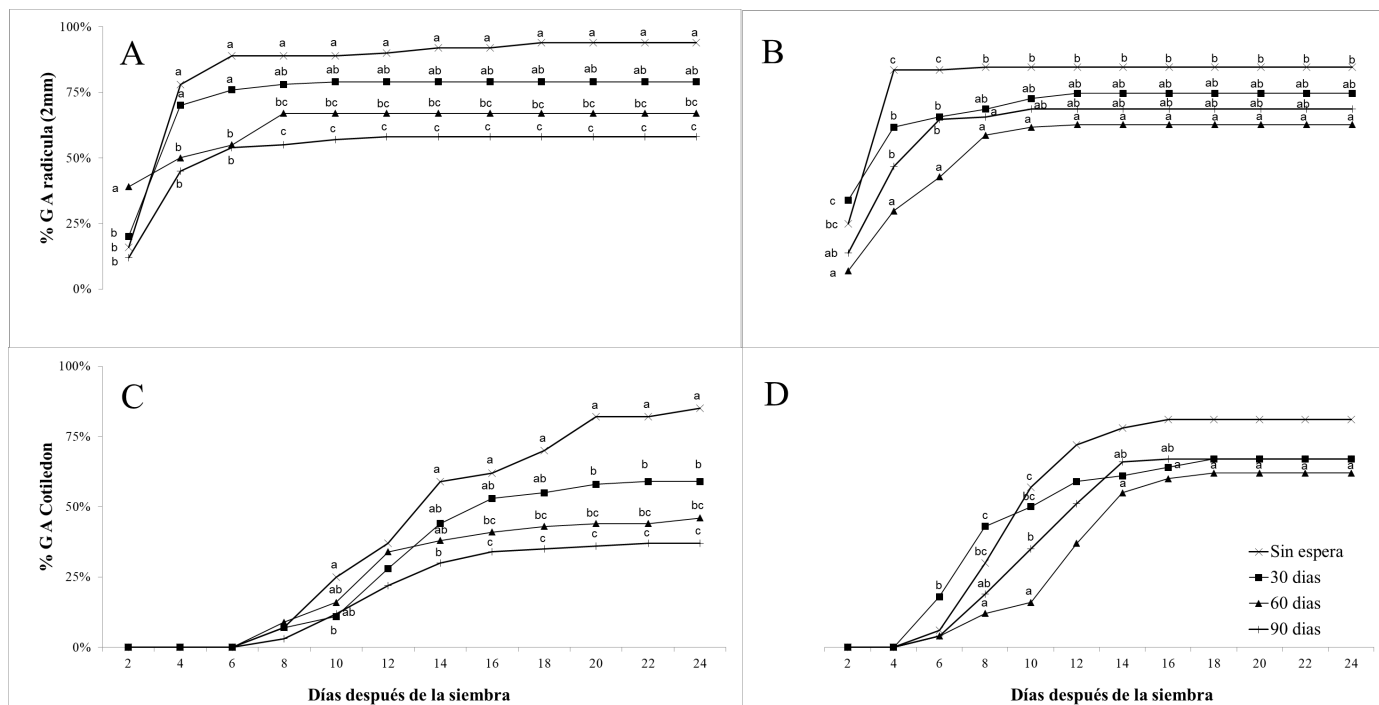


FIGURA 4. Variación del porcentaje de germinación en semillas de *T. aurea* a lo largo del tiempo, en material con diferente tiempo de almacenamiento, en el Parque Nacional Río Pilcomayo, Argentina.

A: porcentaje de germinación de radícula (2017); B: Porcentaje de germinación considerando la aparición de radícula (2020); C: porcentaje de germinación considerando liberación de cotiledones (2017); D: Porcentaje de germinación considerando liberación de cotiledones (2020). % G A: porcentaje de germinación.

El porcentaje promedio de germinación, considerando la liberación de los cotiledones de la testa seminal, varió entre 57% y 69% entre los años 2017 y 2020, respectivamente, sin que estas diferencias fueran significativas ($H: 2.52$; $p: 0.1429$). Los mayores porcentajes de germinación se registraron en los lotes de semillas sembradas inmediatamente después de la cosecha, en ambos años de colecta (Fig. 4 C y D). Los porcentajes variaron entre 86% y 81% para el T1 (sembradas inmediatamente después de la cosecha), reduciéndose hasta 37% y 67% para los tratamientos T3 y T4 (90 y 60 días posteriores a la cosecha), para 2017 (Fig. 4 C) y 2020 (Fig. 4 D), respectivamente. El mayor pulso de germinación, considerando la liberación de cotiledones, se observó a los 24 días desde la siembra en 2017 y a los 14 días desde la siembra en 2020. A pesar de que los porcentajes de germinación se reducen con el tiempo transcurrido desde la cosecha, el tiempo medio de germinación (IMG) y el índice de velocidad de germina-

ción son semejantes en las semillas de años diferentes de cosechas, a lo largo de los periodos evaluados (Tabla 5).

