

I Congreso **FORESTAL** Paraguay

Innovación y tecnología para un futuro resiliente y sostenible

17 al 19 de setiembre de 2025 | San Lorenzo, Paraguay



Libro de resúmenes del I Congreso Forestal Paraguay

I Congreso FORESTAL Paraguayo

Innovación y tecnología para un futuro resiliente y sostenible



Libro de resúmenes del I Congreso Forestal Paraguayo

Este evento es cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) con el apoyo del FEEI

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo del CONACYT. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de los autores y en ningún caso se debe considerar que refleja la opinión del CONACYT.



Obra publicada bajo [Licencia de Atribución BC-BY 4.0](#)



Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción
2026

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción
Casilla de Correos 1618.
Tel: +59521 585606/09/13
Campus. San Lorenzo, Paraguay.

DATOS INTERNACIONALES DE CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN (CIP)
DPTO. DE BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS / UNA

Congreso Forestal Paraguayo . (1 : 2025 set. 17-19; San Lorenzo, Paraguay).
Libro de resúmenes del I Congreso Forestal Paraguayo. / editores Enrique Benítez
León, Laura Quevedo Fernández, Patricia Elías Dacosta, Delia Ramírez Haedo, Lidia
Pérez de Molas. - San Lorenzo, Paraguay : FCA, UNA, 2025.
179 p. : 29 cm.

ISBN 978-99925-15-14-3
DOI: 10.5281/zenodo.19041165

1. Silvicultura. 2. Ordenación forestal. 3. Tecnología. 4. Industria forestal. 5. Bosque.
6. Biodiversidad forestal. 7. Conservación de la naturaleza. 8. Ciencia forestal. I. Título.

CODFCA 04.26.081

CDD: 634.9

Presentación

El **I Congreso Forestal Paraguayo (ICFP)**, es un evento que no solo celebra el alentador presente forestal del Paraguay, sino que también busca servir como una plataforma para reflexionar sobre el papel de cada actor del sector en el manejo, la gestión y la conservación de los recursos forestales.

EL ICFP se basa en tres ejes temáticos: Silvicultura y Ordenación Forestal, Tecnología e Industrias Forestales y, Bosques y Biodiversidad. En relación a la Silvicultura, hoy se encuentra centrada en plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento, principalmente. En ese contexto, el Paraguay pasó de basar la producción forestal en bosques nativos a desarrollar importantes extensiones de plantaciones forestales, predominando el uso del eucalipto, especialmente por la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas en las que les toca establecerse y desarrollarse; presentando una considerable dinámica de crecimiento que alienta a la posibilidad de implantar ciclos cada vez más cortos y con alta productividad, en comparación otras especies forestales.

Por su parte, la Industria forestal; que también registra un crecimiento considerable, si bien no a lo mejor al mismo ritmo que las plantaciones forestales, aun enfrenta grandes desafíos, como la innovación y el empleo de tecnologías de punta. Además, ese sector enfrenta retos relacionados a la disponibilidad de materia prima de calidad para abastecer de manera continua la demanda de industrias de gran porte, así mismo esto resulta en desafíos que apuntan a lograr una alta eficiencia en todos los procesos de producción y abastecimiento.

En cuanto al manejo y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad relacionada a esta, el componente forestal juega un rol extremadamente importante, migrando de un modelo netamente extractivista del uso de los recursos naturales, en el inicio del siglo pasado, a un modelo de manejo sostenible, desde el último cuarto del mismo siglo. Actualmente, a nivel nacional, y global, se busca recuperar los recursos perdidos y los servicios que estos proporcionan, implementando la restauración forestal, en sus diferentes enfoques, así como de la preservación de los recursos forestales y otros modelos que apuntan a minimizar la presión directa sobre los ecosistemas naturales, principalmente.

El Congreso Forestal Paraguayo, una propuesta de la Carrera de Ingeniería Forestal de la FCA/UNA, busca abordar todos los aspectos arriba mencionados y relacionarlos con la formación de los futuros profesionales y protagonistas que seguirán sosteniendo e impulsando el desarrollo del sector forestal. En ese sentido, la ciencia, la academia, el sector público, el sector privado y las comunidades no pueden seguir buscando sobresalir de manera individual o con acciones aisladas, que finalmente tendrán que converger en la misma senda. El verdadero desarrollo y mejora de las capacidades deberá ser resultado de la unión de las fortalezas individuales para convertirlas en fortalezas colectivas, para que realmente resulten en un verdadero motor de desarrollo nacional.

Finalmente, se destaca el arduo trabajo realizado por los integrantes del comité organizador del ICFP, así como el apoyo de importantes actores del sector forestal, desde los ámbitos: privado, público, organizaciones de la sociedad civil, cooperación internacional, entre otros, quienes confiaron en la iniciativa del primer congreso forestal paraguayo.

Prof.Ing.For. Enrique Benítez León
Coordinador General

Equipo organizador

Coordinación General: Prof.Ing.For. Enrique Benítez León

Responsable Comité Admisión: Ing.For. María Carolina Escobar Ortíz

Integrante: Ing.For. Felicia Zárate Céspedes

Responsable Comité Administración: Prof.Ing.For. Lourdes González Soria

Responsable Comité de Logística: Prof.Ing.For. Lila Gamarra Ruíz Díaz

Integrantes: Prof.Lic. Edgar Martínez Cardozo; Prof.Lic. Laura Chaparro Aguilera;
Prof.Ing.For. Hugo Armando Barua Acosta; Ing.For. Aníbal Esteche Rojas

Responsable Relaciones Públicas y Difusión: Prof.Ing.For. Larissa Rejalaga Noguera

Integrantes: Ing.For. María Carolina Escobar Ortíz; Ing.For. Felicia Zárate Céspedes

Responsable Comité Gira Técnica: Prof.Ing.For. Oscar Vera Cabral

Integrante: Prof.Ing.For. Hugo Armando Barua Acosta

Responsable Comité Científico: Prof. Ing.For. Laura Quevedo Fernández

Integrantes del Comité Científico

Área Bosques y Biodiversidad

Prof.Ing.Agr. Lidia Pérez de Molas
Prof.Ing.For. Larissa Rejalaga Noguera
Prof.Ing.For. Lourdes González Soria
Prof.Lic. Edgar Martínez Cardozo
Prof.Ing.For. Lila Gamarra Ruiz Díaz

Área de Tecnología e Industrias Forestales

Prof.Ing.For. Delia Ramírez Haedo
Ing.For. Felicia Zárate Céspedes
Ing.For. Aníbal Esteche Rojas
Prof.Lic. Laura Chaparro Aguilera

Área de Silvicultura y Ordenación Forestal

Prof.Ing.For. Patricia Elías Dacosta
Prof.Ing.For. Oscar Vera Cabral
Prof.Ing.For. Hugo Armando Barua Acosta
Prof.Ing.For. Maura Isabel Díaz Lezcano
Ing.For. María Carolina Escobar Ortíz

Contenido

Contenido

- Estrategias de conservación y restauración en el Humedal Nacional Terraba-Sierpe **16**
Fabiola Navarro Zúñiga
- Modelo de H-DAP generalizada para plantaciones de *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis en el Chaco semiárido **17**
María Gracia Senilliani, Cecilia Bruno, Miguel Brassiolo
- Gonopterodendron sarmientoi* [(Lorentz ex Griseb.) A.C. Godoy-Bürki (Palo Santo)]: Calidad y aptitud maderable **18**
Vanina Chifarelli, Senilliani Maria Gracia, Bonacina Ernestina, Valdemarca Agustina, Tomaz Longhi-Santos
- Conservación de la biodiversidad de *Passiflora* nativas de Paraguay mediante el modelado de distribución potencial **19**
Claudia Pereira
- Biotecnología aplicada a la selección temprana de genotipos nativos adaptados a efluentes **20**
María Victoria Vega Pérez, Graciela Castillo, Alicia Calabroni, Carlos Nardin, Víctor Dávalos, María Rosa Servín, Osvaldo Frutos, Darciane Eliete Kerkhof
- Conservación de germoplasma de *Neltuma alba* y *Handroanthus heptaphyllus*: una estrategia para preservar especies nativas **21**
María Victoria Vega Pérez, Graciela Castillo, Daniela Cleide Azevedo, Enrique Benítez León, Victor Davalos, Elba Cappello, Cecilia Juárez, Lidia Pérez de Molas
- Determinación de la proporción de albura y duramen en la madera del híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* **22**
Blanca Viviana Silva Pinto, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes, Verónica Villalba
- Comportamiento de diferentes híbridos clonales de *Eucalyptus* en zona alta y baja, localidad de Ñaumby (Caazapá): tercer año de implantación **23**
Javier Ortigoza, Hugo Asunción Espinola, Alder Gonzalo Sosa, Alma María Torres Ferreira
- Reduciendo la incertidumbre territorial en proyectos forestales: evaluación geoespacial estratégica para decisiones de gran escala **24**
Víctor Daniel Del Puerto Gauto
- Impacto de la fertilización básica y de cobertura en el comportamiento inicial del eucalipto híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* **25**
Javier Ortigoza, Alma María Torres Ferreira, Cristian Ariel Ramirez Acosta, Juan José Vera Samaniego
- Evaluación del desarrollo de genotipos clonales de *Tectona grandis* L.f. en San Cristóbal de Pocosol, San Carlos, Costa Rica **26**
Adela Rebeca Redondo Fonseca, Ernesto Alonso Obregón Araya, Rafael Ángel Murillo Cruz
- Propuesta de diseño de sistema silvopastoril con *Cordia alliodora*, *Gliricidia sepium*, *Morus alba* y *Tithonia diversifolia* para la diversificación productiva y la reducción del uso de concentrado en la alimentación bovina en Bijagua, Upala, Costa Rica **27**
Karla Ramírez Monge, Miguel Gamboa Herrera, Sara Ramírez Quirós, Martin Campos Vega, Landon Obando García
- Diversidad y estructura de hongos micorrízicos arbusculares en la rizosfera de *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla* para dos sitios de Costa Rica **28**

- Dawa Méndez-Álvarez, María Rodríguez-Solís, Hassan Polo-Marcial, Luis Alberto Lara-Pérez, William Watson-Guido, Sofía Patricia Jiménez-Poveda, Dagoberto Arias-Aguilar, William Rivera-Méndez
Contracciones lineales de madera de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wita **29**
 Carla Rosario Beloso Urquiza, Karina Marcela Velarde, Carmen del Rosario Sosa Pinilla
- Rendimiento del aserrado de madera de raleo de *Neltuma alba* Griseb. proveniente de plantación** **30**
 Walter Ariel Degano, Albano Ariel Santillan
- Efecto de diferentes combinaciones de sustratos sobre la terminación de mudas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)** **31**
 Javier Ortigoza, Alma María Torres Ferreira, Edgar David Ferreira, Juan José Vera Samaniego, María Eugenia Torres
- Diversidad poblacional de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) en un bosque nativo semidegradado de la Reserva Guarapi** **32**
 Alina Rojas, Marilia Araceli Salinas, Fatima Rios, Marian Andrea Villamayor Gavilán, Ariadna Ledesma Llanos, Esteban Andrés Benítez Doldán, Marcos Adrián Ortiz Cabrera
- Diversidad de hormigas cazadoras (Ponerinae y Ectatomminae) asociadas a los elementos del paisaje de la Reserva Guarapi** **33**
 Ariadna Ledesma Llanos, Marilia Araceli Salinas, Fatima Rios, Marian Andrea Villamayor Gavilán, Alina Rojas, Esteban Andrés Benítez Doldán, Marcos Adrián Ortiz Cabrera
- Fitoconstituyentes de hojas y semillas de *Annona squamosa* L.: oportunidades y perspectivas para el aprovechamiento de productos forestales no maderables** **34**
 Paula Amarilla, Magalí Rolón, Rodrigo Velázquez, Lilia Ruiz Díaz, Mirtha Letizia Grau Torales¹, Fátima Piris da Motta
- Caracterización de cobertura y riqueza de murciélagos en áreas verdes del departamento Central-Paraguay** **35**
 Violeta Ayala, Amanda Yanina Duarte, Griselda Inés Zárate Betzel, Gloria González de Weston, María Belén Barreto Cáceres, Norma Cristina Araujo González, Robert Dale Owen, María Elena Torres Ruiz Díaz
- Silvicultura intensiva con *Gmelina arborea* en ciclo corto en Costa Rica** **36**
 Olman Murillo, Andrés Roses Peñaranda, Valeria Oviedo Juárez
- Procesamiento digital de imágenes de satélite para la interpretación visual de bosques en áreas silvestres protegidas del BAAPA** **37**
 Elsi Verenisse Florentin Salinas, Janet Villalba, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz
- Metodología de evaluación de daños de la madera por componente constructivo en la vivienda social indígena de Costa Rica** **38**
 Melany Natalia Padilla Castro, Diego Camacho Cornejo
- Aplicación de dosis de fertilizantes de liberación controlada en producción de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos en vivero** **39**
 Christian Aarón Gómez Maciel, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Lourdes González Soria, Eduardo De Haro Filippini
- Productividad de plantas madres de híbridos de *Eucalyptus* spp. en vivero clonal** **40**
 Naomi Ayelen Samaniego Cardozo, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, María Carolina Escobar Ortiz, Jorge Paiva Avalos, Bianca Avalos Naumann, Silvia Genes Chaparro
- Calidad de plantas de híbridos de *Eucalyptus* spp. producidas en vivero clonal** **41**
 Naomi Ayelen Samaniego Cardozo, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, María Carolina Escobar Ortiz, Jorge Paiva Avalos, Bianca Avalos Naumann, Silvia Genes Chaparro
- Crecimiento de progenies de *Cedrela fissilis* Vell. producidas en vivero con aplicación de fertilizante de liberación controlada** **42**
 Romina Rotela Lara, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz, Lourdes González Soria, Eduardo De Haro Filippini
- Calidad de plantas de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos producidas en vivero con aplicación de diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada** **43**
 Rocío del Carmen Britos Varela, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz, Lourdes González Soria, Eduardo De Haro Filippini
- La fenología agrícola como indicador del impacto climático en la biodiversidad de cultivos tradicionales en sistemas agroforestales** **44**
 Frida Fernanda Pérez Olmos, Ricardo Abisay Pérez Reyes

