



Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. Ingeniería Agronómica

Estudiante
Sergio Simón Roediger

Crecimiento y partición de materia seca en plantines de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. en el cultivo bajo dosel

**Trabajo Integrador Final presentado para obtener el título de
“Ingeniero Agrónomo”**

Orientador
Dr. Fermín Gortari
Co- Orientador
Ing. Ftal. Emanuel Alasia

Junio 2025

Eldorado (Misiones, Argentina)



Esta obra está licenciado bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE MISIONES**



**FACULTAD
DE CIENCIAS
FORESTALES**

TRABAJO INTEGRADOR FINAL

Ingeniería Agronómica

Título

Crecimiento y partición de materia seca en plantines de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. en el cultivo bajo dosel

Estudiante

ROEDIGER, Sergio Simón

Orientador

Dr. GORTARI, Fermín

Co-orientador

Ing. Ftal. ALASIA, Emanuel

Eldorado

Argentina

Junio de 2025

Autor ROEDIGER Sergio Simón: Estudiante de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* simonroediger21@gmail.com

Orientador Dr. GORTARI Fermín: Profesor Adjunto, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* fermin.gortari@fcf.unam.edu.ar

Co-orientador Ing. Ftal. ALASIA, Emanuel: Ayudante de Primera, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni N° 124, Eldorado, Misiones, Argentina. C.P. 3380. *Email:* emanuel.alasia@fcf.unam.edu.ar

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
SUMMARY	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. HIPÓTESIS.....	9
3. OBJETIVO GENERAL.....	9
4. OBJETIVOS PARTICULARES	10
5. MATERIALES Y MÉTODOS	10
5.1. Caracterización del sitio.....	10
5.2. Preparación del ensayo	10
5.3. Diseño	11
5.4. Caracterización del componente forestal	11
5.5. Análisis estadístico.....	12
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
7. CONCLUSIONES	21
8. BIBLIOGRAFÍA	22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Valores promedios iniciales obtenidos de 12 plantines de <i>Ilex paraguariensis</i>	11
Tabla 2.	Caracterización del dosel de especies forestales de los tratamientos.....	11
Tabla 3.	Criterio de Información de Akaike para las dos distribuciones evaluadas.	13
Tabla 4.	Resumen de medidas estadísticas de las variables analizadas	14
Tabla 5.	Comparaciones respecto al tratamiento control	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Diámetro del cuello (mm pl ⁻¹) de plantines de yerba mate.....	15
Figura 2.	Altura (cm pl ⁻¹) de plantines de yerba mate.....	16
Figura 3.	Materia Seca total (g pl ⁻¹) de plantines de yerba mate.....	17
Figura 4.	Peso Seco de raíces (g pl ⁻¹) de plantines de yerba mate.	18
Figura 5.	Peso Seco de hojas (g pl ⁻¹) de plantines de yerba mate..	19
Figura 6.	Peso Seco de tallos (g pl ⁻¹) de plantines de yerba mate..	20

RESUMEN

En el contexto climático actual, es apropiado adoptar técnicas en los yerbales que contemplen productividad y sostenibilidad. La yerba mate, posee su capacidad fotosintética adaptada al sombreado siendo apta para la agrosilvicultura. En Argentina, se cultiva en la provincia de Corrientes y Misiones siendo cultural y económicamente importante. El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento y cambios en la partición de materia seca en plantines de yerba mate bajo el dosel de diferentes especies nativas y exóticas en comparación con plantines en monocultivo. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con seis tratamientos: monocultivo de yerba mate (control) y yerba mate bajo el dosel de especies: Cedro Australiano (*Toona ciliata*), Grevilea (*Grevillea robusta*), Cañafistula (*Peltophorum dubium*), Anchico Colorado (*Parapiptadenia rigida*) y Loro Negro (*Cordia trichotoma*). Los resultados, obtenidos tras nueve meses de ensayo en condiciones de campo, indicaron que el dosel de Cañafistula y Loro Negro favorecieron significativamente el desarrollo de los plantines en altura, DAC y peso seco total en comparación a los demás tratamientos. Estos árboles generaron un microambiente más favorable reduciendo así el estrés. En contraste, el monocultivo presentó el menor rendimiento en todas las variables evaluadas. Los datos sugieren que la sombra parcial mejora el desarrollo inicial de la yerba mate, posicionando a los sistemas agroforestales como una estrategia productiva y sostenible a largo plazo.

Palabras clave: yerba mate, sistemas agroforestales, radiación, monocultivo, crecimiento inicial.

SUMMARY

In the current climate, it is appropriate to adopt techniques in yerba mate plantations that balance productivity and sustainability. Yerba mate, with its photosynthetic capacity adapted to shade, is suitable for agroforestry. In Argentina, it is cultivated in the provinces of Corrientes and Misiones where it plays a key cultural and economic role. The objective of this study was to evaluate growth and changes in dry matter partitioning in yerba mate seedlings under the canopy of different native and exotic species compared to seedlings grown in monoculture. A completely randomized experimental design (CRD) was used with six treatments: yerba-mate monoculture (control) and yerba-mate under the canopy of species: Australian Cedar (*Toona ciliata*), Grevilea (*Grevillea robusta*), Cañafistula (*Peltophorum dubium*), Anchico Colorado (*Parapiptadenia rigida*) and Loro Negro (*Cordia trichotoma*). The results, obtained after nine months of testing in real field conditions, indicated that the canopy of Cañafistula and Loro Negro significantly favored the development of seedlings in height, DAC and total dry weight compared to the other treatments. These trees generated a more favorable microenvironment thus reducing stress. In contrast, the monoculture showed the lowest yield in all the variables evaluated. The data suggests that partial shade improves the initial development of yerba mate, positioning agroforestry systems as a productive strategy and sustainable in the long term.

Key words: yerba mate, agroforestry systems, radiation, monoculture, initial growth.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de cambio climático actual, resulta necesaria la implementación de técnicas que garanticen un equilibrio entre la productividad y la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas productivos (Montagnini, 2012). En zonas tropicales y subtropicales, existen ambientes frágiles que, transformados en monocultivos quedan desprotegidos frente a los incrementos de temperatura y periodos de sequía cada vez más frecuentes; siendo oportuno el cultivo en sistemas agroforestales a modo de mitigar estos efectos (Da Matta y Rodríguez, 2007).

La agrosilvicultura, refiere a la combinación intencional de diversas especies aprovechables, en un espacio común, y manejadas sucesivamente en el tiempo (Nair, 1993), dando lugar a un arreglo de cultivo complejo, pero más estable que un monocultivo. Entre sus beneficios podemos citar: la protección del suelo, regulación de la temperatura y conservación del agua, entre otros (Baggio et al., 2011; Lacerda et al., 2020; Montagnini et al., 2015).

La yerba mate es una especie arbórea endémica del continente sudamericano, su distribución está definida dentro de la Selva Paranaense ubicada en una zona limítrofe entre los países Argentina, Brasil, Paraguay y ocasionalmente se la puede encontrar en Uruguay (Burgos y Medina, 2017; Burtnik, 2006; Caron et al., 2014; Giberti, 2011). Tradicionalmente, es apreciada por sus hojas que son procesadas y consumidas en infusiones calientes como el mate o frías como el tereré (Gregianini y Winge, 2019). En las últimas décadas, varios autores han identificado diferentes compuestos químicos presentes en la yerba mate responsables de generar beneficios para la salud como su capacidad antioxidante, diurética, pérdida de peso y efectos cardioprotectores (De Vasconcellos et al., 2022).

Originario del sotobosque, este árbol adaptó su capacidad fotosintética a ambientes sombreados, en un contexto de luz y humedad que regulan los estratos superiores (Kostlin et al., 2011). En Argentina, la zona agroecológicamente apta para el cultivo se concentra en la región nordeste (Prat Kricun, 2008) involucrando a las provincias de Corrientes y Misiones en la cadena productiva con una superficie total plantada de 230.256 ha (INYM, 2024). Convirtiéndose así en un producto de gran importancia cultural y económica para la región (Gallero, 2019). Los rendimientos son muy variables de acuerdo con la densidad de plantación, edad del cultivo y tecnología aplicada; estos rindes van desde 4000 hasta los 7000 kg ha⁻¹ de hoja verde (Kurtz et al., 2014).