DISCUSIÓN

La variabilidad en los rasgos funcionales observada entre poblaciones de *T. aurea* sugiere que existe diversidad fenotípica en estos rasgos reproductivos de la especie, lo que justifica el esfuerzo de establecer medidas de gestión para su conservación dentro del PNRP. Los valores promedio de los rasgos funcionales de las semillas de *T. aurea* obtenidos en este trabajo coinciden con los observados por Oliveira et al (2006) en semillas del Cerrado en Mato Grosso do Sul, Brasil, donde los valores promedio de longitud y ancho fueron de 57.8 mm y 20.6 mm, respectivamente. Así mismo, Klaus (2001) determinó variaciones morfológicas en semillas de *T. aurea* en la misma área de estudio que Oliveira (2006), con valores promedio para la longitud y ancho de 60.0 mm y 15.4 mm, respectivamente.

TABLA 5. Variabilidad temporal e interanual en el porcentaje de germinación de *T. aurea*, considerando la aparición de la radícula y el despliegue de cotiledones.

Año de cosecha	2017	2020	2017	2020	2017	2020	2017	2020
Tratamiento	T1		T2		T3		T4	
Emergencia de radícula								
G (%)	96	85	79	75	67	63	63	69
TMG:	4.48	3.46	3.82	3.89	3.73	5.62	4.57	4.43
IVG:	0.22	0.29	0.26	0.26	0.27	0.18	0.22	0.23
Despliegue cotiledones								
G (%)	86	81	60	67	47	62	37	67
TMG:	13.98	10.00	13.33	9.19	12.47	12.06	12.70	10.78
IVG	0.07	0.10	0.08	0.11	0.08	0.08	0.08	0.09

G (%): porcentaje de germinación; TMG: tiempo medio de germinación (días); IVG: índice de velocidad media de germinación; T1 = 0 días, T2 = 30 días, T3 = 60 días y T4 = 90 días desde la cosecha.

Barbedo y Cicero (2000) estudiaron las variaciones intraespecíficas de las semillas de *Inga uruguensis*, Hook & Arn. y atribuyen las diferencias en el tamaño a las condiciones climáticas, aspectos fisiológicos y fitosanitarios durante la formación de las mismas. El menor tamaño promedio de semillas de *T. aurea*, observado en la población Campamento (largo: 45.3 mm; ancho: 15.1 mm), podría atribuirse a condiciones ambientales desfavorables características de áreas quemadas, a corta distancia temporal desde el disturbio (Ocampo-Zuleta y Bravo, 2019).

Por otro lado, semillas de mayor tamaño se relacionan con mayores tasas de supervivencia de plántulas (Leishman et al., 2000; Metz et al., 2010; Ribeiro et al., 2015), por lo cual podría esperarse una mayor eficiencia para el reclutamiento en semillas procedentes de la población de Campo del Diablo o Paso Tomás, respecto de las provenientes de Campamento. Esto constituye información relevante para medidas de gestión de incendios dentro del PNRP, justificando intensificar las tareas de manejo de combustibles para evitar una excesiva frecuencia de estos eventos

que pudieran poner en riesgo la supervivencia de las plántulas y la resiliencia de estas poblaciones. *T. aurea* presenta estructuras subterráneas (geoxile) que le permiten acumular reservas y yemas (Pausas et al., 2018), lo que probablemente le permite rebrotar después de eventos de fuego aún en el estadio de plántulas. Los resultados confirman la primera hipótesis, ya que se obtuvieron diferencias significativas en rasgos funcionales de las semillas de diferentes poblaciones de *T. aurea* localizadas en el PNRP.