Silvicultura fúngica en Misiones: potencial productivo de hongos comestibles y medicinales en bosques nativos y sistemas implantados	45
Martínez Santiago Andrés	
Limites planetarios y la importancia de la biodiversidad forestal	46
Oscar Agustín Torres Figueredo	
Efecto del cambio climático en la distribución natural de los bosques secos tropicales en Centroamérica	47
Dorian Carvajal Vanegas, Ana Gutiérrez	
Presencia de la regeneración natural establecida en fajas de intervención de un bosque degradado en el departamento de San Pedro	48
Camila Beatriz Olmedo Salinas, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Arnaldo Benjamín Sugastti Pedrozo, Naomi Ayelen Samaniego Cardozo, José Adrián Pérez Díaz	
Crecimiento de especies forestales implantadas en fajas en un bosque degradado del departamento de San Pedro	49
Camila Beatriz Olmedo Salinas, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Arnaldo Benjamín Sugastti Pedrozo, Naomi Ayelen Samaniego Cardozo, José Adrián Pérez Díaz	
Registro de avispas (Braconidae) y moscas parasitoides (Tachinidae) asociadas a <i>Nystalea nyseus</i> (Lepidoptera: Notodontidae), plaga defoliadora del eucalipto en una plantación en Concepción, Paraguay	50
Luis Aguilera, Felicia Samudio, José Luiz Conti	
Respuesta a la corrección de Nitrógeno y Potasio en cobertura con diferentes fuentes de fertilizantes en una plantación forestal con eucalipto	51
Eugenio Gonzalez Cáceres, Arnaldo Pereira, Andrés Fernández, José Luiz Conti	
Variabilidad climática y su influencia en la clasificación de Köppen en áreas forestales del departamento de Concepción, Paraguay	52
Diego Fernando Duarte Guillen, Luis Aguilera, José Luiz Conti	
Desarrollo de plantaciones forestales de eucalipto con diferentes densidades de plantación en el departamento de Concepción, Paraguay	53
Eugenio Gonzalez Cáceres, Arnaldo Pereira, José Luiz Conti, Andrés Fernández	
Primer registro de <i>Xyleborus ferrugineus</i> (Curculionidae Scolytinae) en la Provincia de Formosa	54
Walter Ariel Degano, Nicolás Mateo Iza	
Efectividad del uso de <i>Trichoderma harzianum</i> como controlador biológico en la inhibición de crecimiento en hongos patógenos	55
Sergio Vallecillo Cedeño, Ashley Alejandra Miranda Acevedo, Perla Nayelli Betanco Blandon, Jesús Darío Gutiérrez Vargas, María Rodríguez Solís, Alexander Berrocal Jiménez	
Estimativas de parámetros genéticos y rendimiento de clones de eucalipto a los tres años en la región Norte de Paraguay	56
María Eduarda Facioli Otoboni, Derlis Enrique Ramos, Liz Noelia Rodríguez Benitez, José Luiz Conti	
Uso de la metodología REML/BLUP para evaluación genética precoz de progenies de medios hermanos de <i>Eucalyptus urophylla</i>	57
María Eduarda Facioli Otoboni, Derlis Enrique Ramos, Liz Noelia Rodríguez Benitez, José Luiz Conti	
Aplicación de <i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart. como resina natural en el diseño de revestimientos para techos fríos	58
Paola Montserrat Ricardi Montiel, Maximiliano Del Puerto, Janine Padilha Botton, Fernando Luis Fertoni, Noelia Alchapar, Ezekiel Martin, Lia Toledo Moreira Mota, Fatima Yubero	
Balance hídrico forestal seriado de larga duración, aplicaciones: incrementar productividad, reducir riesgos incendios e inundaciones, integrar riego con efluentes	59
Carlos Nardin, Fernanda Caballero	
Análisis estratégico de la alineación de las metas nacionales de biodiversidad del Paraguay con el marco mundial de biodiversidad	60
Tatiana Galluppi Selich, Viviana Villalba, Jessica Servin, Dario Mandelburger	

Niveles de exposición al ruido de una garra trozadora en sistema Full tree Tatiana Cinquetti, Daniel A. Ferro, Matilde Mur, Victor H. Merani, Richardson Barbosa Gomes da Silva, Danilo Simões	61
Técnicas para la optimización del trazado geométrico de caminos en áreas de implantación forestal Franciny Lieny Souza, Jean Alberto Sampietro, Marcos Benedito Schimalski, João Carlos Buba Filho, Fabricio Campos Masiero, João Matheus de Vargas Oliveira	62
Estudio morfológico de las hojas de yerba mate en plantaciones comerciales de Itapúa, Guairá y Canindeyú (Paraguay) Alba Liz González, Natalia Zelada, Olga Carolina Aquino Alfonso, Lidia Pérez de Molas, Claudia Patricia Fernández Frutos, Cornelio Núñez	63
¿Y si la resiliencia brota del desierto? Especies forestales no maderables en zonas áridas mexicanas como herramienta de restauración y conservación, aprovechamiento y usos tradicionales Dayan Hernández	64
Comparación de la eficiencia del astillado de <i>Pinus taeda</i> L. con distintos tipos de astilladoras y tiempos de almacenamiento en campo Luís Henrique Ferrari, Jean Alberto Sampietro, Fabricio Campos Masiero, Franciny Lieny Souza, Martha Andreia Brand, Fernando Rosa de Matos, Marcelo Bonazza	65
Desempeño de mezclas de suelo-grava para la estabilización mecánica de un Neossolo en la pavimentación de caminos forestales Jean Alberto Sampietro, Oiéler Felipe Vargas, Rodrigo Coelho da Cruz, Marcelo Bonazza, Natali de Oliveira Piz, Franciny Lieny Souza, Fabricio Campos Masiero, Mateus Simas	66
Composición florística de la plantación mixta del campo experimental FCA UNA, San Lorenzo, 2024 María Paz López Mereles, Maura Isabel Díaz Lezcano, Estefania Mercedes Godoy Riquelme, Rubén Pérez, Pablo Vidal Godoy Bray	67
Ajuste de modelos volumétricos para materiales genéticos de <i>Eucalyptus</i> spp, establecidos en un sistema silvopastoril Arnaldo Benjamín Sugastti Pedrozo, Enrique Asterio Benítez León, Jorge Daniel Caballero, Hugo Armando Barúa Acosta, Mariana Vázquez Ramírez, José Adrián Pérez Díaz, Ulices Vidal Candia Ovelar	68
Comparación del incremento de materiales genéticos de <i>Eucalyptus</i> en diferentes diseños de plantación y tipos de gramíneas en un sistema silvopastoril Arnaldo Benjamín Sugastti Pedrozo, Enrique Asterio Benítez León, Daniel Caballero, Hugo Armando Barúa Acosta, Camila Beatriz Olmedo Salinas, Blanca Viviana Silva Pinto, Seferino Adrián Jara Benitez	69
Análisis de la rentabilidad de sistemas ganaderos tradicionales, sistemas silvopastoriles y forestación pura con <i>Eucalyptus</i> spp. Jorge Daniel Caballero, Enrique Asterio Benítez León, Julio Salas Mayeregger, Luis Alonzo, Javier Ovidio Paiva, Diego Fatecha, Javier Ortigoza, Rosa Alexa Aquino Raichakowski	70
Efluente tratado y anatomía vegetal: explorando la viabilidad en especies nativas Alicia Calabroni, María Victoria Vega Pérez, Víctor Dávalos, Carlos Nardin	71
Diversidad arbórea de los bosques ribereños de la Ciudad de Pilar, Departamento de Ñeembucú Karen Stanley, Fátima Piris da Motta, Christian Vogt	72
Monitoreo forestal con sensores aéreos para estimación de volumen en Eucaliptos Sergio Chamorro, Oscar Guillermo Montania Cantero, Juan José Bonnin, Janet Villalba, Gustavo Sanabria	73
Variación multitemporal de la cobertura boscosa en el distrito General Elizardo Aquino (2020–2024) Sergio Chamorro, Gustavo Adolfo Greco Antonich, Juan José Bonnin, Gustavo Sanabria	74
Evaluación de modelos volumétricos y digitales con sensores aerotransportados (VANT) en un área de producción forestal Robert Mathias Ramírez Páez, Larissa Rejalaga Noguera, Sergio Chamorro, Juan José Bonnin, Hugo Armando Barúa Acosta	75
Evaluación del riesgo de compactación del suelo por tránsito de un cargador forestal en función del contenido hídrico Juan José Bonnin, Gloria Cabrera, Oscar Manuel Vera Cabral, Jorge Daniel González Villalba, Sergio Chamorro, Angela Mancuello, Gustavo Sanabria	76

Influencia del contenido de agua en la compactación del suelo causada por una cosechadora forestales	77
Juan José Bonnin, Oscar Manuel Vera Cabral, Gloria Cabrera, Jorge Daniel González Villalba, Sergio Chamorro, Angela Mancuello, Héctor Corvalan	
Evaluación del desempeño y costo de un feller direccional anclado en la cosecha forestal en terreno inclinado	78
Marcelo Bonazza, Matheus Henrique Pinto, Jean Alberto Sampietro, Thiago Floriani Stepka, Franciny Lieny Souza	
Caracterización anatómica del leño de <i>Cupania vernalis</i> Cambess. y <i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk. (Sapindaceae), mediante microtomografía computarizada de rayos X	79
Elsa Iris Figueredo, Angelica Aguilera, Martínez Santiago Andrés	
Diversidad de especies arbóreas presentes en el Chaco Seco	80
Ailén Benitez, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Lidia Pérez de Molas, Victoria Kubota	
Focos de calor y riesgo de incendio, para la República del Paraguay, periodo agosto 2021 a julio de 2022	81
Derlis Sebastián González Hermosa, Larissa Rejalaga Noguera, Edgar Catalino Martínez Cardozo, Jorge Ramírez, Soledad Armoa	
Análisis de la calidad del carbón de <i>Eucalyptus</i> para uso energético sostenible	82
Elsa Iris Figueredo, Obdulio Pereyra, Alejandro Vargas, Daniel Videla, Juan Gauto, Constantino Zaderenko	
Pudrición de miniestacas en eucalipto: sensibilidad diferencial de agentes etiológicos a fungicidas	83
Sofía Montserrat Florentín Vega, Cristhian Grabowski, Laura Soilan	
Evaluación estratégica de medios de cultivo para el crecimiento y desarrollo de patógenos de etiología fúngica asociados a mudas de eucalipto	84
Alexandra Nair Cabrera Giménez, Cristhian Grabowski, Laura Soilan	
Diversidad de Nymphalidae (Lepidoptera) en un fragmento del bosque natural semidegradado de la Reserva de Guarapi	85
Marian Andrea Villamayor Gavilán, Marilia Araceli Salinas, Fatima Rios, Alina Rojas, Ariadna Ledesma Llanos, Esteban Andrés Benítez Doldán, Marcos Adrián Ortiz Cabrera	
Micorrizas y los fertilizantes en el crecimiento del eucalipto: tendencias cambiantes y hallazgos iniciales	86
Ximena Silva	
Modelo de transbordo para la industria forestal: estudio de caso del aserradero forestal en el departamento de Caaguazú	87
Ricardo Gaona Colmán, Jorge Luis Recalde Ramírez, Tadeo Román Saldívar Patiño, María Margarita López, Fiorella Ivette Talavera Aquino, Sofía María Elena Franco Araujo	
Efecto de la posición de estacas y aplicación de ácido indolbutírico en miniestacas de yerba mate <i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil	88
Natalia Zelada, Nadia Sanabria, Cipriano Enciso, Diego Gonzalez, Juan Venancio Benítez Núñez	
Biocontrol de patógenos fúngicos asociados a pudrición de miniestacas de eucalipto: uso de cepas bacterianas antagonistas	89
Dahiana Rivas, Cristhian Grabowski, Laura Soilan, Adolfo García	
Resistencia natural de la madera de cinco especies forestales introducidas ante la acción lignolítica de <i>Pleurotus ostreatus</i> en pruebas aceleradas de laboratorio	90
Samuel Villalba, Jefferson Rolando Stumm Arias, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes, María Carolina Escobar Ortiz	
Monitoreo del Crecimiento y sobrevivencia de <i>Peltophorum dubium</i> , <i>Anadenanthera colubrina</i> y <i>Corymbia</i> spp. en plantaciones forestales mixtas en el Departamento de San Pedro	91
Blanca Viviana Silva Pinto, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Lourdes González Soria, Mariana Vázquez Ramírez, Sofía Montserrat Florentín Vega, Edgar José Bert	
Variación de la dinámica, estructura y composición en parcela permanente de monitoreo de un bosque ribereño de la Reserva Natural Tapyta-Caazapá	92
Claudia María José Rolón Mendoza, Laura Rodríguez	
Evaluación operativa del sistema de pesaje de una garra cargadora forestal	93
Marcelo Bonazza, Murilo Rosa Frederico, Jean Alberto Sampietro, Franciny Lieny Souza ² , Fernando Rosa de Matos, Fabricio Campos Masiero	

Relación entre cobertura de copa, cobertura de gramíneas y regeneración natural en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay	94
Ulises Vidal Candia Ovelar, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Victoria Rika Kubota, Haroldo Silva, Alba Liz González, Janet Villalba	
Mercado voluntario de carbono en Paraguay: desafíos y oportunidades para empresas forestales	95
Andrea Eisenhut	
Evaluación técnica, económica y de calidad de las operaciones de aprovechamiento forestal con cosechadoras y tractores autocargadores en <i>Pinus taeda</i> L.	96
Fernando Matos, Marilei Falavinha, Elifas Costa Silva, Jean Alberto Sampietro, Franciny Lieny Souza, Fabricio Campos Masiero, Marcelo Bonazza	
Evaluación de especies nativas maderables en parcela experimental de restauración del paisaje forestal	97
Nadia Zamira Manzur Báez, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Haroldo Silva, María Antonella Valdez Escurra, Victoria Kubota, Alba Liz González	
Ajuste en el método de extracción de taninos para la determinación de sólidos solubles en extracto de corteza de <i>Pinus</i> spp.	98
Elsa Iris Figueredo, Elizabeth Maria Weber, Adelaida Bragaño, Obdulio Pereyra, Lauro Alvarino	
Diversidad ambiental de poblaciones naturales de <i>Acrocomia totai</i> en Paraguay	99
Edilia Ramírez Haedo, Brenda Díaz, Carlos Augusto Colombo, Diego Wassner, Guillermo Andrés Enciso Maldonado, Antonio Benítez Cañiza, Alicia Raquel Eisenkölbl	
Cambios en la conectividad del paisaje en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Paraguay periodo 2010 - 2022	100
Laura Rodríguez, Janet Villalba, Stella Amarilla, Danilo Salas Dueñas	
Cuantificación de ácido tánico en corteza de <i>Pinus</i> spp.	101
Adelaida Bragaño, Elsa Iris Figueredo, Elizabeth Maria Weber, Obdulio Pereyra, Lauro Alvarino	
Evaluación del crecimiento y sobrevivencia en campo de plantas procedentes de diferentes árboles semilleros de <i>Cedrela fissilis</i> Vell.	102
María Carolina Escobar Ortiz, Paola Guadalupe Alonso Roa, Giselle De Las Nieves Aquino Martínez, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Johana González	
Procesamiento digital de imágenes satelitales para la interpretación visual de plantaciones forestales en Caazapá, Paraguay	103
Diana Leticia Mieres Morel, Janet Villalba, Oscar Manuel Vera Cabral	
Caracterización de lluvia de semillas en diferentes estrategias de restauración forestal en la cuenca Río Doce	104
Vanessa Yukari Yamamoto Fukuda, Ângelo Antônio Corrêa da Silva, Guilherme Salgado Gritz, Débora Cristina Rother	
Establecimiento de <i>Euterpe edulis</i> Mart. bajo diferentes condiciones de cobertura forestal en un bosque degradado del Alto Paraná	105
Fabio Junior Miskinich, María Victoria Vázquez Salamone, Sara Rodríguez, Haroldo Silva	
Clasificación fitosociológica de los bosques ribereños en la cuenca baja del Río Paraguay	106
Christian Vogt, Fátima Piris da Motta, Luis Rodrigo Vargas, Juan Venancio Benítez Núñez, Isaura Cantero, Luis Jorge Oakley	
Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en el Departamento de Cordillera a través de modelos predictivos	107
Diana Alejandra Fleitas Sosa, Larissa Rejalaga Noguera, Romy Ortiz, Manuel Enciso, Edgar Catalino Martínez Cardozo	
Almacenamiento de Carbono en la biomasa de un rodal de <i>Peltophorum dubium</i> y <i>Anadenanthera colubrina</i>	108
Maura Isabel Díaz Lezcano, María Paz López Mereles, Estefania Mercedes Godoy Riquelme, Pablo Vidal Godoy Bray, Rubén Pérez, Romina Araceli Falcón Benítez, Andrea Melani Cañete Caballero, Paola Alonso	
Cronosecuencia del almacenamiento de Carbono en el Bosque Atlántico del Alto Paraná, Paraguay	109
Stella Amarilla, Fernando Casanoves, Alberto Yanosky, Rubén Caballero, Laura Lombardo, Carlos José Flores	