Según Motta et al. (2020), se pueden identificar dos modelos de producción con sus variantes. Por un lado, los sistemas agroforestales donde la yerba mate crece bajo la cobertura del dosel superior y, por el otro, el modelo tradicional: el monocultivo. Estas plantaciones de una sola

especie pueden tener reducida su capacidad de adaptación a cambios en el entorno, ya que dependerán solo de su plasticidad fenotípica (Mexal, 2012; Talavera Stéfani, 2021).

Al ser un cultivo perenne, su desarrollo inicial será determinante en los resultados a largo plazo, por lo que establecer un yerbal implica una inversión significativa, tanto en costos como en labores de cuidado fundamentalmente los primeros años (Hanish y Stiebler, 2023). Si bien, en su etapa adulta tolera una exposición lumínica total, durante su fase juvenil requiere condiciones lumínicas más controladas (Magri et al., 2022). Para que los plantines sean más tolerantes al entorno es necesaria la rustificación; esta se realiza en la etapa final de vivero mediante una disminución del riego y exposición progresiva a mayor luminosidad (Capellari, 2017; Eibl et al., 2022). Por otra parte, inmediato a la plantación se las protege mediante el sombreado o emponchado, situando el “poncho” en sentido noroeste a fin de evitar la insolación directa. De esta manera, se reduce la mortandad de plantines y en consecuencia los costos de replantes (Burgos y Medina, 2017; Burtnik, 2006; Llera y Medina, 2017).

En los cultivos monoespecíficos, la exposición directa a la radiación solar genera condiciones estresantes y un aumento en la demanda evapotranspirativa, dado que carece de la regulación que encontraría bajo el dosel (Al-Namazi y Bonser, 2020; Moretti, 2019). Al no poder mitigar el exceso de luz puede causar daño a los tejidos foliares, lo que se traduce en una baja de crecimiento y rendimiento (Da Matta et al., 2018; Roeber et al., 2021).

Otro factor significativo es el estrés hídrico, en este contexto las plantas experimentan rápidamente un declive en la fotosíntesis y en la conductancia estomática, lo que conduce a una disminución en la biomasa total, una reducción del área foliar, e incluso defoliación (Yin et al., 2005). En los meses más cálidos, existe mayor demanda evapotranspirativa, por lo tanto, aumentaría el riesgo de estrés siendo más acentuado en plantaciones nuevas, debido a la escasa exploración radical que imposibilita el acceso a reservas de la superficie (Zelada Cardozo y Gonzalez Villalba, 2019). Al mismo tiempo, los factores estresantes están relacionados y se pueden dar en simultaneo; el estrés hídrico puede agravar el daño al sistema fotosintético ocasionado por la sobreexposición a la luz (Coubier y Pierik, 2019).

Un estudio realizado en Rio Grande do Sur (Brasil) por Pes et al. (1995), compararon el desarrollo de plantines de yerba mate bajo *Pinus sp.*, *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga) y en monocultivo (sin quitar la vegetación espontanea); concluyeron que el desarrollo fue mejor con una asociación de doseles superiores. En otro ensayo en Santa Catarina, compararon el crecimiento de la yerba mate bajo diferentes porcentajes de cobertura en zonas de reservas, los resultados demuestran que una falta de poda tanto de los árboles como de la yerba mate y un exceso de sombra es contraproducente para el sistema (Stiebler et al., 2021). Otros estudios en cuanto a crecimiento

y materia seca en hojas señalan que la producción no disminuye si se mantiene un rango entre el 40 y 60 % de luminosidad (Mazuchowski et al., 2007; Sansberro et al., 2002, 2004).

En las últimas décadas se han implementado programas de mejoramiento genético, productivo y nutricional, en su mayoría orientados al monocultivo (Villagra et al., 2023). Sin embargo, un relevamiento indica que existe alrededor de un 13 % del total de la superficie de yerbales con arborización de especies nativas o exóticas (INYM, 2025), un indicio positivo para continuar con este tipo de investigaciones.

Aunque se ha avanzado en modelos sostenibles de producción, los antecedentes de yerba mate en sistemas agroforestales aún son incipientes; existen estudios sobre rendimientos, en yerbales ya establecidos (Caron et al., 2014; Eibl et al., 2000; Ilany et al., 2010), propiedades nutricionales (Rachwal Gluck et al., 2002) y beneficios a la salud (Thea y Schmalko, 2017) siendo limitado los conocimientos en aspectos como el desarrollo inicial, o la capacidad de los plantines para adaptarse bajo el dosel de otras especies a nivel local. La falta de información motivó la realización de este trabajo para analizar en profundidad estos temas y contribuir al desarrollo sostenible de la yerba mate.

2. HIPÓTESIS

Los plantines de yerba mate cultivados en condiciones de monocultivo presentan una menor acumulación de biomasa, tanto en la parte aérea como en el sistema radical, en comparación con aquellos desarrollados bajo el dosel de especies forestales. Esta diferencia se atribuye a la mayor exposición a la radiación solar y a un aumento en la demanda evapotranspirativa, que podrían afectar negativamente la eficiencia fisiológica y el desarrollo de la planta.

3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento y cambios en la partición de materia seca en plantines de yerba mate bajo el dosel de diferentes especies nativas y exóticas en comparación con plantines en monocultivo con el fin de aportar información relevante para optimizar estrategias de cultivo y mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

4. OBJETIVOS PARTICULARES

- ◆ Determinar la altura total y DAC de los plantines de yerba mate bajo diferentes condiciones de sombra al cabo de nueve meses de establecido el ensayo.
- ◆ Determinar la materia seca en raíces, tallos y hojas de los plantines de yerba mate.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Caracterización del sitio

El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento El Rocío S.A., Lote N.º 12, localizado en Santo Pipó (S 27°08'32.85'', W 55°23'42.61'') departamento de San Ignacio, provincia de Misiones, Argentina. El sitio fue implantado y desde 2010 se lleva adelante como un sistema agroforestal, donde el principal componente del sistema es la yerba mate, además de otras especies forestales nativas y exóticas que conforman el dosel superior.

La plantación de yerba mate es de alta densidad (1.5 m x 1.5 m) con material genético policlonal (INTA). Cada parcela del yerbal posee 2835 m² (90 m de largo x 31,5 m de ancho) con 15 hileras de árboles de yerba mate distanciados a 1,5 m y cada 5 líneas se encuentra un camino de cosecha de 3 m. Las especies forestales fueron plantadas en la fila de yerba 3, 8 y 13 respectivamente, conformando una densidad de plantación inicial de 740 plantas ha⁻¹ (9 m x 1,5 m). En el año 2021, cuando se instaló el ensayo, existía un dosel superior bien formado por las copas de los árboles los cuales tenían en ese momento una edad de 11 años. El suelo del lugar se caracteriza por presentar suelos profundos, ácidos y bien drenados de textura arcillosa. Todas las labores culturales desarrolladas en el sistema son realizadas por igual y manteniendo siempre el suelo protegido con cubiertas verdes.

5.2. Preparación del ensayo

Consistió en colocar cada plantín dentro de una maceta de 10 litros rellena de tierra colorada y en marzo de 2021 se las instaló en los caminos de cosecha. Para el ensayo se contó con plantines de 6 meses de edad (material genético policlonal INTA), homogéneos en cuanto a desarrollo, sanidad y nutrición. Una vez establecidos en las macetas no recibieron riego suplementario, por lo que el estado hídrico del suelo y de los plantines dependía de las condiciones climáticas.

Al inicio del ensayo, se seleccionaron de forma aleatoria 12 plantines de yerba mate y se determinaron las siguientes medidas: la altura total (H) con una cinta métrica (cm) y el diámetro

de cuello (DAC) con un calibre (mm). Además, se colocaron en una estufa a 60 °C hasta peso constante y así determinar el peso seco (g) por compartimentos hojas (PSH), tallos (PST) y raíces (PSR), así como el peso seco total (PSTT) para establecer un valor promedio inicial de referencia (Tabla 1). El ensayo se concluyó en diciembre de 2021 (9 meses), donde se midieron todas las plantas. Repitiéndose las mediciones antes descriptas en cada uno de los plantines.