Varios autores estudiaron el comportamiento germinativo de las semillas de especies de los géneros *Tabebuia* y *Handroanthus* luego de distintas condiciones de almacenamiento, indicando que la conservación en bajas temperaturas (-20 °C), en bajos tenores de humedad relativa (10%) y en recipientes que permitan un cierto intercambio gaseoso prolongan la viabilidad de *T. aurea* en lapsos mayores a los 120 días (Maeda y Mathes, 1994; Cunha et al., 1992; Sousa, 1993; Pott y Pott, 1994; Cabral et al., 2004). Los elevados porcentajes de germinación observados (cerca de o



superiores a 80% en algunos casos) no indican dificultades de la especie para el reclutamiento en campo; tampoco se observaron diferencias significativas entre años de cosecha. Sin embargo, los mayores porcentajes de germinación observados en lotes de semillas sembrados inmediatamente después de la cosecha reafirman la ausencia de dormición en *T. aurea*, en coincidencia con lo establecido por Freire et al (2022). La disminución del poder germinativo entre 60 días y 90 días desde la cosecha sugiere la concentración de la germinación a corta distancia temporal desde la dispersión, en coincidencia con el período de mayores niveles de precipitación a escala regional (diciembre a marzo) (Anexo 1). Este comportamiento concuerda con lo registrado en otros estudios similares en los que se observó la concentración de pulsos de germinación en coincidencia con la época de mayores precipitaciones en las áreas de estudio (Sousa, 1993; Degan et al., 2001; Oliveira et al., 2006).

Las características seminales de *T. aurea* -semillas comprimidas y cubiertas tenues- podrían influir en la pérdida de peso por desecación, observada a los 30 días desde la colecta, y el mantenimiento relativamente constante del peso de las semillas a lo largo de las sucesivas fechas de siembra. La pérdida de humedad de las semillas luego de la dispersión y la ausencia de dormición podrían estar relacionadas con la disminución del potencial germinativo de *T. aurea* observado a partir de los 60 días. Es probable que esta disminución sea aún más acentuada en condiciones naturales donde el desecamiento y las altas temperaturas de la temporada estival puedan afectar la viabilidad. Estos resultados coinciden con los antecedentes antes mencionados (Sousa, 1993; Degan et al., 2001; Oliveira, 2006) y reafirman la segunda hipótesis planteada, que considera que la ausencia de dormición de las semillas podría relacionarse con la caída significativa del poder germinativo desde la dispersión, relacionada con exposición a factores ambientales estresantes.

Los porcentajes de germinación indican valores elevados en ambos años de cosecha bajo condiciones controladas, independientemente del criterio que se emplee para identificarlo. La variabilidad interanual en el tamaño y peso de las semillas sugiere el efecto de una mayor

disponibilidad de agua en el proceso de formación de frutos y semillas, ya que estos rasgos fueron significativamente mayores en el año 2017, en el que la precipitación anual superó el valor promedio de referencia para el área de estudio. Sin embargo, a pesar de las diferencias en estos rasgos entre años de cosecha, no se determinaron diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre años. Estos resultados difieren de lo observado en otras especies de leñosas nativas de la región chaqueña por Alzugaray et al., (2006), quienes mencionan diferencias en poder germinativo de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. y *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. entre años con diferente aporte de agua en el Chaco semiárido, indicando que la incidencia de patógenos también puede variar de acuerdo con el nivel de lluvias durante las fases de floración. Los resultados del presente trabajo sugieren la adaptación de la especie para reclutar, a pesar de la variabilidad interanual en la disponibilidad de agua en el área de estudio.

La liberación de los cotiledones es un indicador morfológico de la reanudación del crecimiento activo del embrión que puede emplearse en ensayos de restauración mediante siembra directa. La ausencia de diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre los dos criterios evaluados (aparición de radícula y liberación de los cotiledones) sugiere la eficiencia de ambos en los análisis de laboratorio. Sin embargo, la aparición de la radícula no siempre asegura el establecimiento de las plántulas en *T. aurea*, ya que se observaron semillas con radículas emergidas que no continuaron su crecimiento en el año 2017.