- Determinación de las variables dasométricas de un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina* **110**
Maura Isabel Díaz Lezcano, María Paz López Mereles, Pablo Vidal Godoy Bray, Estefania Mercedes Godoy Riquelme, Gustavo Adolfo Ayala, Esteban Isrrael Moreira Rivas, Oscar Sebastián Colmán Sosa, Mónica Belén González Maciel
- Determinación de las variables dasométricas de un rodal de *Amburana cearensis* **111**
Maura Isabel Díaz Lezcano, María Paz López Mereles, Pablo Vidal Godoy Bray, Rubén Pérez, Esteban Isrrael Moreira Rivas, Estefania Mercedes Godoy Riquelme, Gustavo Adolfo Ayala, Matias A. Acosta Machado
- Carbono almacenado en la biomasa de un rodal de *Amburana cearensis* **112**
Maura Isabel Díaz Lezcano, María Paz López Mereles, Pablo Vidal Godoy Bray, Estefania Mercedes Godoy Riquelme, Gustavo Adolfo Ayala, Belén Arami Sánchez Apud, Sebastián David Cantero, Andrea C. Escobar Torres
- Evaluación de crecimiento de *E.urophylla* x *E. camaldulensis* con fines energéticos en parcela de restauración del paisaje forestal **113**
Fatima Moreno, Irian Jesús Dolinzky Arrúa, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Victoria Rika Kubota, Haroldo Silva, Alexandra Perrone, Alba Liz González
- Riqueza florística en tres zonas urbanas del Área metropolitana de Asunción, departamento Central del Paraguay **114**
Pedro Fernando Sosa Lezcano, María Vera, María Elena Torres Ruíz Diaz, María Belén Barreto Cáceres, Norma Cristina Araujo González, Yanina Duarte, Griselda Inés Zárate Betzel, Violeta Ayala
- Selección de materiales genéticos de *Eucalyptus grandis* y *Corymbia torelliana* para propagación clonal en vivero **115**
Enrique Asterio Benítez León, Blanca Elizabeth Hospital Cardozo, Andrea Magali González Argimón, Lourdes González Soria, María Carolina Escobar Ortiz
- Evaluación del biodeterioro de la madera de dos híbridos de *Eucalyptus* frente a la acción del hongo xilófago *Pleurotus ostreatus* **116**
Jefferson Rolando Stumm Arias, Samuel Villalba, Verónica Villalba, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes, María Carolina Escobar Ortiz, Rosalía Fernández
- Evaluación de especies de cobertura en un modelo de restauración del paisaje forestal **117**
Sahori Yegros, Claudia Guadalupe Salcedo Rivas, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Alba Liz González
- Ecuaciones hipsométricas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay **118**
Alejandra Micaela Mendoza Rober, María Laura Quevedo Fernandez, Haroldo Silva, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Alexandra Perrone, Alexander Abdel Fleitas Saucedo, Luis Guillermo Estela Colmán, Victoria Kubota
- Diagnóstico del arbolado de la avenida y ciclovía Dr. Guido Boggiani, Asunción **119**
Carmen Patricia Imas Alegre, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Ana Paola Gaona Agüero, Manuel Enciso, Mirtha Vera
- Modelos matemáticos para estimación de volumen individual en un rodal de *Pinus taeda* L. en Itacurubí de la Cordillera, Paraguay **120**
Fabián Gustavo Duré Domínguez, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Manuel Enciso, Mirtha Vera
- Diagnóstico del arbolado en la plaza General Bernardino Caballero, San Bernardino, departamento de Cordillera **121**
Dayhiana González Leite, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Manuel Enciso, Lidia Pérez de Molas
- Estructura y diversidad de especies forestales en bosques degradados de la Ecorregión Bosque Atlántico del Alto Paraná, San Pedro, Paraguay **122**
Alvaro Alberto Garcete Ovelar, Lourdes González Soria, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz
- Dinámica de absorción de agua y respuesta germinativa de semillas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan colectadas en dos años diferentes **123**
María Carolina Escobar Ortiz, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, Mirta Magdalena Irala Barrientos
- Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Clon I144) a los 48 meses en parcela experimental de restauración del paisaje forestal **124**
Sebastiam Ismael Fernández Smith, Fernando José Páez Tattón, Nadia Zamira Manzur Baez, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Haroldo Silva, Victoria Rika Kubota, Alexandra Perrone

Oribátidos (Acari: Oribatida) en un bosque nativo semidegradado de la Reserva Guarapi	125
Marilia Araceli Salinas, Fatima Rios, Edgar Gaona Mena, Alina Rojas, Marian Andrea Villamayor Gavilán, Ariadna Ledesma Llanos, Esteban Andrés Benítez Doldán, Marcos Adrián Ortiz Cabrera	
Influencia del <i>Cajanus cajan</i> L. Millsp. en la sobrevivencia de especies nativas en un modelo de restauración forestal con fines energéticos	126
Claudia Guadalupe Salcedo Rivas, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Lidia Pérez de Molas, Alba Liz González, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Janet Villalba	
Evaluación de variables dendrométricas de un modelo de restauración con especies nativas de uso múltiple a los 4 años	127
Leyla María Almirón Serrano, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Alba Liz González, Alexandra Perrone	
Indicadores biológicos de conservación: nematodos del suelo en reservas forestales y áreas productivas del chaco paraguayo	128
Jazmín Belén Duré Paiva, Diego Quenhan, Andrés José Armadans Rojas, Monserrat Pedrozo, Claudia Rolón, Beatriz Benítez, Ana Rivarola	
Ecuaciones alométricas para <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay	129
Luis Guillermo Estela Colmán, María Laura Quevedo Fernandez, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Alexander Abdel Fleitas Saucedo, Alexandra Perrone	
Morfología foliar de especies forestales de un bosque del Cerrado del Parque Nacional Cerro Corá	130
Bethania Guadalupe Duarte Sosa, Larissa Giselle Arrua Tullo, Lourdes González Soria, Enrique Asterio Benítez León ¹ , María Carolina Escobar Ortiz, Lidia Pérez de Molas	
Análisis financiero de una plantación de <i>Eucalyptus</i> spp. con fines energéticos destinada a calderas industriales en la región de Cruce Guaraní, departamento de Canindeyú	131
Victoria Alejandra Silva González, Jesús Denisar Henz Morel, María Laura Quevedo Fernández	
Evaluación de árboles de borde en un modelo de restauración forestal establecido con <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>E. grandis</i> en la faja de aprovechamiento	132
Fernando José Páez Tattón, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Alexandra Perrone, Sebastian Ismael Fernández Smith, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Alba Liz González	
Smart Campus: primeros pasos de la construcción de la plataforma Smart Campus de la Universidad Nacional de Asunción, Campus San Lorenzo	133
Sofía Eliane Duarte González, Matias Leguizamón, Elías Figueredo, Larissa Rejalaga Noguera, Iván Castillo, Viviana Forneron, Romy Ortiz, Edgar Catalino Martínez Cardozo	
Caracterización técnica y ajuste de ecuaciones de ahusamiento aplicadas a una plantación forestal de <i>Eucalyptus</i> spp., departamento de Caazapá, Paraguay	134
Gerardo Agustin Mora Muñoz, María Laura Quevedo Fernandez, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Lourdes Patricia Elias Dacosta, Joao Paulo Sardo Madi, Alexandra Perrone, Micaela Maciel	
Morfología de frutos de especies arbóreas de un bosque del Cerrado del Parque Nacional Cerro Corá: Indicios sobre interacciones clave	135
Larissa Giselle Arrua Tullo, Lourdes González Soria, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz, Lidia Pérez de Molas, Bethania Guadalupe Duarte Sosa	
Valoración económica del Carbono almacenado en ocho modelos de restauración del paisaje forestal a los 36 meses en Paraguay	136
Alexander Abdel Fleitas Saucedo, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz, Lidia Pérez de Molas, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Alba Liz González, Jorge Daniel González Villalba	
Determinación de la energía germinativa de las semillas de Yvyra pytä (<i>Peltophorum dubium</i>)	137
Lorena Paola Paredes Sotelo, María Fernanda Ortiz dos Santos, Stella Mary Martínez	
Riqueza, gremios tróficos y uso de hábitats por aves en paisajes forestales del sureste del Paraguay	138
Rebeca Isabel Irala Melgarejo, Jesús Cabrera, Claudia Rolón, Laura Rodríguez	
Efecto de la fertilización nitrogenada invernal de pastizales nativos en diferentes sistemas silvopastoriles	139
Jorge Daniel Caballero, Jakelina Paiva de Acosta, Cinthia Carolina Scappini Cardozo, Enrique Asterio Benítez León, Javier Ovidio Paiva, Julio Salas, Luis Alonso, Adriana Torres López	

Aplicación de urea en pasto Marandu y su efecto sobre el rendimiento forrajero en sistemas silvopastoriles durante el periodo invernal	140
Jorge Daniel Caballero, Jakelina Paiva de Acosta, Cinthia Carolina Scappini Cardozo, Enrique Asterio Benítez León, Javier Ovidio Paiva, Tania Fariña, Ignacio Achon Forno, Fabrizio Jesús Obelar Camperchioli	
Biomasa, carbono y dióxido de carbono almacenado en una plantación de <i>Eucalyptus</i> spp.	141
Maura Isabel Díaz Lezcano, Gustavo Adolfo Ayala, María Paz López Mereles, Pablo Vidal Godoy Bray, Estefanía Mercedes Godoy Riquelme, Rubén Pérez, Oscar Sebastián Colmán Sosa, Mónica Belén González Maciel	
Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal en la Reserva Ecológica Banco San Miguel y Bahía de Asunción	142
Ruth Liliana Sánchez Altamirano, Lourdes González Soria, Pamela Beatriz Cáceres de Martínez	
Diversidad de aves en paisajes forestales como indicador del valor de conservación en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Ybycuí, Paraguay	143
Rebeca Isabel Irala Melgarejo, Jesús Cabrera, Claudia Rolón, Laura Rodríguez	
Incendios forestales en Paraguay: evolución histórica y desafíos del manejo integral del fuego	144
Gabriela Aguilera, Jorge González	
Efecto de la cobertura de copa de <i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze var. <i>bimucronata</i> en un modelo de restauración del paisaje forestal	145
María Antonella Valdez Escurra, Luis Guillermo Estela Colmán, Nadia Zamira Manzur Báez, María Laura Quevedo Fernández, Alba Liz González, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Haroldo Silva	
Efecto de las inundaciones sobre los parámetros morfológicos de Guajayvi (<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S. Mill.)	146
María Esther Riveros Pineda, Sara Beatriz Guillen Hermosa, Manuel Enciso, Lourdes Patricia Elías Da Costa, Enrique Asterio Benítez León, Juan Venancio Benítez Núñez	
Desarrollo inicial de especies forestales plantadas para restauración ecológica de bosques del Cerrado, Concepción – Paraguay	147
Karen Mariel Mora Acosta ¹ , Lourdes González Soria ² , Enrique Benítez León ³ , María Carolina Escobar Ortiz	
Errores en la medición de trozas, seccionadas mediante Harvester, en la cosecha de una plantación forestal	148
Oscar Manuel Vera Cabral, Sebastián David Cantero, Rubén Darío Pérez de la Gracia	
Comunidades degradadas, bosques olvidados: una visión para la restauración	149
Marcos Ulises Hernández Reyes	
Análisis comparativo del proceso de conversión de madera rolliza de eucalipto, en trozas y fustes a chips	150
José Rolando Avalos Céspedes, Oscar Manuel Vera Cabral, Hugo Armando Barúa Acosta	
Evaluación de la sobrevivencia de especies forestales en un modelo de restauración del paisaje forestal con Yerba Mate (<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.)	151
Fatima Paz Arami García González, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Luis Guillermo Estela Colmán, Fernando José Páez Tattón, Haroldo Silva, Victoria Kubota	
Potencial maderero y de regeneración de un bosque nativo en el distrito de Cerro Cora, departamento de Amambay	152
Miguel Bernal Álvarez, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Manuel Enciso, Mirtha Vera	
Biomasa remanente en la postcosecha, potencialmente aprovechables producidas por plantaciones de <i>Eucalyptus</i> en áreas bajas drenadas del departamento de Caazapá, Paraguay	153
Oscar Manuel Vera Cabral, Ruth Liliana Sánchez Altamirano, Jorge Daniel Paiva Ávalos	
Estimación del Carbono almacenado en el arbolado urbano de la ciclovía de San Lorenzo, Paraguay	154
Sol Flores, Lourdes Patricia Elías Dacosta, María Laura Quevedo Fernández, Larissa Rejalaga Noguera	
Viabilidad económica de un modelo de restauración forestal establecido en fajas de conservación y aprovechamiento con <i>Eucalyptus</i> spp.	155
Alexander Abdel Fleitas Saucedo, María Laura Quevedo Fernández, Haroldo Silva, Victoria Kubota, Oscar Manuel Vera Cabral, Jorge Daniel González Villalba	

Conservación de biodiversidad y conectividad funcional en paisajes productivos: evidencia desde un sistema de monitoreo participativo de fauna Nora Martínez, Andrea Parra	156
Diagnóstico del estado de los árboles localizados en la avenida Mariscal López de Asunción Karen Diana Morales Méndez, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Oscar Manuel Vera Cabral, Manuel Enciso	157
Comparación del crecimiento de <i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>E. camaldulensis</i> (Clon VM-01) entre árboles de borde y centro en una parcela experimental de Restauración del Paisaje Forestal Irian Jesús Dolinzky Arrúa, Leyla María Almirón Serrano, María Laura Quevedo Fernández, Lidia Pérez de Molas, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Gonzalo Daniel Espinola González, Fernando José Páez Tattón, Haroldo Silva	158
Modelos matemáticos para estimación de volumen comercial de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze de una plantación no manejada en katueté, Paraguay Milo Anibal Recalde, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Ana Paola Gaona Agüero, Hugo Armando Barúa Acosta, Oscar Manuel Vera Cabral	159
Análisis preliminar de tipos de frutos y síndromes de dispersión de 100 árboles del Chaco paraguayo con miras a la restauración de paisajes Lidia Pérez de Molas, Christian Vogt, Fátima Mereles Haydar, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Enrique Asterio Benítez León, Lourdes González Soria, María Carolina Escobar Ortiz, María Laura Quevedo Fernández	160
Aplicación de biochar de residuos del aserrío de <i>Pinus tecunumanii</i> en la producción de plántulas de la misma especie Mariacnet Gonzales Guanilo	161
Caracterización de la población de Coleópteros coprófagos y necrófagos en un área en proceso de restauración ecológica, Alto Paraná, Paraguay Yhara Arami Ríos González, Lourdes González Soria, Fernando Cubilla, Enrique Asterio Benítez León, María Carolina Escobar Ortiz	162
Evaluación del contenido de carbono y biomasa aérea mediante el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) en ecosistemas productivos del chaco Magali Noemí Duré Dávalos, Claudia Rolón, Beatriz Benítez, Alice Balbuena, Ana Rivarola	163
Percepción de los pobladores aledaños (Colonia María Auxiliadora) respecto al Parque Nacional Cerro Corá Laiana Paredes, Cristian David Franco Caballero, Nelson Lesmo, Sixto Barreto Pérez, Isabelino Lezcano	164
Presencia de especies de la Región Oriental en un bosque mesoxerofítico chaqueño: evidencia de transición florística en el Departamento Central, Paraguay Oscar Armando Feltes González, María Vera, Lidia Pérez de Molas, Jhon Mongelos	165
Mapeo de la dispersión Espacial del Dióxido de Nitrógeno emitido por una fábrica de Biocombustibles en el Distrito de Paraguarí, Paraguay Dahiana Carolina Acosta Benítez, Larissa Rejalaga Noguera	166
Captación de carbono en plantaciones de <i>Eucalyptus grandis</i> en el distrito de Coronel Oviedo Aide Huespe, Edgar Frutos	167
Modelado de ecuaciones volumétricas e hipsométricas aplicado a plantaciones forestales de <i>Eucalyptus</i> spp., departamento de Cordillera, Paraguay Micaela Maciel, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Alexandra Perrone	168
Viabilidad económica y ajuste de ecuaciones hipsométricas y volumétricas de una plantación forestal con <i>Eucalyptus</i> spp., departamento de Caazapá Alexandra Perrone, María Laura Quevedo Fernández, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz, Hugo Armando Barúa Acosta, Lourdes Patricia Elías Dacosta, Jorge Daniel González Villalba	169
Uso de la API de FIRMS/NASA para el monitoreo en tiempo real de zonas con alto potencial de ocurrencia de incendios forestales en Paraguay Diego Rodríguez	170
Viabilidad técnica y económica de la aplicación de diferentes regímenes de fertilización en <i>Eucalyptus</i> spp. en el departamento de Itapúa, Paraguay Jorge Paiva Avalos, María Laura Quevedo Fernández, Enrique Benítez León, Alba Liz González, Lourdes Patricia Elías Dacosta	171