Tabla 1. Valores promedios iniciales obtenidos de 12 plantines de *Ilex paraguariensis*.

H (cm)	DAC (mm)	PS hojas (g)	PS raíz(g)	PS tallo (g)	PSTT (g)
19,23	3,23	0,90	0,41	0,36	1,66

5.3. Diseño

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 6 tratamientos y 30 repeticiones (plantines) por tratamiento, siendo los tratamientos los siguientes:

Control: Plantines de yerba mate en monocultivo.

Cedro: Plantines de yerba bajo cobertura de Cedro Australiano (*Toona ciliata* M. Roem.).

Grevillea: Plantines de yerba bajo cobertura de Grevillea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.).

Cañafístula: Plantines de yerba mate bajo cobertura de Cañafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.).

Anchico: Plantines de yerba bajo cobertura de Anchico Colorado (*Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan.).

Loro: Plantines de yerba bajo cobertura de Loro Negro (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud.).

5.4. Caracterización del componente forestal

Para caracterizar el dosel de especies forestales, se utilizaron las siguientes variables: densidad (plantas ha⁻¹), diámetro a la altura del pecho (DAP, cm), área basal (m² ha⁻¹) (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización del dosel de especies forestales de los tratamientos.

Tratamiento	Familia	Distribución	Densidad (Plantas h ⁻¹)	DAP (cm)	AB (m ² h ⁻¹)
Cedro	Meliaceae	Exótica	57	37.2	24.8
Grevillea	Proteaceae	Exótica	64	30.8	19.6
Loro	Boraginaceae	Nativa	70	23.6	12.8
Cañafístula	Fabaceae	Nativa	60	23.7	10.8
Anchico	Fabaceae	Nativa	55	23.9	10.0

5.5. Análisis estadístico

El diseño experimental presentó un desbalance debido al robo y la mortalidad de plantines, lo que resultó en una diferencia en el número de repeticiones por tratamiento. Para abordar esta situación, se emplearon Modelos Lineales Generalizados (GLM), los cuales permiten analizar datos desbalanceados sin asumir homogeneidad de varianzas ni normalidad de los errores, lo que los hace más adecuados para este estudio.

Para cada variable evaluada, se ajustaron modelos considerando las distribuciones Normal y Gamma. La selección del modelo más apropiado se realizó en base al Criterio de Información de Akaike (AIC), eligiendo aquel con el menor valor de AIC (Tabla 3). En los modelos con distribución Gamma se utilizó una función de enlace logarítmica (log), mientras que en los modelos con distribución Normal se aplicó una función de enlace identidad (identity). La estimación de los parámetros se llevó a cabo por el método de Máxima Verosimilitud (ML).

Por último, la comparación de medias entre tratamientos se efectuó mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se exhiben los valores de AIC obtenidos para cada variable medida en los distintos tratamientos, proporcionando una referencia objetiva sobre el ajuste de cada modelo. Aunque en algunos casos la diferencia entre los valores de AIC es mínima, se seleccionó el modelo con el menor valor, garantizando un análisis estadístico más preciso y representativo de la distribución de los datos.

Tabla 3. Criterio de Información de Akaike para las dos distribuciones evaluadas.

Variable	AIC	
	Gaussian	Gamma
DAC	250,48	248,97
H	817,82	822,27
PSR	43,88	39,63
PST	259,55	255,26
PSH	389,90	141,63
PSTT	499,48	465,96

Con el fin de exponer la variabilidad de los datos y sus características, para cada una de las variables se presenta la Tabla 4 donde se sintetiza valores obtenidos de cada medida en cada tratamiento observándose los valores estadísticos descriptivos para cada variable analizada. Este análisis, proporcionó una primera aproximación a la distribución de los datos, observándose que la cantidad de muestras varió entre tratamientos. Expone una variabilidad tanto en la distribución de cada variable como entre tratamientos. También se notó que en algunos tratamientos existe una mayor dispersión de los datos. Por último, se pudo observar que el tratamiento control, en todas las variables analizadas los valores de la media están por debajo de al menos un tratamiento bajo dosis.

Tabla 4. Resumen de medidas estadísticas de las variables analizadas indicando la cantidad de muestras (n), media (\bar{x}), desviación estándar (D.E.), valores mínimos (Min.) y máximos (Max.).

Tratamientos	Variable	n	\bar{x}	D.E.	Mín.	Máx.
Control	DAC (mm)	26	3,87	0,8	2,74	5,66
	H (cm)	26	24,36	8,38	9	41
	PSR (g)	26	0,58	0,22	0,28	0,99
	PST (g)	26	1,48	0,67	0,33	3,13
	PSH (g)	26	0,27	0,5	0,01	2,22
	PSTT (g)	26	2,33	1,15	0,62	4,73
Loro Negro (<i>Cordia trichotoma</i>)	DAC (mm)	26	4,22	0,72	2,95	5,53
	H (cm)	26	26,04	5,41	13,5	35
	PSR (g)	26	0,75	0,3	0,19	1,26
	PST (g)	26	1,93	0,81	0,46	3,51
	PSH (g)	26	1,49	1,52	0,01	4,72
	PSTT (g)	26	4,17	2,4	0,65	9,49
Grevilea (<i>Grevillea robusta</i>)	DAC (mm)	11	3,59	0,35	3,27	4,35
	H (cm)	11	25,59	4,81	18	33
	PSR (g)	11	0,58	0,21	0,28	1,03
	PST (g)	11	1,53	0,46	0,92	2,47
	PSH (g)	11	1,41	0,88	0,01	2,61
	PSTT (g)	11	3,52	1,43	1,2	6,11
Cañafistula (<i>Peltophorum dubium</i>)	DAC (mm)	19	4,38	0,53	2,9	5,06
	H (cm)	19	31,47	8,24	18,5	45
	PSR (g)	19	1,05	0,35	0,52	1,63
	PST (g)	19	2,09	0,76	1,08	3,46
	PSH (g)	19	1,17	1,48	0,01	4,47
	PSTT (g)	19	4,31	2,13	2,15	8,46
Anchico Colorado (<i>Parapiptadenia rigida</i>)	DAC (mm)	17	3,46	0,59	2,54	4,6
	H (cm)	17	23,32	4,56	16	34
	PSR (g)	17	0,64	0,28	0,17	1,11
	PST (g)	17	1,36	0,62	0,47	2,72
	PSH (g)	17	1,04	1,02	0,01	2,91
	PSTT (g)	17	3,04	1,69	0,97	6,56
Cedro Australiano (<i>Toona ciliata</i>)	DAC (mm)	23	4,24	0,63	2,99	5,31
	H (cm)	23	27,35	6,46	14	39
	PSR (g)	23	0,77	0,28	0,35	1,58
	PST (g)	23	1,83	0,58	0,76	3,06
	PSH (g)	23	0,75	1,12	0,01	3,52
	PSTT (g)	23	3,35	1,62	1,11	7,29

Los resultados de las mediciones de los plantines de yerba mate respecto al DAC señalaron que existen diferencias significativas ($p = 0,0001$, Figura 1). Bajo el dosel de Cañafistula se obtuvo una media de 4,38 mm pl⁻¹ diferenciándose respecto al control con una media de 3,87 mm pl⁻¹. Los tratamientos Cedro y Loro negro tuvieron una respuesta superior al control, pero no de manera significativa, con un promedio de 4,24 mm pl⁻¹ y 4,22 mm pl⁻¹ respectivamente. Por otra parte, los

menores valores obtenidos fueron Grevilea y Anchico, estos tuvieron valores medios de 3,59 mm pl⁻¹ y 3,46 mm pl⁻¹.