El retraso promedio de la germinación observado cuando se emplea el criterio de liberación de los cotiledones sugiere que existen alrededor de 20 días críticos entre la emergencia de la radícula y el despliegue total de los cotiledones. En este período, las plántulas de *T. aurea* no fotosintetizan y dependen del nivel de reservas de las semillas. Así también, una deficiencia de humedad podría fácilmente afectar la supervivencia de las plántulas. No se han encontrado trabajos donde se evalúan comparativamente los resultados de porcentajes de germinación empleando los dos criterios (aparición de radícula,

liberación de los cotiledones de la testa seminal) en especies nativas de Argentina, por lo cual el presente trabajo constituye también un aporte metodológico, para la evaluación de la calidad de las semillas. En ensayos en condiciones de laboratorio, cuando se emplea papel como sustrato, el criterio de emergencia de radícula es sencillo de utilizar. Sin embargo, si se pretende evaluar el comportamiento germinativo de *T. aurea* con sustratos como arena, perlita o mantillo, (en condiciones más semejantes al comportamiento a campo) el criterio de despliegue de cotiledones resulta más apropiado. La dispersión de las semillas de *T. aurea* ocurre durante el periodo de mayores precipitaciones a escala regional, propiciando una ventana temporal con condiciones ambientales necesarias para una exitosa germinación y desarrollo inicial de plántulas. La semejanza entre TMG y IVG entre años de cosecha sugiere un patrón de germinación independiente de las condiciones ambientales que se presentaron durante el proceso de formación de semillas, probablemente de origen genético, que ajusta la germinación al período de mayor disponibilidad de agua a escala regional. Sin embargo, en un escenario de cambio climático, donde los niveles de precipitación podrían modificarse a escala regional, su reclutamiento podría verse reducido. Esto podría tener consecuencias ecológicas para la especie, ya que podría comprometer el mantenimiento de su actual área de distribución.

CONCLUSIONES

Las semillas de *T. aurea* presentan rasgos funcionales afines a otras especies de *Bignoniaceae*, con una morfología que favorece la dispersión anemócora y una rápida desecación. Hay variabilidad intraespecífica en el tamaño de las semillas provenientes de diferentes poblaciones y diferentes años de cosecha. El año con mayor disponibilidad de agua produjo semillas de mayor tamaño, aunque no se identificaron diferencias significativas en los porcentajes de germinación entre años de colecta. Se ha confirmado la caída significativa de los porcentajes de germinación a partir de su dispersión, llegando a valores mínimos de germinación

entre los 60 días y 90 días. Estos resultados indican que la cantidad y calidad de semillas de *T. aurea* en su límite austral de distribución no representa una limitante para su reclutamiento, incluso en años de diferente disponibilidad de agua durante el proceso de formación de semillas. Este resultado es relevante para el manejo dentro del área protegida, ya que, en caso de identificarse en futuros estudios factores limitantes en el establecimiento y la dinámica de las poblaciones de *T. aurea*, las principales amenazas podrían estar relacionadas a disturbios antrópicos como el régimen de fuego, o climáticos, como inundaciones, sequías u olas de calor que afecten el establecimiento de plántulas.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece a todo el personal del PNRP que participó durante la recolección de semillas y asistencia en las mediciones morfométricas, en especial, a Gisela Infantino, Hugo Servín y Sebastián Rábano. A Gustavo Aguirre, Ramón Medina y Milcíades Ramírez del IPAF NEAINTA, por brindar las instalaciones y equipos para mediciones, y a Gabriela Aguirre (ICE-PNRP) por su fundamental tarea de compilación de datos climáticos para el PNRP y el apoyo en SIG.

REFERENCIAS

- Administración de Parques Nacionales [APN]. (2016). Plan de gestión del Parque Nacional Río Pilcomayo (2016-2021). APN. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27697.07521>
- Alzugaray, C., Carnevale, N., Salinas, A., & Pioli, R. (2006). Quality of *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. seeds. *Quebracho*, 13, 26-35.
- Barbedo, C., & Cicero, S. (2000). Effects of initial quality, low temperature and ABA on the storage of seeds of *Inga uruguensis*, a tropical species with recalcitrant seeds. *Seed Science and Technology*, 28, 793-808.
- Bastarrika, M., Alvarado, K., Artano, M., Martínez, A., Mesanza, L., Torre, R., Ramo, E., & Chuvieco, E. (2014). BAMS: a tool for supervised burned area mapping using Landsat data. *Remote Sensing*, 6(12), 12360-12380. <https://doi.org/10.3390/rs61212360>
- Boletta, P., Ravelo, A., Planchuelo, A., & Grilli, M. (2006). Assessing deforestation in the Argentine Chaco. *Forest Ecology and Management*, 228(1-3), 108-114. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.045>