Análisis fitoquímico preliminar de extractos vegetales de diferentes órganos de cuatro especies forestales nativas de Paraguay María Guadalupe Ojeda Torres, Laura Patricia Chaparro Aguilera, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes	172
Desafíos de la certificación forestal FSC en el departamento de Concepción, Paraguay Iris Carolina Chamorro	173
Colecta e identificación de insectos plaga en plantaciones de Eucalyptus sp. en el departamento de Caazapá Rocío Mabel Medina Ranoni	174



Estrategias de conservación y restauración en el Humedal Nacional Terraba-Sierpe

Fabiola Navarro Zúñiga¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: fabiolanavarro658@gmail.com

El Humedal Nacional Terraba-Sierpe (HNTS), ubicado en el Pacífico Sur de Costa Rica, constituye el humedal más extenso y ecológicamente significativo del país, contando con un área aproximada de 15.429 hectáreas para el año 2018, según organizaciones gubernamentales. Este ecosistema alberga una de las mayores extensiones de manglar continuo de Centroamérica, funcionando como refugio de biodiversidad, barrera natural ante inundaciones y sumidero de carbono. No obstante, enfrenta amenazas persistentes como la deforestación ilegal, la expansión agropecuaria, la contaminación por agroquímicos y la presión del desarrollo turístico, lo cual compromete su integridad ecológica. Este trabajo tuvo como propósito identificar las estrategias y acciones aplicadas para la conservación y restauración del Humedal Nacional Terraba-Sierpe, con el fin de informar sobre su resiliencia ecológica y su gestión sostenible basada en la ciencia y la participación comunitaria. Se desarrolló revisión de artículos científicos e informes técnicos del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y Organizaciones no Gubernamentales (ONGs). La revisión analizó experiencias de restauración de manglares y zonas degradadas, integrando criterios técnicos como conectividad ecológica, participación local y monitoreo adaptativo. Se identificaron tres ejes prioritarios para la conservación y restauración del HNTS: (1) Protección y recuperación de coberturas de manglar mediante reforestación activa con especies autóctonas como *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*; (2) Integración de las comunidades en procesos de restauración y educación ambiental en localidades como Boca Zacate y Palmar Sur; y (3) Fortalecimiento de la gobernanza interinstitucional entre el SINAC, las municipalidades y organizaciones locales. También, se evidenció la necesidad de ampliar los esfuerzos de control ante actividades ilegales como la canalización artificial y la cacería furtiva. El Humedal Nacional Terraba Sierpe es un ecosistema de valor estratégico para la conservación en Costa Rica. Las acciones de restauración deben priorizar enfoques ecosistémicos y participativos, garantizando la conservación a largo plazo mediante planes de manejo adaptativos, educación ambiental, financiamiento sostenible y mecanismos de monitoreo. Fortalecer la articulación institucional y el involucramiento de las comunidades locales permitirá no solo, conservar este humedal clave, sino que, además, potenciará el desarrollo sostenible de la región, mejorando la calidad de vida de sus habitantes y generando oportunidades económicas alineadas con la protección del entorno natural.

Palabras clave: humedales, conservación, restauración ecológica, manglares, Terraba-Sierpe



Modelo de H-DAP generalizada para plantaciones de *Neltuma alba* (Griseb.) C.E. Hughes & G.P. Lewis en el Chaco semiárido

María Gracia Senilliani¹, Cecilia Bruno^{1,2}, Miguel Brassiolo³

¹ Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales-INSIMA, Santiago del Estero, Argentina.

² Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Estadística y Biometría. Córdoba. Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina. Córdoba, Argentina.

Correspondencia: senilliani@gmail.com

El conocimiento de la productividad forestal de una especie es importante en materia de gestión de bosques. Existe una correlación entre los parámetros del crecimiento y la productividad que posibilita al gestor forestal contar con funciones de estimación de las variables del árbol que simplifique las tareas con error aceptable, cuando es imposible tomar el dato directamente sobre el individuo. La altura total (HT) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) son variables altamente correlacionadas y con un rol en el modelado del crecimiento y de la producción de las masas forestales. Se han asociado estas variables obteniendo mediante regresión dos tipos de curvas, curvas “HT-DAP locales” de uso acotado a rodales específicos y curvas “de HT-DAP generalizadas” que incluyen variables de masa o de rodal que consideran la densidad y/o la calidad de sitio. El objetivo fue desarrollar un modelo de HT-DAP generalizado para *Neltuma alba* en el área de influencia de riego de la provincia de Santiago del Estero, Argentina basado en variables de la masa de mayor influencia en el crecimiento. Los datos utilizados provienen de plantaciones con edades entre 8 y 20 años. Las parcelas temporales y permanentes, compuestas por 48 árboles, con áreas entre 576 m² y 1728 m², dependiendo del espaciamiento inicial de la plantación. Considerando que la fuente de datos proveniente de mediciones repetidas sobre un mismo sujeto, implican presencia de correlación y/o heterocedasticidad, se propuso la evaluación de modelos estadísticos que permitan representar apropiadamente la estructura de la matriz de varianzas-covarianzas, mejorando la precisión del ajuste. Se ajustaron modelos lineales y no lineales mixtos para HT en relación al DAP incorporando variables dasométricas como altura dominante (Hdom), área basal (AB), diámetro medio cuadrático (Dg), densidad, calidad de sitio. El modelo mixto seleccionado corresponde a una función lineal polinómica de segundo grado, con efecto aleatorio de la edad por parcela, y combinación de calidad de sitio y densidad como variables regresoras. La heterocedasticidad modelada mediante la función varIdent, mejoró significativamente la distribución de los residuos reduciendo patrones de heterocedasticidad y optimizó los criterios de bondad de ajuste. El coeficiente de regresión varió de 0,85 a 0,91%, la varianza residual 0,19 y coeficiente de variación 6,62%, resultando el modelo altamente significativo. La relación alométrica entre la altura total (HT) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) constituye un enfoque metodológico eficaz para la estimación indirecta de la altura, parámetro de elevada complejidad en evaluaciones in situ a diferencia del DAP, que presenta mayor precisión y facilidad de medición. El desarrollo de un modelo predictivo generalizado HT-DAP para *Neltuma alba* en la región de estudio, incorporando la calidad de sitio y la densidad del rodal, como variables de influencia permitió estimar la altura con un error absoluto que oscila entre 0,29 y 1,28 metros, y una variabilidad del 9 al 16%, en función del gradiente de calidad de sitio, reflejando la influencia de este factor en la precisión predictiva. Esta herramienta es eficaz para la silvicultura de *Neltuma alba*.

Palabras clave: algarrobo, altura dominante, silvicultura



Gonopterodendron sarmientoi [(Lorentz ex Griseb.) A.C. Godoy-Bürki (Palo Santo)]: Calidad y aptitud maderable

Vanina Chifarelli¹, Senilliani Maria Gracia², Bonacina Ernestina³, Valdemarca Agustina⁴, Tomaz Longhi-Santos⁴

¹ Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Tecnología de la Madera. Santiago del Estero, Argentina

² Universidad Nacional de Santiago del Estero de. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Silvicultura y Manejo del Bosque. Santiago del Estero, Argentina.

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Santiago del Estero, Argentina.

⁴ Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Brasil.

Correspondencia: vaninachifarelli@gmail.com

Gonopterodendron sarmientoi (Lorentz ex Griseb.) A.C. Godoy-Bürki, conocido como Palo Santo, es una especie endémica del Gran Chaco Americano de alto valor forestal y económico, que enfrenta una alta demanda nacional e internacional que puede llevar a su sobreexplotación y a la pérdida del ecosistema. Su distribución abarca el Norte de Argentina, el Oeste de Paraguay y el Este de Bolivia. Debido a su inclusión en el Apéndice II de la CITES, su comercio internacional está restringido, lo que exige un manejo basado en criterios técnicos y sostenibles. La madera es reconocida internacionalmente por sus excepcionales características: su alta densidad y peso específico superior a 1,1 kg/m³, lo que le confieren una notable dureza y durabilidad natural. Además, posee una coloración distintiva que varía de pardo a verdoso y un aroma intenso y persistente, atribuido a la alta concentración de aceites esenciales (guayacol) en su duramen. Estas cualidades la hacen ideal para tornería fina, ebanistería, tallados, pisos de lujo y postes de gran durabilidad. En este trabajo se propuso evaluar la calidad y aptitud maderable de fustes de *G. sarmientoi*, provenientes del departamento Güemes, provincia de Chaco, Argentina. En particular, se analizó la prevalencia y tipología de defectos de la madera en relación con las clases diamétricas, así como la proporción de duramen, un indicador clave del valor comercial del fuste. Se trabajó sobre 56 rodajas basales de árboles adultos dominantes, con diámetro a altura de pecho igual o superior a 35 cm, en buen estado sanitario. A cada ejemplar se le midió altura total, altura de fuste y diámetro basal. Las rodajas basales (de 15 a 20 cm de espesor) fueron cepilladas, lijadas y marcadas con cuatro radios para el conteo de los anillos de crecimiento y la medición de sus anchos. Además, se determinó la proporción de albura y duramen. Finalmente, se identificaron y cuantificaron los defectos presentes en la madera. El estudio reveló que existen diferencias en la incidencia de defectos según clases diamétricas de los árboles. Los defectos predominantes fueron el fuego, la excentricidad medular, las costillas basales y las acebolladuras. Los menos frecuentes fueron las pudriciones, los acañonados (hoquedad), las rajaduras, las galerías de insectos, la madera decolorada y la corteza inclusa. Se registraron porcentajes elevados de duramen, incluso en individuos de clases diamétricas reducidas. Los hallazgos confirman que la provincia del Chaco es una de las áreas con mayor aptitud maderable para la especie. Esta información es de carácter estratégico para la toma de decisiones en el ámbito del manejo y aprovechamiento forestal.

Palabras clave: bosque nativo, silvicultura, diámetro basal.



Conservación de la biodiversidad de *Passiflora* nativas de Paraguay mediante el modelado de distribución potencial

Claudia Pereira¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Recursos Vegetales, San Lorenzo, Paraguay.
Correspondencia: claudinha_7@hotmail.com

El género *Passiflora* (Passifloraceae) comprende unas 575 especies con múltiples usos alimenticios, ornamentales y medicinales. En Paraguay se han registrado al menos 22 especies nativas pertenecientes a los subgéneros *Passiflora* y *Decaloba*. A pesar de su importancia ecológica y potencial fitofarmacéutico, su distribución geográfica y estado de conservación son aún poco conocidos. En este contexto, el modelado de nicho ecológico se plantea como una herramienta eficaz para estimar la distribución potencial de estas especies, especialmente ante las limitaciones de acceso a zonas remotas y escasez de registros. Este trabajo tuvo como objetivo modelar la distribución geográfica potencial de las especies de *Passiflora* nativas de Paraguay utilizando el algoritmo MaxEnt, evaluando la influencia de variables ambientales. Además, comparar los modelos con los registros de distribución reales para identificar vacíos de colecta, estimar patrones de riqueza específica y delimitar zonas prioritarias para la conservación y recolección de germoplasma. Se compilaron 456 registros de presencia de *Passiflora* en Paraguay a partir de herbarios nacionales, internacionales, y colectas de campo. Se utilizó el software MaxEnt con 19 variables bioclimáticas de WorldClim para generar modelos de distribución potencial. Se delimitó el área de modelado exclusivamente al territorio paraguayo, recortando las capas ambientales a nivel nacional. Esta decisión permitió evitar sesgos derivados de condiciones ajenas al contexto ecológico local y asegurar una mayor precisión en la identificación de zonas prioritarias. Los modelos se evaluaron mediante el valor Área Bajo la Curva (AUC) y pruebas Jackknife. Los resultados se organizaron por subgénero (*Passiflora* y *Decaloba*), se exportaron a QGIS para la visualización de los mapas de distribución, además se superpusieron con ecorregiones y áreas protegidas del país. Se generaron modelos de distribución potencial para 22 especies nativas del género *Passiflora*. Los modelos presentaron altos valores de AUC ($\geq 0,824$), indicando muy buena a excelente calidad predictiva. El análisis de la contribución de variables ambientales reveló patrones diferenciados entre los subgéneros. *Passiflora* mostró una distribución más amplia, presente en las seis ecorregiones, especialmente el Chaco Húmedo y Bosque Atlántico. En contraste, *Decaloba* tuvo una distribución más restringida, concentrada en zonas húmedas de la Región Oriental. Algunas especies, como *P. foetida*, *P. misera* y *P. capsularis*, mostraron gran amplitud ecológica, mientras que otras, como *P. pohlii* y *P. palmatisecta*, estuvieron limitadas a hábitats muy específicos. Los mapas de riqueza específica permitieron identificar zonas con alta coincidencia de especies, principalmente en el Bosque Atlántico, centro-sur de Caazapá, Chaco húmedo y zona de transición Chaco seco-húmedo. En el caso de *Decaloba*, destacaron también el noreste de Guairá y Canindeyú. Estas regiones presentan baja representación en áreas protegidas y alta diversidad potencial, por lo que fueron propuestas como prioritarias para conservación in situ, recolección de germoplasma y estudios poblacionales. En conclusión, el modelado ecológico con MaxEnt se mostró efectivo para predecir la distribución potencial de *Passiflora* en Paraguay, incluso con datos limitados. Este enfoque representa una herramienta clave para optimizar la exploración, conservación y gestión de recursos fitogenéticos, así como para fortalecer la gestión territorial y protección de la biodiversidad.

Palabras clave: áreas protegidas, biodiversidad, conservación, MaxEnt, *Passiflora*



Biotecnología aplicada a la selección temprana de genotipos nativos adaptados a efluentes

Maria Victoria Vega Pérez¹, Graciela Castillo¹, Alicia Calabroni^{1,2}, Carlos Nardin^{1,2}, Víctor Dávalos², María Rosa Servín³, Osvaldo Frutos⁴, Darciane Eliete Kerkhof⁵

¹ Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales. Formosa, Argentina.

² Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Humanidades. Formosa, Argentina.

³ Universidad Nacional de Itapúa, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Encarnación, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Paraguay.

⁵ Faculdade Horizontina. Horizontina, Brasil.