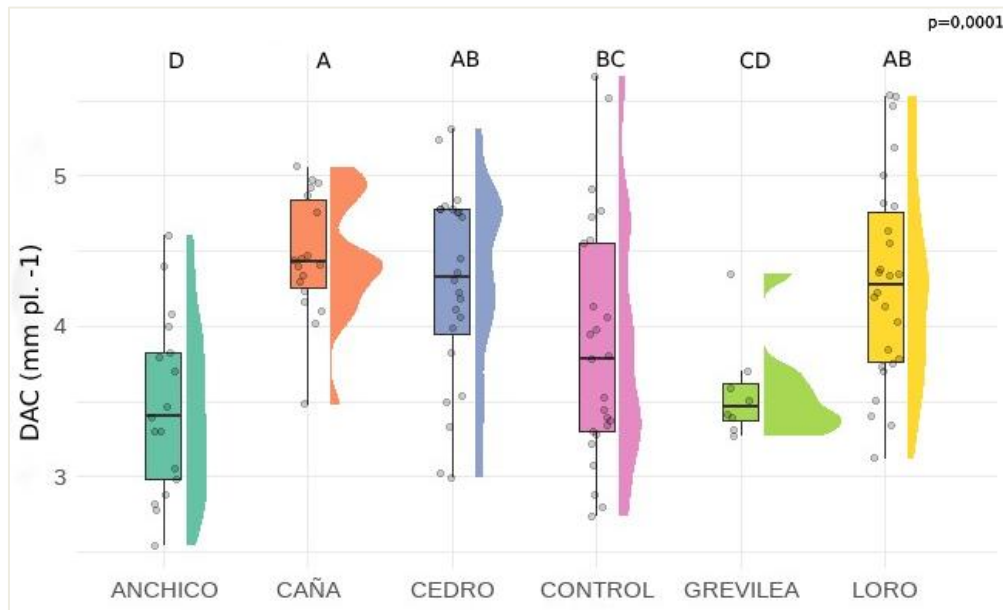


Figura 1. Diámetro del cuello (mm pl⁻¹) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En los viveros suele utilizarse la medida del DAC como un indicador predictivo de supervivencia y buen desarrollo de los plantines (Eibl et al., 2022). Este valor se lo relaciona con la capacidad de formar un buen desarrollo radical capaz de soportar el establecimiento a campo. En coincidencia, Pes et al. (1995) observaron un mayor desarrollo en el DAC de plantines de yerba mate bajo dosel, si bien el experimento fue realizado en consorcio con *Bracatinga* (*Mimosa scabrella* Benth.), diferenciándose de los arreglos con *Pinus sp.* y monocultivo. Este mejor desempeño se atribuye a una menor competencia por luz, humedad y nutrientes regulado por la canopia. De manera similar, el dosel de Cañafistula, Cedro y Loro podría haber proporcionado un sombreado parcial que beneficia a los plantines, reduciendo el estrés lumínico y favoreciendo un crecimiento más vigoroso. Otros autores afirman que un sombreado moderado puede ser beneficioso para el desarrollo inicial (Fermino Junior y Fockink, 2017; Medrado et al., 2000), debido a que en su fase juvenil se considera una especie umbrófila. Sin embargo, la intensidad y calidad de la luz, así como las características propias de cada especie, juegan un papel crucial en el sistema (Fermino Junior y Fockink, 2017), lo que explicaría los resultados de los plantines bajo especies como Grevilea y Anchico.

Al analizar la altura de los plantines (Figura 2), hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p = 0,0053$). Cañafistula tuvo la mayor respuesta con una media de 31,4 cm pl⁻¹. Los

tratamientos de menor respuesta fueron: el Control con 24,36 cm pl⁻¹ y Anchico 23,32 cm pl⁻¹. Los individuos de yerba mate presentes en áreas sombreadas tienden a presentar un mayor porte en altura a comparación con áreas a pleno sol (Pereira, 2021; Pes et al., 1995). En un estudio con plantines de *Cabralea canjerana*, otra especie nativa de la región; se observó que inicialmente las plantas bajo el canopeo fueron más altas y delgadas que las dispuestas a pleno sol. Aquellos expuestos a una alta saturación de luz, debieron desarrollar otros mecanismos de adaptación al ambiente en detrimento de un mayor crecimiento (Moretti, 2019).

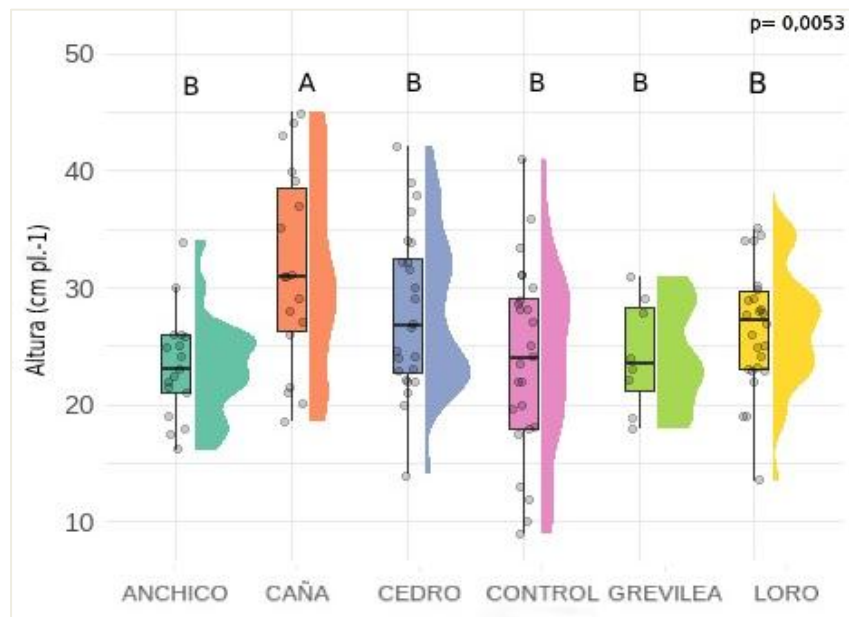


Figura 2. Altura (cm pl⁻¹) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Otro estudio señala que la luminosidad ideal para la producción de yerba mate en sistemas sombreados se encuentra entre el 30 y el 50 % (Rodrigues Vieira et al., 2003) aunque también observaron un mayor crecimiento de plantines de yerba mate con un 60 % a 80 % de sombreado en relación a los dispuestos a sol pleno.

Los resultados indican que la materia seca total varió entre los tratamientos, con un nivel de significancia de $p = 0,0007$ (Figura 3), de los cuales el menor desempeño correspondió al control, el cual difirió estadísticamente de los demás. Destacando Cañafístula 4,31 g pl⁻¹ y Loro 4,17 g pl⁻¹ con la mejor respuesta observada mientras que los demás tratamientos se encuentran en valores intermedios. El control tuvo un promedio de 2,33 g pl⁻¹.

Estudios anteriores han demostrado que el crecimiento en peso seco de la yerba mate es menor bajo radiación directa, al igual que en niveles de sombreado superiores al 70 % afectaron significativamente la producción de materia seca (Salas et al., 2019). Estos hallazgos coinciden

con lo señalado por Mazuchowski et al. (2007), quien reportó una disminución en el peso seco cuando la radiación fotosintéticamente activa se reduce por debajo del 30 %. Asimismo Borges et al. (2019), al evaluar distintos grados de cobertura del dosel, determinaron que un rango de sombra entre el 40 % y 60 % favorece una mayor producción de biomasa foliar comercial. Por otro lado, tanto la calidad del sombreado proporcionado como algunas especies utilizadas como cubierta verde en los yerbales inciden en el peso seco al competir por recursos (De David et al., 2023).