- Bonino, E., & Araujo, P. (2005). Structural differences between a primary and a secondary forest in the Argentine Dry Chaco and management implications. *Forest Ecology and Management*, 206(1-3), 407-412. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.11.009>
- Bonner, F. (2008). The woody plant seed manual. Agriculture Handbook 727. USDA Forest Service. USA.
- Bravo, S., Pece, M., del Corro, F., Ojeda, F., & Lepiscopo, M. (2016). Cambios anatómicos en raíces e hipocótilos de plántulas de *Prosopis ruscifolia* (Fabaceae) sometidas a estrés salino. *Revista de Biología Tropical*, 64(3), 1007-1017. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i3.21705>.
- Britos, A., & Barchuck, A. (2008). Cambios en la cobertura y en el uso de la tierra en dos sitios del Chaco Árido del noroeste de Córdoba, Argentina (Coverage and land use changes in two sites from northwest arid Chaco of Córdoba, Argentina). *AgriScientia*, 25(2), 97-110. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v25.n2.2746>
- Bueno, M., Damasceno-Junior, G., Pott, A., Pontara, V., Seleme, E., Fava, W., Solamao, A., & Ratter, J. (2014). Structure of arboreal and herbaceous strata in a neotropical seasonally flooded monodominant savanna of *Tabebuia aurea*. *Brazilian Journal of Biology*, 74(2), 325-337. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.16612>
- Cabral, E., Barbosa, D., & Simabukuro, E. (2004). Crecimiento de plantas jóvenes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. *Sociedade Botânica do Brasil*, 18(2), 241-251. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000200004>
- Chodat, T., & Vischer, W. (1977). *La vegetación del Paraguay*. J. Cramer.
- Cunha, R. da., Salomão, A., Eira, S., Mello, C. de., & Tanaka, M. (1992). *Metodos para conservação a longo prazo de sementes de Tabebuia spp. Bignoniaceae*. *Revista Do Instituto Florestal*, 4(3), 675-678. <https://doi.org/10.24278/2178-5031.199243710>
- Degan, P., Aguiar, I., Sader, R., Perecin, D. & Pinto, L. (2001). Influência de métodos de secagem na conservação de sementes de Ipê-branco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(3), 492-496. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000300021>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2015). InfoStat (versión 2015) [Software]. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Felfili, J. (1997). Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in Central Brazil over a six year period (1985-1991). *Revista Brasileira de Botânica*, 20, 155-162. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041997000200006>
- Freire, F. J., Silva-Pinheiro, J., Santos, J., Silva, A., Camargos, L., & Endres, L. (2022). Proline and antioxidant enzymes protect *Tabebuia aurea* (Bignoniaceae) from transitory water deficiency. *Rodriguesia*, 73, 1-13. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202273031>
- Ginzburg, R., J. Adámoli., P. Herrera, S. Torrella. (2005). Los humedales del Chaco: Clasificación, inventario y mapeo a escala regional. En F.G. Aceñolaza (Ed.), *Temas de la biodiversidad del litoral fluvial argentino II* (pp: 135-152). CONICET e Instituto Miguel Lillo.
- Ibañez Moro, A., Borghetti, F., Galetto, L., Cellini, J., & Bravo, S. (2024). The influence of seed functional traits and anthropogenic disturbances on persistence and size of the soil seed bank from dry subtropical forest species. *Forest Ecology and Management*, 551, 121524. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121524>
- International Seed Testing Association [ISTA]. (2017). *International rules for seed testing*. <https://bit.ly/3NtAPSi>
- Klaus, P. (2001). Morfologia da semente de nove espécies arbóreas do gênero *Tabebuia* (Bignoniaceae), do Estado Mato Grosso do Sul, Brasil. [Monografia de licenciatura, Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, Campo Grande]. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000100004>
- Leishman, M., Wright, I., Moles, A., & Westoby, M. (2000). The evolutionary ecology of seed size. En M. Fenner (Ed.), *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities* (pp. 31-57). CAB International. <https://doi.org/10.1079/9780851994321.0031>
- Lizárraga, L., & Lipori, M. (2013). *Caracterización sobre la situación de incendios en el Parque Nacional Río Pilcomayo a partir del análisis de focos de calor MODIS*. Administración de Parques Nacionales. Argentina.
- Maeda, J., & Mathes, L. (1994). Conservação de Sementes de Ipê. *Bragantia*, 43(1), 51-61. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051984000100006>
- Metz, J., Liancourt, P., Kigel, J., Harel, D., Sternberg, M., & Tielborger, K. (2010). Plant survival in relation to seed size along environmental gradients: a long-term study from semi-arid and Mediterranean annual plant communities. *Journal of Ecology*, 98, 697-704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01652.x>
- Ocampo-Zuleta, K., & Bravo, S. (2019). Reclutamiento de especies leñosas en bosques tropicales expuestos a incendios: una revisión. *Ecosistemas*, 28(1), 106-117. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1642>
- Oliveira, A., Schleder, E., & Favero, S. (2006). Morphological characterization, viability and vigor of *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore seeds. *Revista Árvore*, 30(1), 25-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000100004>.