Correspondencia: mavivega@yahoo.es

La clonación de especies como *Neltuma alba* y *Gleditsia amorphoides* representa una estrategia biotecnológica fundamental para la regeneración de ejemplares, que seleccionados por su vigor y adaptación favorece la implementación de sistemas de reutilización de aguas residuales. El objetivo del trabajo fue desarrollar un protocolo de propagación in vitro a partir de plántulas selectas de cuatro meses, con el fin de seleccionar tempranamente familias de progenies promisoras para su futura utilización en sistemas de riego con efluentes tratados. Se muestrearon al azar árboles semilleros, localizados en la Capital y en la localidad de Isla Cuba (Formosa-Argentina). De los árboles parentales se extrajeron frutos, siendo separadas las semillas de los mismos en forma manual. Las semillas fueron sometidas a un escarificado mecánico, y posteriormente desinfectadas en 1° alcohol al 70% durante 3 minutos, 2° en una solución 2% de hipoclorito de sodio más dos gotas de Tween 20, durante 30 minutos, 3° tres enjuagues con agua destilada estéril antes ser sembradas en el medio de Murashige y Skoog (1962). Una vez germinadas, y desarrolladas las plántulas al cabo de 20 días, estas fueron seccionadas en microestacas de 2 cm de longitud, cada una con una yema axilar, y cultivadas en MS suplementado con 1 mg·L⁻¹ AIB y 0,05 mg·L⁻¹ BAP. Tras una semana, las yemas elongadas se transfirieron a MS sin reguladores de crecimiento, siguiendo la metodología de Castillo de Meier et al. (1999). Los datos fueron analizados a través de un ANOVA no paramétrica, mediante software SAS Cary statistical package (2023), evaluándose porcentajes de: germinación, yemas elongadas, microestacas enraizadas, oxidación y aclimatación. El porcentaje de germinación para *N. alba* fue del 100% a las 72 h de haberse sembrado las semillas, el porcentaje de yemas elongadas del 90%, la formación de raíces superó el 90%, y la aclimatación en vivero el 80%, mientras que *G. amorphoides* alcanzó el 100% de semillas germinadas al 5° día de realizada la siembra, el porcentaje de yemas elongadas fue del 70%, y el porcentaje de enraizamiento del 69%. Las diferencias en los tiempos y porcentajes de germinación con respecto a *N. alba*, pueden deberse a factores intrínsecos de cada especie pudiendo presentar esta última latencia física más marcada debido a su cubierta seminal más dura. En cuanto a las diferencias en el porcentaje de enraizamiento, estos resultados reflejan contrastes en la capacidad morfogénica de cada especie. *N. alba* mostró un 90%, lo que sugiere una mayor eficiencia en la emisión de raíces adventicias bajo condiciones in vitro, posiblemente relacionada con factores como la plasticidad celular, la sensibilidad a auxinas y la edad fisiológica del explanto. En *G. amorphoides*, el enraizamiento más bajo podría estar influenciado por una menor tasa de desdiferenciación celular o requerimientos hormonales específicos no cubiertos del todo en el protocolo utilizado. El hecho de que el análisis estadístico haya arrojado diferencias significativas ($p \leq 0,001$) respalda que estos comportamientos no son producto del azar, sino de diferencias fisiológicas y genotípicas reales entre las especies.

Palabras clave: clonación, cultivo in vitro, semillas, microestacas, hormonas de crecimiento



Conservación de germoplasma de *Neltuma alba* y *Handroanthus heptaphyllus*: una estrategia para preservar especies nativas

María Victoria Vega Pérez¹, Graciela Castillo¹, Daniela Cleide Azevedo², Enrique Benítez León³, Víctor Davalos¹, Elba Cappello¹, Cecilia Juárez¹, Lidia Pérez de Molas³

¹ Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales. Formosa, Argentina.

² Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, Paraná, Brasil.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: mavivega@yahoo.es

La conservación de especies nativas representa una herramienta fundamental en la defensa de la biodiversidad y el equilibrio ecológico. En este contexto, *Neltuma alba* (algarrobo blanco) y *Handroanthus heptaphyllus* (lapacho negro) se destacan como dos especies emblemáticas del Norte argentino, no solo por su valor ecológico, sino también por su importancia económica y cultural. Estas especies cumplen roles esenciales en los ecosistemas donde habitan: desde la provisión de hábitat y alimento para la fauna local, hasta la mejora de la calidad del suelo y la regulación del microclima. Conservarlas no solo implica proteger la riqueza natural, sino también fortalecer las bases para un desarrollo sostenible que respete las identidades territoriales y los saberes ancestrales. Con el objetivo de resguardar el valioso germoplasma de *N. alba* y *H. heptaphyllus*, se implementó un protocolo de conservación ex situ durante 12 meses, en el que se evaluó la viabilidad y el porcentaje de germinación. El material fue recolectado de rodales semilleros registrados en el INASE y de áreas semilleras estratégicas. Para asegurar la diversidad genética y evitar la depresión por endogamia, los frutos se obtuvieron de árboles distanciados más de 100 metros entre sí. Además, se seleccionaron diez fenotipos al azar siguiendo criterios establecidos por la FAO (1980), y se georreferenciaron mediante GPS, las semillas fueron desecadas en gel de sílice hasta alcanzar un contenido de humedad entre un 4% y 6,4%, permitiendo preservar su viabilidad. Posteriormente, el lote fue dividido en cuatro submuestras de 100 semillas cada una (ISTA, 1993), y se sembraron sobre arena húmeda tratada con Captan al 0,5% en bandejas plásticas cubiertas con bolsas de polietileno de 20 µm, colocándose en cámara de germinación a 27°C con fotoperíodo de 16:8 h (luz:oscuridad), y aplicándose 50 mL de agua, día por medio. En *N. alba* la germinación comenzó entre las 48 y 72 h según la procedencia, finalizando a los 17 días, mientras que en *H. heptaphyllus* a las 96 h, y concluyó a los 20 días. *N. alba* presentó diferencias altamente significativas ($p=0,001$, prueba de Kruskal-Wallis) en el porcentaje de germinación entre 67% (Roque Sáenz Peña) y 99,6% (Formosa), evidenciando el impacto de las diferentes ecorregiones. En cambio, *H. heptaphyllus* alcanzó un 80% de germinación sin diferencias significativas entre procedencias. El protocolo de conservación implementado mantiene la viabilidad y porcentaje de germinación de las semillas de ambas especies durante 12 meses, confirmando su aplicabilidad en banco de germoplasma. Además del almacenamiento en bancos de germoplasma, se recomienda la propagación clonal in vitro como herramienta clave para multiplicar masivamente estas especies de interés forestal, dada su creciente importancia productiva. Esta estrategia integral no solo impulsa la sostenibilidad del patrimonio forestal (ODS 15), sino que también fortalece la resiliencia al cambio climático (ODS 13), genera oportunidades económicas a nivel local (ODS 8), contribuye a la seguridad alimentaria y promueve la conservación de la biodiversidad (ODS 2 y ODS 12), consolidando un enfoque alineado con el desarrollo sostenible.

Palabras clave: semillas, contenido de humedad, porcentaje germinativo



Determinación de la proporción de albura y duramen en la madera del híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*

Blanca Viviana Silva Pinto¹, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes¹, Verónica Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: vivianaspinto2001@gmail.com

La industria forestal en Paraguay está en constante crecimiento y abarca diversas áreas de producción, desde productos primarios hasta secundarios. La proporción de albura y duramen en la madera es un parámetro clave para determinar su calidad y uso final. El objetivo de este estudio fue cuantificar dicha proporción en el híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* proveniente de plantaciones de dos edades diferentes (9 y 11 años), analizando su variación a distintas alturas del fuste. La investigación se realizó en el Aserradero y Carpintería de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Se utilizaron rodelas de 13 árboles (6 de 9 años de edad y 7 de 11 años), procedentes de una plantación ubicada en Coronel Maciel, Caazapá, con espaciamiento de 4 m x 2 m y sin tratamientos silviculturales. De cada árbol se extrajeron 5 rodelas cada dos metros, midiendo el diámetro total y el diámetro del duramen para aplicar las fórmulas correspondientes. El diseño experimental fue factorial completamente al azar (2 x 5), considerando 2 edades y 5 alturas, y los datos se analizaron mediante ANOVA al 95% de confianza con el programa Statgraphic Centurion. Los resultados mostraron que la altura no influye significativamente en la proporción de duramen, pero sí en la de albura, aumentando esta última hacia la copa. En cambio, la edad demostró un efecto estadísticamente significativo: los árboles de 11 años presentaron un 75% de duramen, frente al 61% en los de 9 años. Este estudio confirma que la edad es un factor determinante en la formación de duramen en *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, con un incremento notable entre los 9 y 11 años. Aunque la altura no afecta significativamente el contenido de duramen, sí influye en la distribución de albura, lo que sugiere que, para fines industriales donde se priorice el duramen, el manejo silvicultural debería enfocarse en rotaciones más largas. Estos resultados respaldan la importancia de considerar la edad y la altura como variables claves en la planificación forestal, especialmente para usos que requieran de mayor calidad como la madera.

Palabras clave: albura, duramen, rodelas, híbrido



Comportamiento de diferentes híbridos clonales de *Eucalyptus* en zona alta y baja, localidad de Ñaumby (Caazapá): tercer año de implantación

Javier Ortigoza¹, Hugo Asunción Espinola¹, Alder Gonzalo Sosa¹,
Alma María Torres Ferreira¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: javierortigoza25@hotmail.com

La expansión del cultivo de eucalipto en el Departamento de Caazapá plantea el desafío de identificar clones que respondan adecuadamente a las condiciones locales y satisfagan la creciente demanda de madera. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de híbridos clonales en dos tipos de suelo (zona alta y zona baja) en la localidad de Ñaumby, distrito de Caazapá, durante el tercer año de crecimiento. Los suelos de la zona alta se encuentran en una posición fisiográfica alta con un porcentaje de pendiente del 2%, drenaje muy rápido y rocosidad nula, textura franco arenoso, con una profundidad mayor a 2 m y los suelos de la zona baja se encuentran en una posición fisiográfica baja media con un porcentaje de pendiente del 0,3%, drenaje lento a moderado, textura franco arenosa, con una profundidad de 0,6 m. El estudio se desarrolló como parte de un proyecto conjunto entre la Facultad de Ciencias Agrarias, Filial Caazapá, y la empresa Felber Forestal. Se planteó la hipótesis de que existen diferencias significativas entre clones en cuanto a la altura de planta (H) y el diámetro a la altura del pecho (DAP). El experimento se implementó bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, sumando 20 unidades experimentales de 500 m² cada una, conformadas por diez plantas por unidad con espaciamiento de 10 m entre hileras y 5 m entre plantas. Se estableció un borde perimetral con una hilera de eucaliptos, abarcando un área total de 10.000 m² por zona. Los tratamientos fueron: T1: FF02 (“E. urograndis”), T2: FF06 (“E. urograndis”), T3: FF08 (“E. urograndis”) y T4: FF12 (Triclón “E. urograncan”). Las plantaciones se establecieron en septiembre de 2021 y se realizaron mediciones a los 28, 32 y 36 meses. Se aplicó análisis de varianza (ANAVA) y prueba de Tukey al 5% de significancia, utilizando el software Infostat. Los resultados mostraron que, en la zona alta, FF12 presentó mayor H a los 28 meses (9,22 m), pero sin diferencias significativas en las evaluaciones posteriores. En la zona baja, FF12 tuvo consistentemente la mayor H en todas las evaluaciones (8,54; 9,41 y 10,10 m). En cuanto al DAP, FF02 fue superior en la zona alta a los 28 meses (9,70 cm), mientras que, en la zona baja, FF12 fue superior en la primera medición (9,36 cm), sin diferencias posteriores. Se concluye que no se detectaron diferencias significativas entre los clones evaluados en la zona alta ni en la zona baja.

Palabras clave: silvicultura, crecimiento forestal, altura, diámetro



Reduciendo la incertidumbre territorial en proyectos forestales: evaluación geoespacial estratégica para decisiones de gran escala

Víctor Daniel Del Puerto Gauto¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: vdelpuerto@gmail.com

En Paraguay, las decisiones territoriales para proyectos forestales de gran escala suelen estar marcadas por altos niveles de incertidumbre. La falta de información técnica actualizada, integrada y precisa retrasa la toma de decisiones estratégicas y puede derivar en inversiones fallidas o subóptimas. Esta situación se agrava cuando se trata de áreas extensas, donde las evaluaciones tradicionales requieren tiempo, logística y recursos que muchas veces no están disponibles. La necesidad de reducir la incertidumbre territorial de forma rápida y confiable se vuelve una condición fundamental para el desarrollo forestal sostenible en el país. El presente trabajo propone una metodología de evaluación territorial acelerada mediante herramientas geoespaciales, orientada a la toma de decisiones en proyectos forestales de gran escala. El objetivo es demostrar cómo esta integración tecnológica permite determinar, en pocos días, la viabilidad forestal de miles de hectáreas con una base técnica sólida, precisa y multidimensional. Se utiliza una combinación de sensores RGB y multispectrales montados en drones de ala fija (WingtraOne Gen II y eBee X), integrados con software de fotogrametría (Agisoft Metashape), modelado del terreno (Virtual Surveyor), y análisis SIG (QGIS y Global Mapper). A partir de estas herramientas, se generan ortofotos de alta resolución, modelos digitales del terreno, curvas de nivel, análisis NDVI, sectorización de coberturas, mapeo de accesos, hidrología superficial y zonificación de restricciones. Todo el proceso se estructura para ser ejecutado en menos de una semana desde la campaña aérea hasta la entrega de productos interpretados. La metodología permite evaluar bloques de hasta 2.000 hectáreas en un plazo de 4 a 7 días, entregando información estratégica que orienta decisiones de compra, forestación o infraestructura interna. En escenarios de adquisición de tierras de 5.000 hectáreas, se ha demostrado que hasta un 10% puede ser inutilizable por condiciones topográficas o hidrológicas. Esa pérdida equivale a más de 500.000 USD en inversión directa, sin contar la pérdida de rendimiento proyectado. La herramienta propuesta permite anticipar ese riesgo y reducirlo casi a cero antes de avanzar con compromisos mayores. Esta metodología representa una innovación práctica para la gobernanza forestal en Paraguay. No reemplaza los estudios de factibilidad, pero los precede y orienta, ofreciendo un insumo confiable para tomar mejores decisiones desde el inicio. Su aplicación puede transformar los procesos de planificación territorial, conectar actores técnicos y estratégicos, y reducir significativamente los tiempos y riesgos en proyectos forestales a gran escala. En un entorno donde el desarrollo aún opera con información parcial, reducir la incertidumbre territorial es el primer paso para lograr inversiones sostenibles y eficientes.

Palabras clave: incertidumbre, tecnología geoespacial, proyectos forestales, decisión estratégica, análisis territorial



Impacto de la fertilización básica y de cobertura en el comportamiento inicial del eucalipto híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*

Javier Ortigoza¹, Alma María Torres Ferreira¹, Cristian Ariel Ramirez Acosta¹, Juan José Vera Samaniego¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: javierortigoza25@hotmail.com

El eucalipto presenta altas demandas nutricionales durante su fase inicial de crecimiento, estimadas en 80 a 120 kg/ha de nitrógeno (N), 60 a 90 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 70 a 110 kg/ha de potasio (K₂O) durante el primer año de establecimiento. En la zona de Caazapá, existe escasa información sobre los requerimientos nutricionales del cultivo en los primeros meses de implantación. Con el objetivo de evaluar el comportamiento del eucalipto ante diferentes dosis de N y K aplicadas en cobertura, se llevó a cabo un experimento en la Facultad de Ciencias Agrarias – Filial Caazapá. El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA), con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales de 288 m² cada una. Cada unidad incluyó 12 plantas, con espaciamiento de 8 m × 3 m, adaptado a sistemas silvopastoriles, en un área total de 12.400 m². Se evaluaron ocho tratamientos: un testigo absoluto sin fertilización (T1), y distintas combinaciones de fertilización básica y de cobertura con N y K₂O. La fertilización básica consistió en la aplicación de 100 g por planta de la fórmula 4-30-10, equivalente a 4 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 10 kg/ha de K₂O. La fertilización de cobertura se aplicó 60 días después del trasplante, con entre 15 y 30 g por planta de N y/o K₂O, lo que representó un aporte adicional de 15–30 kg/ha de cada nutriente, alcanzando un máximo de 34 kg/ha de N, 30 kg/ha de P₂O₅ y 60 kg/ha de K₂O. Las plantaciones se realizaron en septiembre de 2018, y las evaluaciones de crecimiento (altura en m y diámetro en cm) se efectuaron trimestralmente en marzo, junio y septiembre de 2019. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y la prueba de Tukey al 5% de significancia, utilizando el software InfoStat. Los resultados mostraron un efecto positivo de la fertilización en el crecimiento inicial del eucalipto. En marzo, los tratamientos fertilizados (T2 a T8) alcanzaron promedios de 2,20 m de altura y 2,60 cm de diámetro, superando significativamente al testigo (1,15 m y 1,22 cm). En junio, estos promedios fueron de 3,20 m y 4,15 cm, frente a 1,68 m y 2,13 cm del testigo. Finalmente, en septiembre, los tratamientos con fertilización de cobertura (T3 a T8) presentaron los mayores valores, con promedios de 4,16 m de altura y 6,40 cm de diámetro, superando tanto al testigo (2,14 m y 2,87 cm) como al tratamiento con fertilización básica sola (T2: 3,11 m y 3,92 cm). En conclusión, la fertilización básica, aunque necesaria, no es suficiente para lograr un crecimiento óptimo del eucalipto durante su establecimiento; se requiere complementar con fertilización de cobertura para asegurar un desarrollo superior en altura y diámetro, variables clave para el éxito de sistemas forestales y silvopastoriles.