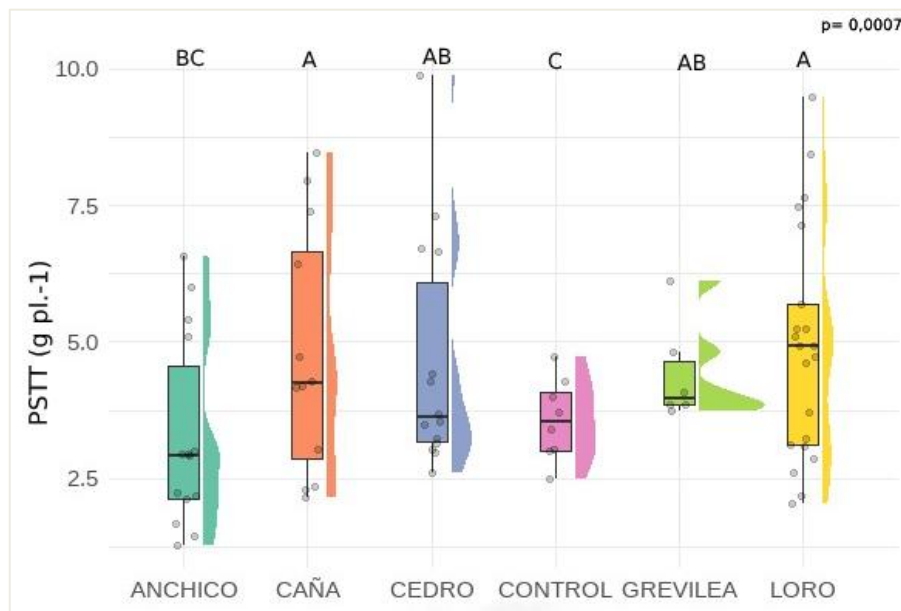


Figura 3. Peso seco total (g pl^{-1}) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La disponibilidad hídrica también es determinante en una producción de peso seco, tanto excedentes como limitantes (Pintro y Vieira Flores, 2003), sugiriendo que las prácticas agroforestales pueden regular el estado hídrico del microambiente si se mantiene un rango adecuado de sombra. Por otra parte, el factor genético puede resultar influyente en la acumulación de materia seca dado que ciertos genotipos tienen una mayor tolerancia independientemente de las condiciones de sombreado (Aguiar et al., 2023). Esto resalta la importancia en la selección del genotipo para la optimización de la producción bajo condiciones específicas de cultivo. El dosel al generar un ambiente más estable reduce el estrés térmico en estaciones cálidas y aumenta la protección en épocas frías, al mismo tiempo que protege el suelo y mantiene la humedad del ambiente lo que explicaría la mayor producción de materia seca de los plantines bajo el dosel de Cañafístula y Loro Negro. Otros resultados con cultivos asociados mostraron mayor conductividad hidráulica y resistencia a la sequía, lo que puede traducirse en una mejor acumulación de materia seca y menor mortalidad bajo condiciones adversas (Villagra et al., 2023). Estos efectos sugieren

que el desarrollo observado en el control puede atribuirse a factores estresantes como la incidencia directa de la radiación solar, este exceso de luz sumado al estrés hídrico, impactan negativamente en las plantas jóvenes que carecen de protección (Nishiyama y Murata, 2014; Sansberro et al., 2004).

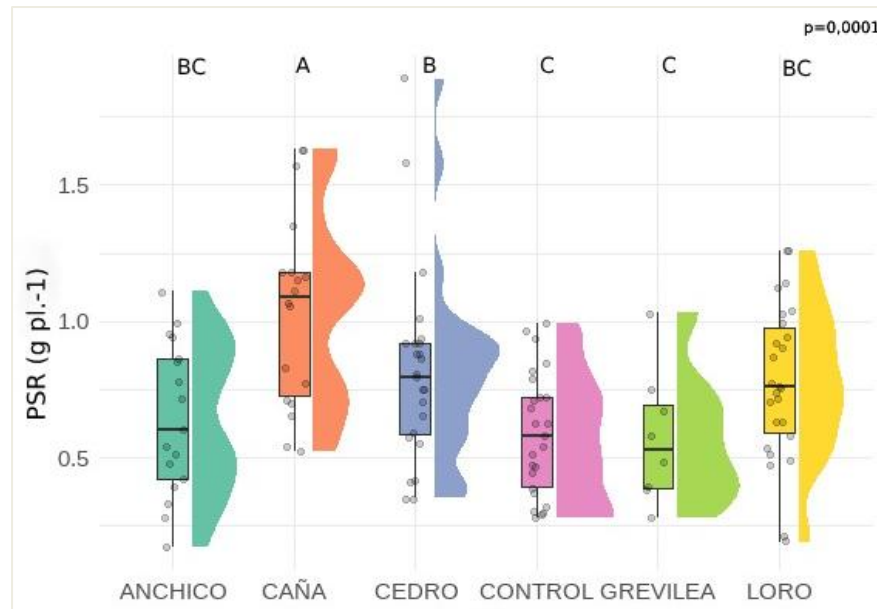


Figura 4. Peso seco de raíces (g pl⁻¹) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En cuanto a los resultados de peso seco obtenidos en la partición de biomasa aérea y radical también revelaron diferencias considerables. El análisis del PSR mostró una alta variabilidad entre las especies evaluadas ($p = 0,0001$), tanto en comparación con el control como entre los tratamientos bajo dosel (Figura 4). Esta variabilidad sugiere respuestas distintas a las condiciones del entorno, posiblemente influenciadas por factores como la disponibilidad de luz y las características de cada especie.

Los tratamientos Cañafistula y Cedro destacaron por presentar el mayor PSR, con promedios de 1,05 g pl⁻¹ y 0,77 g pl⁻¹ respectivamente. Estos resultados indican que la presencia del dosel y las condiciones asociadas al ambiente podrían estar favoreciendo ligeramente el desarrollo radical de plantines en comparación con las condiciones a pleno sol. Seguidamente, Loro y Anchico mostraron un incremento leve en el PSR en comparación con el control, con valores de 0,75 g pl⁻¹ y 0,64 g pl⁻¹ respectivamente. En contraste, el tratamiento control y Grevilea arrojaron la media más baja de PSR, con 0,58 g pl⁻¹. En el caso del control, la menor biomasa radical podría deberse a condiciones de mayor estrés lumínico y térmico en ausencia de un dosel

protector, lo que podría limitar la inversión de carbono en el sistema radical y favorecer el crecimiento aéreo en detrimento de las raíces.

Los resultados obtenidos contrastan con lo reportado por Moretti (2019), en su estudio con *Cabralea canjerana*, donde se observó que las plantas expuestas a sol pleno desarrollaron un mayor peso seco de raíces en comparación con las plantas bajo dosel. Interpretándose como una respuesta de aclimatación para explorar un mayor volumen de suelo y aumentar el abastecimiento de agua ante la alta demanda evapotranspirativa. Asimismo, Da Matta et al. (2018), plantean la importancia del enraizamiento como un mecanismo clave para tolerar una exposición a pleno sol, particularmente en condiciones en las que coinciden el estrés térmico y la sequía. Según los autores, esta combinación puede resultar en pérdida foliar generalizada, muerte de ramas y muerte de raíces. Además, el estrés hídrico, pudo ser más pronunciado en el control (Sansberro et al., 2004), limitando el desarrollo radical, mientras que la sombra proporcionada por los árboles en los sistemas bajo dosel pudo haber mitigado en parte este factor (Medrado et al., 2000; Rodrigues Vieira et al., 2003). Otra posible causa que pudo afectar la acumulación de materia seca en raíces es el tipo de material de las macetas, ya que estas se encontraban por encima de la superficie y no enterradas o cubiertas, algo que puede ser relevante tener en cuenta para este tipo de estudios (Walter et al., 2022).