- Oyarzabal, M., Clavijo, J., Oakley, L., Biganzoli, F., Tognetti, P., Barberis, I., Maturo, H., Aragón, R., Campanello, P., Prado, D., Oesterheld, M., & León, R. (2018). Unidades de vegetación de la Argentina. *Ecología Austral*, 28(1), 40-63. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.399>
- Pausas, J., Lamont, B., Paula, S., Apezizado da Glória, B., & Fidelis, A. (2018). Unearthing belowground bud banks in fire prone ecosystems. *New Phytologist*, 217(4), 1435-1448. <https://doi.org/10.1111/nph.14982>
- Placci, G., & Holz, S. (2005). Patrón del paisaje de bosques del Chaco Oriental. En: M. Arturi, J. Frangi, & J. Goya (Eds.), *Ecología y manejo de los bosques de Argentina*. Universidad Nacional de La Plata.
- Pott, V., & Pott, A. (1994). *Plantas do Pantanal*. Embrapa-Centro de Pesquisa agropecuaria do Pantanal. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1995000400015>
- Ribeiro, S., & Brown, V. (2002). Tree species monodominance or species-rich savannas? The influence of abiotic factors in designing plant communities of the Brazilian cerrado & Pantanal Matogrossense: a review. *Ecotropica*, 8(1), 31-45. <https://doi.org/10.4257/oeco.2012.1604.09>
- Ribeiro, L., Barbosa, E. R. M., Van Langevelde, F., & Borghetti, F. (2015). The importance of seed mass for the tolerance to heat shocks of savanna and forest tree species. *Journal of Vegetation Science*, 26(6), 1102-1111. <https://doi.org/10.1111/jvs.12314>
- San Martín, R., Ottlé, C., & Sörensson, A. (2023). Fires in the South American Chaco, from dry forests to wetlands: response to climate depends on land cover. *Fire Ecology*, 19(57), <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00212-4>
- Santos, D., Sugahara, V., & Takaki, M. (2005). Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Tabebuia serratifolia* (Vahl) Nich, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl. e *Tabebuia roseo-alba* (Ridl). *Ciência Florestal*, 15(1), 87-92. <https://doi.org/10.5902/198050981826>
- Sousa, A. de. (1993). Morfologia, desenvolvimento e anatomia de *Tabebuia caraiba* (mart.) Bur. - Bignoniaceae [Tesis doctoral, Universidad de Sao Paulo]. <https://repositorio.usp.br/item/000736966>
- Valverde-Rodríguez, K., Morales, C., & García, E. (2019). Germinación de semillas de *Crescentia alata* (Bignoniaceae) en distintas condiciones de temperatura, luminosidad y almacenamiento. *Revista de Biología Tropical*, 67(2), 120-131. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i2SUPPL.37211>
- Zak, M., Cabido, M., & Hodgson, J. (2004). Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future?. *Biological Conservation*, 120(4), 589-598. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.034>
- Zapater, M., Califano, L., Del Castillo, E., Quiroga, M., & Lozano, E. (2009). Las especies nativas y exóticas de *Tabebuia* y *Handroanthus* (Tecomaeae, Bignoniaceae) en Argentina. *Darwiniana*, 47(1), 185-220. <https://doi.org/10.14522/darwiniana.2014.471.281>

Manuscrito recibido el 01 de junio de 2024

Aceptado el 24 de septiembre de 2025

Publicado el 15 de diciembre de 2025

Este documento se debe citar como:

Spagarino, C. R., Bravo, S. J., & Cellini, J. M. (2025). Rasgos funcionales y potencial germinativo de semillas de *Tabebuia aurea*, Bignoniaceae, en el límite austral de su distribución. *Madera y Bosques*, 31, e312686. <https://doi.org/10.21829/myb.2025.312686>



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.