Palabras clave: crecimiento; altura; diámetro base de cuello



Evaluación del desarrollo de genotipos clonales de *Tectona grandis* L.f. en San Cristóbal de Pocosal, San Carlos, Costa Rica

Adela Rebeca Redondo Fonseca¹, Ernesto Alonso Obregón Araya¹,
Rafael Ángel Murillo Cruz¹

¹ Universidad Nacional de Costa Rica, Instituto de Investigación y Servicios Forestales. Heredia, San Rafael, Costa Rica.

Correspondencia: adela.redondo.fonseca@est.una.ac.cr

Tectona grandis L.f. (Teca), es una de las especies más cultivadas en Costa Rica y a nivel mundial, debido a la alta calidad de su madera y su gran demanda en el mercado. Es un árbol que puede alcanzar los 35 metros de altura, en los mejores sitios de Costa Rica. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el desempeño fenotípico de 17 clones de *Tectona grandis* L.f. establecidos en una plantación, mediante el análisis de variables como altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) y volumen, con el fin de identificar los genotipos con mayor potencial productivo. La investigación se realizó en la “Finca San Cristóbal”, ubicada en Pocosal de San Carlos, en la provincia de Alajuela, dónde se establecieron 4 bloques completos. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. En cada bloque se distribuyeron aleatoriamente tres parejas de rametos por clon, conformando unidades de muestreo de seis plantas por clon en cada bloque. Las mediciones se realizaron a la edad de 3 años y 2 meses de establecido el ensayo, y los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, se utilizó el programa Excel para la revisión de los mismos y el ordenamiento, luego se llevaron a INFOSTAT versión 2023. Se hizo el análisis de varianza (ANOVA) y se compararon las medias por medio de la prueba de Tukey (0,05). El sitio presentó condiciones edafológicas con ciertas limitaciones, como una saturación de acidez del 4,4% y un pH de 5, lo cual puede afectar el desarrollo de la Teca. Aun así, los resultados mostraron que los clones 1, 2 y 3 destacan por su desempeño, con ganancias fenotípicas de hasta un 15,09% en DAP, 12,68% en altura y 48,41% en volumen respecto a la media poblacional, mientras que los clones 24 y 48 reflejaron los menores rendimientos. Los hallazgos de este estudio aportan evidencia para la toma de decisiones en selección clonal de Teca en Costa Rica, demostrando que es posible alcanzar buenos resultados incluso en suelos con limitaciones, mediante la adecuada elección de fenotipos, aunque se recomienda continuar con el seguimiento para confirmar su estabilidad en edades posteriores.

Palabras clave: Clones, fenotipo, selección, Teca



Propuesta de diseño de sistema silvopastoril con *Cordia alliodora*, *Gliricidia sepium*, *Morus alba* y *Tithonia diversifolia* para la diversificación productiva y la reducción del uso de concentrado en la alimentación bovina en Bijagua, Upala, Costa Rica

Karla Ramírez Monge¹, Miguel Gamboa Herrera¹, Sara Ramírez Quirós¹,
Martin Campos Vega¹, Landon Obando García¹

¹ Universidad Nacional de Costa Rica, Escuela de Ciencias Ambientales. Heredia, Costa Rica.

Correspondencia: karla.ramirez.monge@est.una.ac.cr

Un sistema silvopastoril es una práctica agroforestal que permite integrar árboles, arbustos y pastos con la producción ganadera, lo que contribuye a la conservación del suelo, el bienestar animal y la sostenibilidad productiva. Por lo que, el presente trabajo propone implementar este sistema como medida de asistencia a pequeños productores agropecuarios que cuentan con una finca donde actualmente se dedica al ganado de engorde y a la producción de árboles maderables de *Cordia alliodora* para aprovechamiento familiar. El objetivo de esta propuesta es crear una alternativa para diversificar ingresos, disminuir la dependencia del concentrado y mejorar la calidad de los bovinos. Para la implementación del sistema, se realizó un diagnóstico biofísico donde se evaluó la topografía del lugar, un diagnóstico agroforestal, para evaluar el componente maderable, un diagnóstico social que permitió conocer los objetivos y la visión del productor, y un diagnóstico económico, que permitió conocer las condiciones actuales; todos se realizaron por medio de entrevistas a los productores de la finca y se elaboró así, un análisis de adaptabilidad del sistema donde el equipo técnico y productor establecieron calificaciones para criterios como, compatibilidad y factibilidad del sistema; también, se realizó un censo forestal, donde se midieron alturas, diámetros y se evaluó las condiciones de los árboles presentes en el área, utilizando instrumentos como cintas métricas, diamétricas y clinómetros, además, por medio del Software QGIS, se determinó la ubicación del sitio, el análisis espacial y la elaboración de mapas. En la propuesta de diseño se plantea el uso de bancos forrajeros con especies que aporten nutrición al ganado y que disminuya la dependencia del concentrado comercial. Se distribuirán estratégicamente en hileras y linderos dentro de un diseño rotacional por apartos (potreros), lo que permite el establecimiento gradual de las especies mientras se mantiene la actividad ganadera. Para tal fin, se consideró integrar especies como *Gliricidia sepium*, *Morus alba* y *Tithonia diversifolia*, las cuales mediante revisión bibliográfica se determinó que aportan nutrientes necesarios como lo es en el caso de la *Gliricidia sepium* (madero negro), la cual se destaca por tener un alto contenido de proteína cruda (18-22%), por ser de buena digestibilidad para el ganado y por su bajo contenido de taninos; de igual manera en la especie *Tithonia diversifolia*, que en sus hojas se encuentra un rango de 20 a 30% de proteína, mientras que *Morus alba* favorece al engorde de los bovinos. Como parte de los resultados, el análisis de adaptabilidad reflejó un 71,2% por parte del equipo técnico y un 78,4% por parte de los productores, lo que demuestra que se tiene una buena viabilidad y aceptación de ambas partes, el sitio cuenta con condiciones adecuadas para implementar las especies propuestas. En relación con lo expuesto, es posible concluir que el diseño silvopastoril propuesto representa una alternativa con la capacidad de adaptarse a las condiciones presentes en la zona y en el terreno, para mejorar el bienestar de los bovinos y reducir costos significativos de alimentación.

Palabras clave: sistema silvopastoril, plantas forrajeras, bienestar animal, ganadería bovina, sostenibilidad económica



Diversidad y estructura de hongos micorrízicos arbusculares en la rizosfera de *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla* para dos sitios de Costa Rica

Dawa Méndez-Álvarez¹, María Rodríguez-Solís¹, Hassan Polo-Marcial², Luis Alberto Lara-Pérez², William Watson-Guido³, Sofía Patricia Jiménez-Poveda¹, Dagoberto Arias-Aguilar¹, William Rivera-Méndez³

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.

² Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Quintana Roo, México.

³ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología. Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: damendez@itcr.ac.cr

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) establecen una relación simbiótica esencial con la mayoría de las plantas terrestres, desempeñando un papel fundamental en la dinámica, funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas. Estos hongos favorecen la absorción de nutrientes, mejoran la estructura del suelo y contribuyen a la resiliencia de las plantas frente a condiciones adversas. A pesar de su importancia, existen relativamente pocos estudios que exploren la diversidad y composición de los HMA asociados con especies forestales, especialmente en distintos tipos de ecosistemas o bajo diferentes formas de manejo. El objetivo principal de este estudio fue caracterizar la diversidad y estructura de las comunidades de HMA presentes en asociación con dos especies forestales de interés comercial y ecológico: *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla*, en dos sitios ubicados en Costa Rica que presentan diferencias en su manejo forestal. Para lograrlo, se recolectaron muestras de rizósfera y suelos provenientes de 10 árboles seleccionados al azar en cada sitio. Posteriormente, se aislaron y caracterizaron morfológicamente las esporas y esporocarpos encontrados, y se evaluaron la abundancia, riqueza y diversidad de las especies de HMA. Además, se llevó a cabo un análisis fisicoquímico del suelo para comprender los factores que podrían influir en la estructura de estas comunidades. En total, se identificaron cincuenta y siete morfoespecies de HMA, distribuidas en cinco órdenes, diez familias y quince géneros distintos, observándose un claro predominio de los órdenes Diversisporales y Glomerales. Si bien no se detectaron diferencias significativas en la abundancia total de esporas entre *Cordia alliodora* y *Swietenia macrophylla*, sí se hallaron diferencias significativas en los modos de formación y en la composición específica de las comunidades de HMA. El análisis de diversidad alfa evidenció que las especies raras juegan un papel clave en las diferencias observadas entre los sitios, y que variables edáficas como el pH y el contenido de fósforo disponible tienen una influencia notable sobre la estructura de estas comunidades. Este tipo de estudios pone de relieve la necesidad de considerar la identidad, composición y diversidad de los HMA en estrategias de manejo y conservación de especies forestales, especialmente aquellas de relevancia comercial y ecológica en diversos ecosistemas.

Palabras clave: sistema agroforestal, Parque Nacional Santa Rosa, Glomeromycota, Laurel, Caoba



Contracciones lineales de madera de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wita

Carla Rosario Beloso Urquiza¹, Karina Marcela Velarde¹, Carmen del Rosario Sosa Pinilla¹

¹ Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales. Formosa, Argentina.

Correspondencia: carlitaurquiza19@gmail.com

Leucaena leucocephala es una especie arbórea de la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae originaria de México, Nicaragua, Honduras y El Salvador. Ha sido introducida desde Centroamérica al resto del mundo. Esta especie es conocida por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales siendo catalogada como invasora, a pesar de ello es promovida para forraje por el alto poder proteico de sus frutos y semillas, también es utilizada en el arbolado urbano en regiones cálidas y templadas de la Argentina. Las plantaciones maduras alcanzan dimensiones de fustes aprovechables como madera. Poco se conoce de las cualidades y potencialidad que tiene la madera de *Leucaena*, se la define como madera fuerte y durable destinada a usos como durmientes, carpintería, entarimados, también como leña y carbón de excelente calidad. Este trabajo propone determinar las contracciones lineales (tangencial, radial y axial) de la madera de *Leucaena leucocephala* a través de ensayos exploratorios con el objetivo de conocer su anisotropía, atributo que permite su clasificación. El material para los ensayos se obtuvo de un ejemplar del arbolado urbano de la ciudad de Formosa. Del rollizo de 1,20 m de longitud y 24,5 cm de DAP se cortaron tres rodajas de 3 pulgadas de espesor de las cuales se obtuvieron las probetas de ensayo. Se trabajó con un total de 36 probetas (12 por cada orientación). Las contracciones totales lineales (tangencial, radial y axial) se determinaron a partir de madera seca al aire según la Norma IRAM 9543 (1966). El análisis de los resultados se realizó con el software estadístico Infostat® (2020). La madera de *Leucaena leucocephala* presenta valores medios de contracción lineal del 7,19% en dirección tangencial, del 2,8% en dirección radial y del 0,98% en dirección axial. El PSF alcanza un 28,22%. El coeficiente de anisotropía es de 2,56 clasificando como madera inestable según los parámetros establecidos por Coronel (1994) para especies latifoliadas. Según los resultados obtenidos se concluye que la madera de *Leucaena leucocephala* es inestable desde el punto de vista de la conservación de sus dimensiones. Estos resultados deben contrastarse con estudios más detallados que contemplen factores como mayor número de trozas, altura de tronco y distancia a la médula, indispensables para un análisis más detallado.”

Palabras clave: Contracciones lineales, Madera, *Leucaena leucocephala*



Rendimiento del aserrado de madera de raleo de *Neltuma alba* Griseb. proveniente de plantación

Walter Ariel Degano¹, Albano Ariel Santillan¹

¹ Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales, Centro Tecnológico de la Madera. Formosa, Argentina.

² Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal. Formosa, Argentina.

Correspondencia: walterdegano@yahoo.com.ar

Los Algarrobos son especies de importancia estratégica en muchos distritos del país, en especial de la Región Chaqueña de Argentina, dado la gran valoración asignada por la sociedad en su conjunto, que encuentra en ellos, diversos beneficios en productos madereros y no madereros, que satisfacen necesidades básicas para personas y animales; además de cumplir un rol trascendente desde lo ecológico y ambiental, tienen una extensa distribución y localización en el territorio. No se encontraron antecedentes en la región de estudios sobre tasa de aprovechamiento de madera aserrada de *Neltuma alba* proveniente de plantaciones. Determinar el rendimiento de aserrado de rollos de raleo, de una plantación de 11 años de edad en la provincia de Formosa – Argentina. Se trabajo con 25 rollos (ultimo lote), resultante de la transacción comercial de 15 tn entre el productor y un establecimiento maderero ubicado en el parque industrial de la provincia de Formosa. El material procede de raleo comercial de una plantación de *Neltuma alba* ubicada en la localidad Buena Vista, región Este/Húmeda de la provincia, con localización geográfica 25°8'17" S; 58°23'1" O. La obtención de madera aserrada, se realizó en tres etapas: 1. aserrado de rollo, 2. desdoblado y 3. Despunte. Para la cuantificación del volumen con corteza de las trozas se utilizó la fórmula de Smalian (INAB, ITTO, 2016). Para calcular el rendimiento en porcentaje, se realizó el cociente entre el volumen de tablas (Vt) y el volumen de rollo (Vr), utilizando la expresión (Arreaga Morales, 2007) mencionado por Coronel de Renolfi (2012): $R\% = Vt / Vr * 100$. Se realizaron el ANOVA y la prueba de Tukey para la comparación de medias de la variable rendimiento. Para cumplimiento de normalidad de distribución se usó el test de Shapiro-Wilk. En todas las pruebas estadísticas se trabajó con un nivel de significación α del 5%. Se utilizó el software estadístico InfoStat. Se obtuvieron 618 piezas aserradas de muy variadas dimensiones. El rendimiento medio fue de 24,26% con una alta dispersión entre los valores mínimo y máximo. Se encontró una función de ajuste entre el volumen de rollo y el volumen de tablas. En el estudio de la variabilidad del rendimiento entre las clases diamétricas el p-valor obtenido fue mayor al α 0,05. El test de Tukey, reportó que las medias de las clases no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). La ausencia de relación o dominio de las variables diámetro, conicidad, largo en el rendimiento, coincide con lo afirmado por Coronel de Renolfi (2012) para ejemplares adultos de Algarrobo blanco provenientes de bosques nativos. El rendimiento obtenido (24,26%) es similar a lo informado, en comunicaciones personales, por referentes locales de establecimientos madereros. De todas las variables en juego, el volumen de rollo resultó la regresora que mejor ajusta en las funciones ensayadas. Para lograr tasas mayores, se deberá trabajar en un concepto integral de aprovechamiento del material sólido. Se sugiere ampliar el n del estudio.