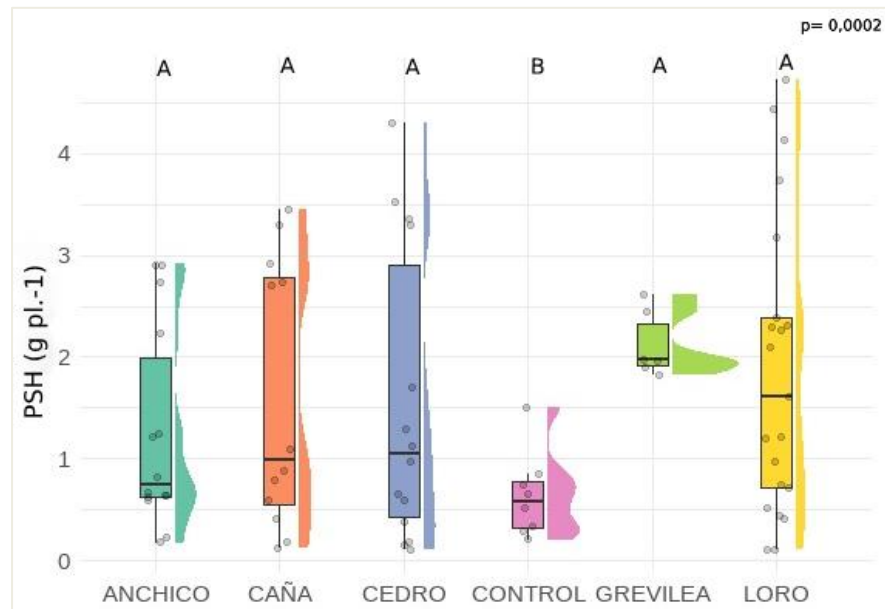


Figura 5. Peso seco de hojas (g pl^{-1}) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En cuanto a la biomasa aérea, los resultados demostraron que los plantines de yerba mate desarrollaron significativamente PSH ($p = 0,0002$, Figura 5) y, en la mayoría de los casos, más

PST bajo la cobertura de los árboles que a pleno sol ($p = 0,0047$, Figura 6). El PST del control fue inferior ($0,27 \text{ g pl}^{-1}$) en comparación con los tratamientos bajo cobertura (Loro Negro $1,49 \text{ g pl}^{-1}$, Grevilea $1,41 \text{ g pl}^{-1}$, Cañafístola $1,17 \text{ g pl}^{-1}$). Para el PST, Cañafístola ($2,09 \text{ g pl}^{-1}$), Loro Negro ($1,93 \text{ g pl}^{-1}$), Cedro ($1,83 \text{ g pl}^{-1}$) y Grevilea ($1,53 \text{ g pl}^{-1}$) superaron al control ($1,48 \text{ g pl}^{-1}$), mientras que Anchico ($1,36 \text{ g pl}^{-1}$) fue levemente inferior al control.

Al simplificar el sistema, se expone a las plantas jóvenes a un estrés ambiental severo, como la radiación solar intensa y estrés hídrico, que limita el desarrollo y puede dañar los tejidos. Se ha reportado que la alta radiación puede causar fotoinhibición y dañar el aparato fotosintético (Medrado et al., 2000; Sansberro et al., 2004).

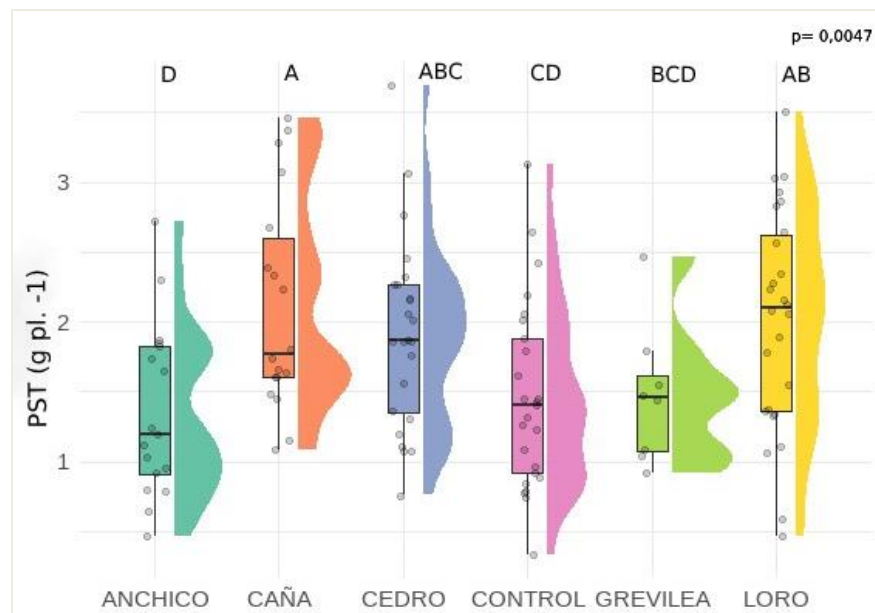


Figura 6. Peso seco de tallos (g pl^{-1}) de plantines de yerba mate. Se indica la distribución de los datos, así como las medias y el error estándar para cada tratamiento. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La menor incidencia de radiación PAR bajo el dosel de los árboles, en comparación con el pleno sol, sugiere que el sombreado mitiga estos factores de estrés, creando un microambiente más favorable para el crecimiento (Rodrigues Vieira et al., 2003). Mas allá de su plasticidad fenotípica, las hojas desarrolladas bajo mayor luminosidad tienden a mostrar adaptaciones como una mayor densidad y distribución estomática (Rakocevic et al., 2007). Sin embargo, una luminosidad excesiva puede reducir la eficiencia de conversión de biomasa por saturación lumínica (Nishiyama y Murata, 2014).

La mayor masa de hojas en ambientes de sombra podría estar relacionada con una menor deshidratación y adaptaciones morfológicas foliares a la luz (Da Matta et al., 2018; Fermino Junior y Fockink, 2017; Rodrigues Vieira et al., 2003). Así mismo, Gortari et al. (2023) encontró que

yerba mate bajo la cobertura de Loro Negro generó más materia seca de hojas por planta en relación con el control, lo que podría estar relacionado con una menor inversión en el sistema radical para soportar un mayor crecimiento aéreo.

Tabla 5. Comparaciones respecto al tratamiento control. Siendo: igual (=), menor (-), mayor (+).

	Loro Negro	Grevilea	Cañafistula	Anchico Colorado	Cedro Australiano
DAC	=	=	+	-	=
Altura	=	=	+	=	=
PS raíz	=	=	+	=	+
PS tallo	+	=	+	=	=
PS hojas	+	+	+	+	+
PS total	+	+	+	=	+

A modo de resumen, se presenta la Tabla 5, donde se indica el desempeño de cada especie en relación al tratamiento control. Puede observarse que el desarrollo de los plantines de yerba mate varió significativamente según el tipo de cobertura arbórea. Todos los tratamientos superaron al control en la acumulación del peso seco de hojas, indicando un efecto positivo del dosel sobre esta variable. Los plantines bajo el dosel de Anchico Colorado mostraron un comportamiento más moderado, sin un incremento global significativo. En cambio, el tratamiento Cañafistula se destacó como una de las coberturas más beneficiosas, con incrementos consistentes en los parámetros evaluados. Por su parte, Grevilea, Cedro Australiano y Loro Negro destacaron en la acumulación de biomasa aérea, manteniéndose al margen en las demás variables medidas.

7. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la cobertura arbórea influyó significativamente en el crecimiento y acumulación de materia seca en la etapa inicial de los plantines de yerba mate.

En términos de crecimiento, la cobertura con Cañafistula promovió el mayor desarrollo en altura y diámetro de cuello de plantines de yerba mate.

Tanto Cañafistula como Loro Negro demostraron los mayores valores en cuanto a la acumulación de materia seca total.

El tratamiento control presentó los menores valores en las variables analizadas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar, N. S. de, Gabira, M. M., Santin, D., Deschamps, C., Helm, C. V., & Wendling, I. (2023). Planting seasons and environments in initial field establishment of yerba mate clonal cultivars in Southern Brazil. *Revista Ceres*, 70(6). <https://doi.org/10.1590/0034-737x202370060006>
- Al-Namazi, A. A., & Bonser, S. P. (2020). Plant strategies in extremely stressful environments: are the effects of nurse plants positive on all understory species? *Journal of Plant Interactions*, 15(1), 233–240. <https://doi.org/10.1080/17429145.2020.1788183>
- Baggio, A. J., Felizarr, S. R., Ruffato, A., & Soares, A. D. O. (2011). Produção do componente arbóreo no sistema agroflorestal da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) em Machadinho, RS. Congreso sudamericano de la yerba mate, 105–110. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/889661>
- Borges, R., Boff, M. I. C., Mantovani, A., & Radomski, M. I. (2019). Effect of cover on the development and production of secondary compounds of *maytenus ilicifolia* and *ilex paraguariensis* in agroforestry systems. *Ciencia Florestal*, 29(4), 1630–1643. <https://doi.org/10.5902/1980509832280>
- Burgos, A. M., & Medina, R. D. (2017). Origen e historia, idas y vueltas de la infusión nacional. En *Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI* (1a. Edición, pp. 13–20). https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27892/RIUNNE_FCA_CL_Burgos-Medina-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Burtnik, O. J. (2006). *Yerba mate: manual de producción* (INTA, Ed.; 3a ed.). INYM. https://www.academia.edu/download/51533312/manual-produccion_de_yerba.pdf
- Capellari, P. L. (2017). Propagación sexual a escala comercial: vivero tradicional y tecnificado. En *Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI* (1a. Edición, pp. 103–112). https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27897/RIUNNE_FCA_CL_Capellari-PL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Caron, B. O., Schmidt, D., Manfron, P. A., Behling, A., Eloy, E., & Busanello, C. (2014). Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. Cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. *Ciência Florestal*, 24(2), 257–265. <https://www.bioline.org.br/pdf?cf14026>
- Courbier, S., & Pierik, R. (2019). Canopy light quality modulates stress responses in plants. *IScience*, 22, 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2019.11.035>
- Da Matta, F. M., Avila, R. T., Cardoso, A. A., Martins, S., & Ramalho, J. C. V. (2018). Physiological and Agronomic Performance of the Coffee Crop in the Context of Climate Change and Global Warming: A Review. En *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 66, Número 21, pp. 5264–5274). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04537>