Palabras clave: raleo, aserrado, rendimiento, algarrobo



Efecto de diferentes combinaciones de sustratos sobre la terminación de mudas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)

Javier Ortigoza¹, Alma María Torres Ferreira¹, Edgar David Ferreira¹,
Juan José Vera Samaniego¹, María Eugenia Torres¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: javierortigoza25@hotmail.com

La producción y comercialización de mudas de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) se ha convertido en una actividad de creciente importancia en las zonas productoras del Paraguay. Sin embargo, uno de los principales obstáculos en vivero es la falta de conocimiento sobre el sustrato adecuado para garantizar un desarrollo óptimo de los plantines. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintas combinaciones de sustratos sobre el crecimiento y la terminación de mudas de yerba mate en condiciones de vivero. La investigación se realizó en la localidad de San Agustín, distrito de Paso Yobai (departamento de Guairá), bajo condiciones controladas en un umbráculo de 15 m². Se adoptó un diseño completamente al azar (DCA) con 13 tratamientos y tres repeticiones, totalizando 39 unidades experimentales. Cada unidad estaba compuesta por 30 mudas sembradas en macetas de 15 cm × 10 cm. Los tratamientos consistieron en combinaciones 1:1:1 de tres componentes seleccionados entre estiércol bovino, estiércol ovino, tierra de monte, tierra agrícola, bagazo de caña (bagacillo), aserrín y carbonilla. Además, se incluyó un sustrato comercial como testigo (T13). El sustrato comercial utilizado está compuesto por (mezcla de cascarilla de arroz, turba y vermiculita expandido, calcáreo, yeso y fertilizante NPK). Las variables evaluadas fueron: altura de las mudas, diámetro del cuello y tiempo de terminación. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias mediante el test de Tukey al 5% de significancia. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). El tratamiento T1 (estiércol bovino + bagacillo + aserrín) presentó el mayor desarrollo vegetativo, con una altura promedio de 44,53 cm y un diámetro en la base del cuello de 5,09 mm, superando significativamente a los demás. El sustrato comercial (T13) ocupó una posición intermedia, con 29,80 cm de altura y 5,23 mm de diámetro. En cambio, los tratamientos que incluyeron carbonilla en su composición mostraron los resultados más bajos, con promedios de apenas 6,68 cm de altura y 2,14 mm de diámetro, lo cual indica un efecto negativo de este componente sobre el crecimiento de las mudas. Asimismo, se observó que las mudas lograron su estado de terminación (tamaño comercializable) a los cuatro meses después del repique, en los tratamientos T1 y T13, mientras que en el resto se retrasó. En función de los resultados, se concluye que la mezcla compuesta por estiércol bovino, bagacillo y aserrín (T1) constituye una alternativa económica, de fácil acceso y de alto rendimiento para la producción de mudas de yerba mate en vivero, al igual que el sustrato comercial (T13), ambos significativamente superiores a las demás combinaciones evaluadas.

Palabras clave: estiércol bovino, bagacillo, aserrín, plantines, vivero



Diversidad poblacional de Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) en un bosque nativo semidegradado de la Reserva Guarapi

Alina Rojas¹, Marilia Araceli Salinas¹, Fatima Rios¹, Marian Andrea Villamayor Gavilán¹, Ariadna Ledesma Llanos¹, Esteban Andrés Benítez Doldán¹, Marcos Adrián Ortiz Cabrera²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Reserva Natural Guarapi. Paraguari, Paraguay.

Correspondencia: celenerojasmora@gmail.com

Los curculionidos son plagas forestales de gran importancia, debido a su capacidad para penetrar la madera y su asociación a hongos del Phylum Ascomycota, que aceleran la pudrición de la madera; por lo que se estudió la diversidad de Scolytinae y Platypodinae en la Reserva Guarapi. El estudio se llevó a cabo en un bosque nativo semidegradado en la ciudad de Yaguaron. El lugar está conformado por una variedad de especies forestales, en su mayoría pertenecientes a la Familia Fabaceae, tales como: Timbó, Yvyra ju, Kurupa'y kuru, Kurupa'y, Yvyra Pyta y Leucaena, además, se pueden apreciar individuos de Guatambú, Samu'u y Ombu en el lugar, estas especies también representan posibles hospederos para las plagas forestales ya mencionadas. Para la metodología se emplearon trampas de caída tipo pitfall, con cebo y sin cebo, conformados por un vaso con abertura circular que fue enterrada al ras del suelo. Una vez enterrados fueron llenados hasta la mitad de su capacidad con alcohol al 70%. La trampa de caída con cebo orgánico estuvo constituida por una malla metálica, que sostenía 20 gramos de estiércol vacuno envuelto en gasa. Estas trampas fueron colocadas en el suelo separadas en una distancia de 10 metros entre ellas. Fueron instaladas un total de 10 trampas, por colecta, la mitad de ellas con cebo mientras que la mitad restante sin cebo. Los insectos fueron colectados cada 15 días en 3 ocasiones, totalizando 30 colectas. Los insectos colectados se llevaron al Laboratorio de Bioensayos Entomológicos de la FCA/UNA, para su identificación se utilizaron claves taxonómicas de Pérez et al. (2021); Burgos y Hernández (2020) y Fujihara et al. (2016). Fueron colectados 123 especímenes de la Subfamilia Scolytinae, de los cuales 39 corresponden al método trampa con cebo y 84 sin cebo; se identificó una sola especie, *Xyleborus bispinatus* Eichhoff, en cuanto a la Subfamilia Platypodinae, fueron colectados 3 individuos, 2 pertenecen a la trampa cebada y 1 del tipo sin cebo, los ejemplares fueron identificados como *Platypus* sp. Estas especies son conocidas comúnmente como insectos barrenadores por afectar la madera al realizar las galerías donde depositan sus huevos y cultivan las esporas de los hongos que servirán como fuente de nutrición para las larvas y adultos. La Subfamilia Scolytinae presenta una mayor abundancia poblacional a comparación de la Subfamilia Platypodinae, que puede deberse a un mejor aprovechamiento de los recursos y, mayor adaptación a las condiciones del ambiente, lo que facilita el ataque a las especies arbóreas del bosque.

Palabras clave: *Xyleborus*, *Platypus*, plaga forestal



Diversidad de hormigas cazadoras (Ponerinae y Ectatomminae) asociadas a los elementos del paisaje de la Reserva Guarapi

Ariadna Ledesma Llanos¹, Marilia Araceli Salinas¹, Fatima Rios², Marian Andrea Villamayor Gavilán¹, Alina Rojas¹, Esteban Andrés Benítez Doldán², Marcos Adrián Ortiz Cabrera³

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Agronómica. San Lorenzo, Paraguay.

³ Reserva Natural Guarapi. Yaguaron, Paraguay.

Correspondencia: ariadnaled002@gmail.com

Las hormigas cumplen un papel crucial en los ecosistemas boscosos, contribuyendo a la aireación e incorporación de nutrientes al suelo, dispersión de semillas y a la descomposición de la materia orgánica. En el caso concreto de hormigas Ponerinae y Ectatomminae, su preferencia por hábitats con cobertura boscosa las posiciona como un grupo de artrópodos con potencial bioindicador. Además, ayudan a controlar poblaciones de plagas ya que su dieta incluye insectos. El objetivo de este trabajo fue conocer las especies de hormigas cazadoras presentes en un bosque nativo semidegradado de la reserva Guarapi en la ciudad de Yaguarón, además determinar índices faunísticos (constancia, frecuencia y dominancia). El bosque en el que se llevó a cabo el estudio se compone principalmente por especies tales como timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), yvyra ju (*Pseudalbizzia niopoides*), kurupa'y kuru (*Anadenanthera colubrina*), yvyra pyta (*Peltophorum dubium*), guatambu (*Balfourodendron riedelianum*), samu'u (*Ceiba speciosa*), ombu (*Phytolacca dioica*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y tacuaras (*Guadua chacoensis*). Para la metodología se emplearon trampas de caída tipo pitfall, conformadas por un vaso con abertura circular que fue enterrado al ras del suelo. Una vez enterrados fueron llenados hasta la mitad de su capacidad con alcohol al 70%. Cada trampa contó con cebo orgánico constituido por una malla que sostenía 20 gramos de estiércol vacuno envuelto en gasa. Fueron instaladas 5 trampas con cebo, los insectos fueron colectados cada 15 días en tres ocasiones, totalizando 15 colectas. Las hormigas colectadas se llevaron al Laboratorio de Bioensayos Entomológicos de la FCA, para la identificación se utilizaron claves taxonómicas de MacGown et al. (2014) y Camacho et al. (2022). Fueron colectados en total 108 individuos, 13 de ellos pertenecientes a la Subfamilia Ponerinae, la especie *Odontomachus haematodus* y 95 individuos de la Subfamilia Ectatomminae, correspondientes al género *Ectatomma* spp. Para la interpretación y análisis de los datos obtenidos se utilizó el programa informático de análisis faunísticos (ANAFU) desarrollado por el Departamento de Entomología y Acarología de la Escuela Superior de Agricultura Luis Queiroz, Universidad de Sao Paulo (Moraes et al. 2003). El análisis determinó que ambos géneros se presentan como dominantes, muy abundantes, frecuentes y constantes en el ecosistema boscoso del que fueron colectadas.

Palabras clave: bioindicador, Ectatomma, Odontomachus



Fitoconstituyentes de hojas y semillas de *Annona squamosa* L.: oportunidades y perspectivas para el aprovechamiento de productos forestales no maderables

Paula Amarilla¹, Magalí Rolón¹, Rodrigo Velázquez¹, Lilia Ruíz Díaz¹,
Mirtha Letizia Grau Torales¹, Fátima Piris da Motta¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: fiorellastephan@gmail.com

Annona squamosa L. (Annonaceae) comúnmente conocida como chirimoya, es un árbol frutal originario de las regiones tropicales de América. Esta especie es valorada no solo por su fruto comestible, sino también por sus usos tradicionales en etnomedicina, donde las hojas se emplean en infusiones como antiinflamatorias, antiabéticas y antipiréticas, mientras que las semillas, ricas en acetogeninas, han mostrado actividad antitumoral, insecticida y antiparasitaria en estudios científicos. En Paraguay, crece en la región Oriental, donde forma parte de la flora local y su cultivo se asocia con sistemas agroforestales tradicionales. No obstante, los estudios sobre sus compuestos bioactivos son escasos. Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo la caracterización preliminar de los extractivos presentes en hojas y semillas de *A. squamosa* mediante ensayos fitoquímicos de precipitación, formación de complejos y espectroscopía ultravioleta-visible (UV-VIS), con el fin de contribuir al conocimiento y valorización de productos forestales no maderables de esta especie. Las muestras se colectaron en la ciudad de Fernando de la Mora y su identificación taxonómica se realizó en la FACEN-UNA. Posteriormente, se procedió a la maceración con etanol al 96% durante 7 días, seguida de concentración en rotavapor, obteniéndose los extractivos de semillas y hojas con rendimientos del 2% y 5% respectivamente. Los extractos se analizaron cualitativamente, detectándose en las semillas la presencia de saponinas, azúcares, cumarinas y esteroides/triterpenos. En las hojas, además de estos metabolitos, se identificaron fenoles, flavonoides y alcaloides. A su vez, los espectros UV-Vis confirmaron sistemas conjugados característicos: en semillas se observó una banda a $\lambda_{\text{máx}}$ 328 nm, compatible con compuestos fenólicos como cumarinas, ácidos fenólicos o lignanos; mientras que, en hojas, la absorción a $\lambda_{\text{máx}}$ 374 nm confirmó la presencia de flavonoides del tipo flavonoles/flavonas. Estos resultados destacan el potencial tecnológico de *A. squamosa* en: 1. Agroindustrias: las saponinas y alcaloides podrían formularse como bioplaguicidas contra patógenos de cultivos, reduciendo el uso de agroquímicos sintéticos; 2. Salud e industria alimentaria: los flavonoides y polifenoles, con actividad antioxidante, antimicrobiana y antiinflamatoria, son candidatos para nutraceuticos o complementos terapéuticos, además, de conservantes naturales en alimentos; 3. Bioeconomía forestal: las semillas podrían usarse para la producción de biocombustibles derivados de residuos agroforestales, donde los triterpenos podrían actuar como precursores químicos y los azúcares como sustratos fermentables. Adicionalmente, los bajos rendimientos de extracción (2-5%) sugieren la necesidad de optimizar los protocolos para fines industriales mediante tecnologías emergentes (extracción asistida por ultrasonido o dióxido de carbono supercrítico). Este estudio no solo amplía el conocimiento químico de la flora paraguaya, sino que también propone posibles aplicaciones para la valorización sostenible de *A. squamosa* en las cadenas de bioeconomía regional. Se sugiere realizar futuras investigaciones que identifiquen las estructuras de los principales componentes de dichos extractivos, además de la evaluación de su perfil de toxicidad en modelos in vivo.

Palabras clave: etnomedicina, chirimoya, fitoconstituyentes



Caracterización de cobertura y riqueza de murciélagos en áreas verdes del departamento Central-Paraguay

Violeta Ayala^{1,2}, Amanda Yanina Duarte^{1,3}, Griselda Inés Zárate Betzel³, Gloria González de Weston^{1,3,4}, María Belén Barreto Cáceres^{1,3}, Norma Cristina Araujo González^{1,3}, Robert Dale Owen^{1,5}, María Elena Torres Ruíz Díaz^{1,3}

¹ Programa de Conservación de Murciélagos del Paraguay. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán, Argentina.

⁵ Centro para el Desarrollo de Investigación Científica. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: violetaayala66@gmail.com

Las zonas urbanas son sistemas heterogéneos que generan un gran impacto a la biodiversidad, debido a que implican la pérdida y degradación de hábitats. En consecuencia, las áreas verdes en su interior representan un componente importante para la conservación de la diversidad biológica. La importancia de estas áreas como hábitats para la fauna silvestre radica principalmente en el tipo y estructura de la vegetación presente en la misma, así como la matriz en la que se encuentran inmersas. Por lo que este trabajo tuvo como objetivo caracterizar la cobertura vegetal y evaluar la riqueza de murciélagos en dos áreas verdes urbanas del departamento Central, Paraguay, con el fin de identificar su potencial para la conservación de la biodiversidad. Para la caracterización de la cobertura vegetal se utilizaron datos de la plataforma MapBiomas Paraguay, Colección (1985-2022), shapefiles de las zonas de estudio de elaboración propia y el software ArcGIS. Para el registro de murciélagos, se utilizó el método acústico pasivo con detectores acústicos Song Meter Mini (Wildlife Acoustics), configurados de modo a captar las grabaciones entre las 17:30 h y las 06:00 h, instalados durante tres noches en los meses junio, julio y agosto del 2024 en la Residencia Ecos del Lago (REL) y en el Parque Guasú Metropolitano (PGM). El análisis de las grabaciones se realizó mediante el programa Kaleidoscope (Wildlife Acoustic). Se generaron mapas de cobertura de las zonas verdes estudiadas, mostrando coberturas predominantes como Leñosas cerradas (LC) para la REL y Pastizal (PAS) en el caso del PGM. En el punto 1 de la REL ubicado en LC, se registraron cinco especies de murciélagos, mientras que en el punto 2, que se encontraba en Leñosas inundables (LI), se registraron ocho especies. En el punto 1 del PGM, caracterizado como PAS se registraron ocho especies y en el punto 2 caracterizado como Área sin vegetación (ASV) se registraron nueve especies. La riqueza en los sitios resultó similar en ambas áreas verdes, con variaciones en algunas especies registradas, como *Molossops temminckii*, *Eptesicus brasiliensis* y *Nyctinomops macrotis* para la REL y *Nyctinomops laticaudatus*, *Eptesicus furinalis* y *Eumops perotis* para el PGM. Las especies registradas pertenecen a las familias Molossidae y Vespertilionidae, las cuales son insectívoras, cumpliendo un rol fundamental en el control de las poblaciones de insectos. Además, las áreas verdes estudiadas presentaron seis tipos de cobertura en común; LC, LI, PAS, Pastizales Inundables (PIN), Pastura (PST), ASV, y en el caso de REL se encontró áreas categorizadas como No Observadas (NOB). La presencia de distintos tipos de cobertura en las áreas estudiadas es una característica que favorece la diversidad de fauna, demostrando la importancia de las áreas verdes en las zonas urbanas y su papel en la conservación de la fauna nativa. Por lo que se recomienda implementar estrategias de manejo y conservación en estas áreas, que favorezcan la diversidad de cobertura vegetal nativa, con el fin de preservar y favorecer la diversidad de murciélagos, así como de la fauna silvestre presente en entornos urbanos.