- Da Matta, F., & Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana*, 113–123. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652007000100013&script=sci_arttext
- De David, P. R., De David, F. A., Toso, J. O., Pasinato, C., Müller, C., Galon, L., & Perin, G. F. (2023). Growth and development of yerba mate seedlings associated with different winter cover species. *Brazilian Journal of Science*, 3(1), 34–42. <https://doi.org/10.14295/bjs.v3i1.430>
- De Vasconcellos, A. C., Frazzon, J., & Zapata Noreña, C. P. (2022). Phenolic Compounds Present in Yerba Mate Potentially Increase Human Health: A Critical Review. En *Plant Foods for Human Nutrition* (Vol. 77, Número 4, pp. 495–503). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11130-022-01008-8>
- Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada, M., & Robledo C.W. (2020). InfoStat. <http://www.infostat.com.ar>
- Eibl, B., Fernandez, R. A., Kozarik, J. C., Lupi, A., Montagnini, F., & Nozzi, D. (2000). Agroforestry systems with *Ilex paraguariensis* (American holly or yerba mate) and native timber trees on small farms in Misiones, Argentina. *Agroforestry Systems*, 48(1), 1–8. <https://doi.org/10.1023/A:1006299920574>
- Eibl, B., González, C., Cortes, J., De la Vega, M., Erbetta, D., Krausemann, H., Ortíz, G., Ortega, M., Kornuta, J., Gnass, F., Ramos, R., Hessler, H., Stej, P., Lorenzon, G., Kiefl, J., Ebert, R., Lecanda, A., Sackser, A., Angermeier, K., & Gasser, N. (2022). Producción de plantines de yerba mate *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL a partir de semillas (Facultad de Ciencias Forestales UNaM, Ed.; 1a. Ed.). <https://www.fcf.unam.edu.ar/modules/uploads/2017/03/DocumentoTecnicoYerba2021.pdf>
- Fermino Junior, P. C. P., & Fockink, G. D. (2017). Anatomía foliar de plantas jóvenes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hill.) sob diferentes niveles de sombreado. *Scientia Agraria Paranaensis*, 16, 335–341. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v16n3p335-341>
- Gallero, M. C. (2019). Cambios y permanencias en la producción de yerba mate: Un estudio desde la historia ambiental en Misiones (Argentina). *Historia ambiental, latinoamericana y caribeña*, 223–257. <http://halacsolcha.org/index.php/halac>
- Giberti, G. C. (2011). La “yerba mate” (*Ilex paraguariensis*, A.) en tempranos escritos rioplatenses de Bonpland y su real distribución geográfica en Sudamérica austral. *Bonplandia*, 20, 203–212. <http://www.jstor.org/stable/41941395>
- Gortari, F., Bulfe, N., Pinazo, M., Azame, A. S., Roediger, S. S., Pires, R. E., & Graciano, C. (2023). ¿La disminución del estrés por exceso de luz mediante la regulación del dosel superior mejora el rendimiento de plantas de yerba mate? *Actas del VIII Congreso Forestal Latinoamericano y V Congreso Forestal Argentino*, 216–218. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/164743>

- Gregianini, T. S., & Winge, H. (2019). Storage protein variability in natural populations of maté (*Ilex paraguariensis*) in Brazil. *Ciência Rural*, 49(2). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180451>
- Hanish, A. L., & Stiebler, L. P. P. de M. (2023). Implantação de sistemas agroflorestais (SAFs) em regiões de clima frio. 175, 24. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BD/article/view/1821>
- Ilany, T., Ashton, M. S., Montagnini, F., & Martinez, C. (2010). Using agroforestry to improve soil fertility: Effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. *Agroforestry Systems*, 80(3), 399–409. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9317-8>
- INYM. (2024). Superfície cultivada por departamentos. <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/estadisticas/superficie-cultivada-por-departamento/3138-2024.html>
- INYM. (2025). Cultivos de yerba mate de la República Argentina (Sistema de Información Geográfica del INYM, Ed.). <https://gis.inym.org.ar/>
- Kostlin, M. R., Kostlin, L. A., & Olalla, N. (2011). El Yvyrareta: la Selva Misionera (Argentina). *Ciencia & Ambiente*, 42, 15–37. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/98080>
- Kurtz, V., Chifarelli, D., Munareto, N., & Korth, S. (2014). Poda de rebaje en plantaciones de yerba mate (*Ilex paraguariensis*): mortandad y productividad. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, 6, 11–17. <https://core.ac.uk/download/pdf/322636323.pdf>
- Lacerda, A. E. B., Hanischff, A. L., & Nimmo, E. R. (2020). Leveraging traditional agroforestry practices to support sustainable and agrobiodiverse landscapes in Southern Brazil. *Land*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/LAND9060176>
- Llera, V., & Medina, R. D. (2017). Plantación y fertilización, Hacia el logro del establecimiento exitoso de las plantas para garantizar una producción sustentable y duradera. En *Yerba mate, reseña histórica y estadística, producción e industrialización en el siglo XXI* (1a ed., pp. 153–168). https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/27900/RIUNNE_FCA_CL_Llena-Medina.pdf
- Magri, E., Zimmer Barbosa, J., Studart Correa, R., Auler, A. C., Valduga, A. T., & Vargas Motta, A. C. (2022). Linking edaphoclimatic conditions with elementary composition of yerba mate leaves in South America. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104360>
- Mazuchowski, J. Z., Texeira da Silva, E., & Maccari, A. J. (2007). Efeito da luminosidade e da adição de nitrogênio no crescimento de plantas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Revista Árvore*, 31(4), 619–627. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000400006>
- Medrado, M. J. S., Lourenço, R. S., Rodigheri, H. R., Dedecek, R. A., Philipovsky, J. F., & Correa, G. (2000). Implantação de ervais. *Embrapa Florestas*, 41, 1–26. www.cnpf.embrapa.br

- Mexal, J. G. (2012). Calidad de plantines: Atributos fisiológicos. En Producción de plantas en viveros forestales (1a. Ed., pp. 41–66). https://rngr.net/publications/produccion-de-plantas-en-viveros-forestales/calidad-de-plantines-atributos-fisiologicos/at_download/file
- Montagnini, F. (2012). Los sistemas agroforestales y su contribución para la mitigación y adaptación al cambio climático. *Revista De La Facultad De Agronomía*, 71, 1–24. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/15058
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio Enrique, Fassola, H., & Eibl, B. (2015). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. En CATIE (Ed.), *Sistemas Agroforestales* (Vol. 402). <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/08/sistemas-agroforestales-funciones-productivas-socioeconomicas-y-ambientales.pdf>
- Moretti, A. P. (2019). Evaluación de la plasticidad fenotípica de una especie nativa de la selva misionera (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.) y determinación de pautas para manejar su regeneración [Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/76391>
- Motta, A. C. V., Barbosa, J. Z., Magri, E., Pedreira, G. Q., Santin, D., Prior, S. A., Consalter, R., Young, S. D., Broadley, M. R., & Benedetti, E. L. (2020). Elemental composition of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A.St.-Hil.) under low input systems of southern Brazil. *Science of The Total Environment*, 736, 139–637. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.139637>
- Nair, P. K. R. (1993). *An Introduction to Agroforestry* (Vol. 23). Kluwer Academic Publishers in cooperation with International Centre for Research in Agroforestry. https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/32_An_introduction_to_agroforestry.pdf?n=161
- Nishiyama, Y., & Murata, N. (2014). Revised scheme for the mechanism of photoinhibition and its application to enhance the abiotic stress tolerance of the photosynthetic machinery. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(21), 8777–8796. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6020-0>
- Pereira, R. G. (2021). Características morfológicas e teores de cafeína e teobromina entre ervais nativos sombreados e a pleno sol [Universidade Estadual do Centro-Oeste]. <https://tede.unicentro.br/jspui/handle/jspui/1734>
- Pes, L., Hoppe, J. M., Storck, L., & Oliveira, O. dos S. (1995). Comportamento da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em consórcio silvicultural. *Ciência Florestal*, 5(1), 19–31. https://core.ac.uk/outputs/231141752/?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1
- Pintro, J. C., & Vieira Flores, F. E. (2003). Crescimento e trocas de Co₂ de plantas jovens de erva-mate cultivadas sob diferentes níveis de disponibilidade de água no solo. *Scientia Agraria*, 4, 35–40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99518008005>

- Prat Kricun, S. D. (2008). Yerba Mate. Guía para la aplicación de buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura (INTA, EEA Cerro Azul). <https://inym.org.ar/descargar/publicaciones/material-de-consulta/guias-y-manuales/2871-guia-para-la-aplicacion-de-buenas-practicas-agricolas-y-buenas-practicas-de-manufactura.html>
- Rachwal Gluck, M. F., Coelho, G. C., Dedecek, R. A., Curcio, G. R., & Schenkel, E. P. (2002). Influência da luminosidade sobre a produção de massa foliar e teores de macronutrientes, fenóis totais, cafeína e teobromina em folhas de erva-mate. *Embrapa Florestas*, 81, 5. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/307453/1/comtec81.pdf>
- Rakocevic, M., José Sales Medrado, M., & José Lavoranti, O. (2007). Leaf gas exchange differences between males and females of yerba-mate. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 54, 37–44. <https://core.ac.uk/reader/45482233>
- Rodrigues Vieira, A. R., De Oliveira Suertegaray, C. E., Heldwein, A. B., Maraschin, M., & Lima Da Silva, A. (2003). Influência do microclima de um sistema agroflorestal na cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 11(11), 91–97. <http://www.sbagro.org/files/biblioteca/1362.pdf>
- Roeber, V. M., Bajaj, I., Rohde, M., Schmülling, T., & Cortleven, A. (2021). Light acts as a stressor and influences abiotic and biotic stress responses in plants. *Plant Cell and Environment*, 44(3), 645–994. <https://doi.org/10.1111/pce.13948>
- Salas, D., Valdez, E., & Fernández, Y. (2019). Aporte al conocimiento del comportamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) bajo condiciones lumínicas naturales en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 24(1), 74–98. <https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.74-98>
- Sansberro, P. A., Mroginski, L. A., & Bottini, R. (2004). Foliar sprays with ABA promote growth of *Ilex paraguariensis* by alleviating diurnal water stress. *Plant Growth Regulation*, 42(2), 105–111. <https://doi.org/10.1023/B:GROW.0000017476.12491.02>
- Sansberro, P. A., Mroginski, L. A., Masciarelli, O. A., & Bottini, R. (2002). Shoot growth in *Ilex paraguariensis* plants grown under varying photosynthetically active radiation is affected through gibberellin levels. *Plant Growth Regulation*, 38, 231–236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1021567614741>
- Stiebler, L. P. P. de M., Siminski, A., Vogt, G. A., & Dos Santos, K. L. (2021). Desenvolvimento inicial e produtividade de *Ilex paraguariensis* em sistema agroflorestal. *Brazilian Journal of Development*, 7(10), 97923–97937. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-217>
- Talavera Stéfani, L. N. (2021). Evaluación genética de poblaciones naturales y cultivos antiguos de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. var. *paraguariensis* (yerba mate) de Argentina y Paraguay [Universidad Nacional del Nordeste]. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/30540>

- Thea, A. E., & Schmalko, M. (2017). Base de Datos Documental Bibliográfica sobre Yerba Mate y Salud.
<https://inym.org.ar/descargar.html?archivo=STh4V3RKUThRb2IKUnVnejkwdW5KQT09>
- Villagra, M., Di Francescantonio, D., Munaretto, N., & Campanello, P. I. (2023). Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) agroforestry systems: intraspecific differences in water relations and hydraulic architecture. *Functional Plant Biology*, 50(7), 585–598.
<https://doi.org/10.1071/FP22300>
- Walter, L. S., Moura, M. M., Gabira, M. M., de Aguiar, N. S., Stuepp, C. A., & Kratz, D. (2022). How Shading and Container Type Influence *Ilex paraguariensis* St. Hil. Seedling Production. *Forest Science*, 68(5–6), 533–539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/forsci/xfac036>
- Yin, C., Wang, X., Duan, B., Luo, J., & Li, C. (2005). Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. *Environmental and experimental botany*, 53(3), 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2004.04.007>
- Zelada Cardozo, N. D. J., & Gonzalez Villalba, J. D. (2022). Guía técnica: cultivo de yerba mate (N. D. J. Zelada Cardozo, Ed.; FCA, UNA).
<https://www.agr.una.py/ebooks/index.php/edifca/catalog/book/17>

**Formulario de autorización de depósito de tesis/trabajo integrador final en la
 Comunidad Ciencias Agrarias del RIDUNaM
 (Repositorio Institucional Digital de la UNaM)**

Por intermedio de la presente, la abajo firmante, AUTOR del trabajo integrador final (grado) titulado **“Crecimiento y partición de materia seca en plantines de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil. en el cultivo bajo dosel”** da FE de la autoría y originalidad de la obra mencionada, que fue dirigido por el Dr. Fermín Gortari y el Ing. Ftal. Emanuel Alasia, presentada y defendida en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones (FCF-UNaM), el 27/06/2025, Acta N° 191335, con el fin de obtener el título de **Ingeniero Agrónomo**.

Tildar según corresponda

- Tesis de Posgrado
 Doctorado Maestría Trabajo Final Integrador
 Tesis de Grado

Derechos patrimoniales

Como autor, expreso mi conformidad en cuanto a la cesión gratuita de los derechos de reproducción y circulación de esta obra, en forma **NO EXCLUSIVA**, a la Facultad de Ciencias Forestales-UNaM. Dicha reproducción y circulación se podrá realizar, una o varias veces, en cualquier soporte, para todo el mundo, con fines sociales, educativos y científicos.





En virtud del carácter no exclusivo de esta cesión, el autor podrá reproducir y comunicar libremente la tesis o trabajo final integrador, a través de los medios que estime oportunos.

Condiciones de acceso en línea

- Autorizo el depósito de la tesis o trabajo final integrador en forma inmediata
 Autorizo el depósito del documento con embargo por el plazo de _____ meses a partir de la defensa de la misma.

Condiciones de uso de la tesis/TFI

Será puesta a disposición pública bajo las siguientes condiciones de uso:

	(BY) Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).
	(NC) No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
	(SA) Permite trabajos derivados — Siempre que se mantenga la misma licencia.
	Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual (by-nc-sa): No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Referencias:

- CC** (Licencias Creative Commons).
BY (Atribución).
NC (No comercial).
SA (Compartir igual).

Dados personales (llenar un cuadro por cada autor)

Apellido y nombre	ROEDIGER, Sergio Simón
Teléfono/Celular	+54 9 3751 54-0782
Correo electrónico	simonroediger21@gmail.com

Se firma la presente en la Ciudad de Eldorado, Misiones a los 27 días del mes de junio de 2025.



Roediger, Sergio Simón

38.147378