Palabras clave: biodiversidad, zonas urbanas, cobertura vegetal, acústica, sistemas de información geográfica



Silvicultura intensiva con *Gmelina arborea* en ciclo corto en Costa Rica

Olman Murillo¹, Andrés Roses Peñaranda¹, Valeria Oviedo Juárez¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: valeoviedo1411@gmail.com

Gmelina arborea, comúnmente conocida como melina, es una especie forestal ampliamente utilizada en programas de reforestación comercial en Costa Rica. Desde su introducción en los años 60, su demanda ha crecido debido a las cualidades de su madera, como su trabajabilidad, versatilidad y rápido crecimiento. El sector forestal costarricense se basa en una práctica forestal a pequeña escala, lo que ha motivado el desarrollo de una silvicultura intensiva basada en mejoramiento genético. La tasa de crecimiento alcanzada oscila entre los 35 y 45 m³/ha/año, en ciclos de producción entre cuatro y seis años según la región del país. Sin embargo, en los últimos 20 años apareció en la región la marchitez de la melina causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*, que provoca una mortalidad de más del 60% de la plantación. Después de 12 años de investigación en el Instituto Tecnológico de Costa Rica (Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal GENFORES), se logró seleccionar a la fecha 12 clones altamente productivos y tolerantes al patógeno. Lo que ha permitido avanzar hacia una silvicultura monoclonal segura, de mayor productividad y rentabilidad. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto se centra en orientar a los productores nacionales hacia un manejo adecuado y eficiente de sus plantaciones, siguiendo las pautas técnicas establecidas. Como parte de este enfoque la melina se maneja silviculturalmente como un cultivo, que incorpora prácticas de encalado y fertilización anual, basadas en análisis químico del suelo, así como un programa intensivo de control anual o semestral de malezas. Esta actividad representa más del 30% en el modelo de costos de la especie, lo que ha motivado el desarrollo de nueva tecnología para reducir la mano de obra asociada. La investigación entre la academia (GENFORES) y la empresa privada estableció ensayos clonales junto con ensayos de espaciamientos, que permitió el desarrollo de dos sistemas silviculturales de turno o ciclo cada vez más corto. A) El primer sistema se establece a un distanciamiento de 4m x 4m (625 árboles/ha), o también, 4m x 3,5m (714 árboles/ha), se poda hasta 5m de altura, no se ralea y se cosecha a los 4 años con árboles de diámetro medio (DAP de 24 a 30 cm) para la industria de tarimas. Se continúa de seguido con manejo de rebrotes y fertilización, para obtener una segunda cosecha en otros 4 años. B) El segundo sistema consiste en plantar a 4m x 3,5m, con poda hasta 5m, un raleo del 50% a los tres años y una cosecha a los cinco o seis años (Caribe o Pacífico respectivamente), para alcanzar un diámetro superior a los 30 cm. Como parte de esta silvicultura intensiva, se desarrolló un método de control y evaluación del desarrollo de la plantación, basado en el ajuste de un modelo de crecimiento mensual efectivo. Ambos sistemas silviculturales están en marcha a escala operativa por parte de empresas consolidadas del sector forestal costarricense, en estrecha vinculación con la academia. El cultivo de melina clonal en ciclo corto constituye una alternativa productiva, rentable y sostenible para pequeños y medianos productores en Costa Rica.

Palabras clave: melina, silvicultura clonal, silvicultura intensiva, monoclonal, mejoramiento genético



Procesamiento digital de imágenes de satélite para la interpretación visual de bosques en áreas silvestres protegidas del BAAPA

Elsi Verenisse Florentin Salinas¹, Janet Villalba², Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: verenisseflorentin12@gmail.com

Este trabajo consistió en determinar los criterios de interpretación visual y las firmas espectrales para la identificación de Bosques en Áreas Silvestres Protegidas (ASP) dentro del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), utilizando fuentes de datos satelitales y herramientas de acceso gratuito. La metodología se basó en la obtención y el procesamiento de imágenes satelitales gratuitas de plataformas como SENTINEL, LANDSAT, PLANET y GOOGLE EARTH. Cada una de estas plataformas requirió un proceso metodológico propio debido a las diferencias en su resolución espacial y temporal, el uso de bandas espectrales distintas, y las formas específicas de descarga de las imágenes, el uso combinado de las bandas multiespectrales y diferentes filtros permitió el análisis de la vegetación estudiada. Se descargaron y procesaron imágenes para la interpretación visual, generando un total de 24 mapas utilizando el software QGIS y el complemento SCP para identificar las firmas espectrales de la cobertura boscosa. Se analizaron características como la forma, el tamaño, la textura y el color en las imágenes, y se estableció una matriz de interpretación visual, estandarizando las características observadas en las imágenes de cada plataforma satelital, donde la matriz sirvió como un registro que facilitó el análisis y la comparación de las características visuales de los bosques en función de la resolución y calidad de cada imagen satelital. Los resultados incluyen la obtención y el procesamiento de imágenes satelitales de las ASP del BAAPA, así como la caracterización de las firmas espectrales de los bosques. Las firmas espectrales permiten identificar variaciones en la reflectancia según la composición florística, el estado de conservación o la presencia de especies dominantes. Este trabajo sienta las bases como un aporte al conocimiento que podría ayudar a: diferenciar bosques primarios de bosques secundarios o en regeneración, identificar comunidades vegetales específicas, detectar la influencia de especies invasoras o cambios en la estructura del dosel. Al tener una “huella espectral” de referencia, es posible analizar el ciclo fenológico (brotes, floración, caída de hojas). La construcción de una biblioteca espectral del BAAPA aporta para entrenar y validar algoritmos de clasificación en imágenes satelitales, mejorar la precisión de los mapas de cobertura y uso de suelo en Paraguay. Estudiar las firmas espectrales de los bosques del BAAPA no solo ayuda a comprender su ecología y dinámica, sino que también brinda herramientas prácticas para monitoreo, restauración y conservación, generando insumos científicos y técnicos de alto valor para Paraguay y la región.”

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica. Teledetección. Ecología. Manejo de Áreas Silvestres Protegidas



Metodología de evaluación de daños de la madera por componente constructivo en la vivienda social indígena de Costa Rica

Melany Natalia Padilla Castro¹, Diego Camacho Cornejo¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: melanynataliapadillacastro@gmail.com

La construcción de viviendas sociales en territorios indígenas de Costa Rica representa un esfuerzo por ofrecer soluciones habitacionales culturalmente pertinentes, sostenibles y adaptadas a las condiciones ambientales y sociales locales. En el territorio indígena cabécar de Ujarrás, estas viviendas se construyeron bajo un programa de vivienda social liderado por el BANHVI, utilizando la madera, un material valorado por su funcionalidad, bajo impacto ambiental y compatibilidad con la cosmovisión indígena. Sin embargo, factores como la alta humedad, la falta de mantenimiento y el uso inadecuado del material pueden acelerar el deterioro de la madera, afectando la durabilidad de las viviendas. Actualmente, no existen metodologías sistemáticas que evalúen técnicamente el estado de estas estructuras, lo cual limita la planificación de mejoras, reparaciones y futuras inversiones. En respuesta a esta necesidad, el presente estudio tuvo como objetivo desarrollar y aplicar una metodología de evaluación de daños en madera por componente constructivo en viviendas sociales indígenas, validando la metodología en el territorio indígena cabécar de Ujarrás. Esta herramienta busca proporcionar información clara, cuantificable y útil para instituciones públicas, organizaciones y comunidades, con el fin de fortalecer la gestión del mantenimiento, orientar futuras construcciones y promover soluciones sostenibles con enfoque biocultural. El estudio se diseñó con un enfoque descriptivo, cuantitativo y exploratorio. Se seleccionó una muestra aleatoria del 25% de las 55 viviendas de interés social construidas en madera en Ujarrás durante el año 2024, evaluando un total de 15 viviendas. La recolección de datos incluyó inspección visual de daños, medición de humedad en madera con higrómetro y registro de severidad según una escala de tres niveles (leve, moderado y severo). Se analizaron 12 tipos de daños, como pudrición, contracciones, moho, rajaduras y fisuras en uniones, distribuidos en distintos componentes constructivos, como pisos, paredes, techos, puertas, entre otros. Se asignó un valor ponderado a cada tipo de daño según su impacto estructural, lo que permitió calcular un índice general de daño por vivienda. Los daños más frecuentes fueron las fisuras en uniones, principalmente en las tablas de forros de pared, seguidas por contracciones en el piso y moho superficial en piezas expuestas a la intemperie o en contacto con otras superficies como cemento o tierra. Las paredes fueron el componente que concentró la mayor cantidad de daños, seguidas por el piso. También se observaron problemas en puertas, como contracciones que dificultan su apertura. No se registraron daños de oxidación, manchas ni desprendimiento de piezas, lo que refleja una buena respuesta inicial de los materiales utilizados. El índice general de daño clasificó al 100% de las viviendas dentro del rango de bajo deterioro, sin registrar valores severos. La metodología permitió una evaluación técnica detallada de las viviendas y representa una herramienta útil para la toma de decisiones institucionales y comunitarias. Si bien los daños observados son menores, se destaca la importancia de establecer planes de mantenimiento preventivo que garanticen la durabilidad de estas soluciones habitacionales culturalmente apropiadas.

Palabras clave: vivienda social, territorio indígena, madera, evaluación de daños, mantenimiento preventivo



Aplicación de dosis de fertilizantes de liberación controlada en producción de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos en vivero

Christian Aarón Gómez Maciel¹, Enrique Asterio Benítez León¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Lourdes González Soria¹, Eduardo De Haro Filippini²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Blue Tree Agribusiness. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: ebenitezleon@agr.una.py

La producción de plantas en vivero tiene como principal objetivo, el buen desarrollo de una planta, ya sea morfológica y/o fisiológicamente. El uso de fertilizantes en vivero, se ha vuelto una práctica común para potenciar el desarrollo y crecimiento de las plantas, volviendo el proceso mucho más eficiente. El objetivo de este estudio fue evaluar cómo diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada (Basacote®) influyen sobre el desarrollo de *Handroanthus heptaphyllus* (tajá hu) en vivero. Las plantas fueron producidas en contenedores de polietileno expandido de 12 cm de ancho por 15 cm de alto, utilizando un sustrato compuesto de tierra agrícola y Kekkilä® inerte, mezclado con el fertilizante de liberación controlada (FLC) de la marca comercial Basacote®, cuya formulación es 16-8-12. Fueron utilizados tres dosis distintas de FLC, clasificadas como baja (3 g L⁻¹), media (6 g L⁻¹) y alta (9 g L⁻¹). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. Se analizaron las variables diámetro a la altura del cuello (DAC) y la altura total del tallo. Los resultados mostraron que existe diferencia estadística entre las dosis de FLC utilizadas, las plantas tratadas con 9 g L⁻¹ de fertilizante manifestaron el mejor rendimiento en términos de altura comparadas con la dosis baja (3 g L⁻¹) y media (6 g L⁻¹). Este tratamiento con la dosis más alta de fertilizante promovió un crecimiento considerablemente más rápido en altura. En cuanto al crecimiento del DAC, no se observaron diferencias significativas, se determinó que las dosis más elevadas de fertilizante no tuvieron un impacto significativo, ya que todas las dosis resultaron en un crecimiento en DAC similar. Respecto a los índices de calidad establecidos, tampoco fueron observadas diferencia significativa entre las dosis de FLC, los tres tratamientos con las diferentes dosis de fertilizante cumplieron con los parámetros necesarios para una producción óptima de acuerdo a las recomendaciones encontradas en diversas literaturas respecto al tema. Todas las dosis de fertilizante utilizadas demostraron ser eficientes para satisfacer los criterios de calidad, asegurando así la producción de plantines con buenas características para su uso en campo. El uso de fertilizantes de liberación controlada, como el Basacote®, resulta en prácticas que pueden mejorar considerablemente la producción de especies forestales nativas en vivero, siendo una alternativa interesante para incluirlo en los sistemas de producción convencional.

Palabras clave: especie nativa; vivero forestal; *Handroanthus heptaphyllus*; fertilizantes



Productividad de plantas madres de híbridos de *Eucalyptus* spp. en vivero clonal

Naomi Ayelen Samaniego Cardozo¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Jorge Paiva Avalos², Bianca Avalos Naumann², Silvia Genes Chaparro²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² ADN Forestal. Guayaibí, Paraguay.

Correspondencia: samaniegocardozo@gmail.com

La evaluación de la generación de propágulos por parte de las plantas matrices de *Eucalyptus* spp. utilizadas en los viveros forestales, tiene una gran importancia debido a que permite caracterizar la capacidad de la misma para la provisión de estacas en un tiempo determinado. Este proceso puede ser fundamental, ya que permite identificar qué materiales genéticos presentan un mayor desempeño productivo en la emisión y provisión de brotes, permitiendo una producción clonal más eficiente. Algunos de los factores claves que regulan la producción de propágulos por parte de las plantas madres pueden ser la edad, el desarrollo, estado fitosanitario, el manejo, la nutrición, entre otros. Por lo tanto, la evaluación sistemática de la productividad es una herramienta clave que garantiza la calidad y sostenibilidad del proceso de propagación clonal en los viveros forestales. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la productividad de plantas madre del material genético *Eucalyptus camaldulensis* x *E. urophylla* x *E. grandis*. Para ello, fueron evaluados los brotes obtenidos de las plantas madres de dos años de edad de un material genético por un periodo de ocho meses (enero a agosto) en el año 2024 y distribuidas en 10 canaletones al aire libre, utilizando un diseño completamente al azar, y en el cual fue registrada la variable de número de brotes producidos por cada planta madre. El estudio fue llevado a cabo en el vivero clonal de la empresa ADN Forestal S.A. ubicada en el Distrito de Guayaibí, Departamento de San Pedro. Los datos obtenidos de la investigación fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA), y en caso que hubiere significancia se aplicó el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Dado los resultados, arrojaron que el material genético *Eucalyptus camaldulensis* x *E. urophylla* x *E. grandis* no presentó diferencia estadística significativa. Obtuvo la mejor producción de brotes durante el mes de agosto con un valor promedio de 14,20 brotes por planta. Conforme la época, se determinó la disminución de producción de brotes durante el mes de enero con un promedio de 8,48 brotes por planta. Estos resultados pueden evidenciar la relación de la edad de las plantas madre y su capacidad de emitir brotes.

Palabras clave: *Eucalyptus*, plantas madre, productividad



Calidad de plantas de híbridos de *Eucalyptus* spp. producidas en vivero clonal

Naomi Ayelen Samaniego Cardozo¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Jorge Paiva Avalos¹, Bianca Avalos Naumann², Silvia Genes Chaparro²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² ADN Forestal. Guayaibí, Paraguay.

Correspondencia: samaniegocardozo@gmail.com

La calidad de plantas producidas en un vivero clonal, constituye un factor determinante que contribuye al éxito de las plantaciones en cuanto a su futuro rendimiento. Esta se define por el estado fisiológico, sanitario y estructural, lo cual se debe promover y mantener mediante el manejo adecuado de las plantas, que incluye varios factores como el tipo de sustrato, fertilización, frecuencia de riego, entre otros. Los criterios utilizados para evaluar la calidad son la altura, diámetro de cuello, la relación diámetro/altura, vigor, sanidad y uniformidad entre individuos. Esto indica un adecuado monitoreo lo cual permite asegurar que solo los individuos con mejor calidad sean destinados a campo, ya que reduce el riesgo de mortalidad y mejora la eficiencia en las operaciones forestales posteriores. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad de plantas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* producidas en el vivero clonal ADN Forestal S.A. ubicado en el Departamento de San Pedro, y la medición de los parámetros de calidad de plantas fue realizada en el Centro de Conservación de Recursos Genéticos Forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Para ello, los datos fueron obtenidos a partir de muestras de 20 plantas por mes durante un lapso de 4 meses (mayo a agosto), totalizando 80 plantas evaluadas. Se tuvo en cuenta el diámetro de cuello, la longitud aérea y radicular. Los datos fueron organizados bajo un diseño completamente al azar, y fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), y en caso que hubiere significancia se aplicó el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error. El método fue destructivo para cada lote de plantas colectadas, teniendo en cuenta previamente las mediciones morfológicas que fueron la longitud aérea, longitud radicular, diámetro de cuello, peso seco aéreo y peso seco radicular. Obtenido esos resultados posteriormente, los mismos fueron aplicados en fórmulas matemáticas preestablecidas para determinar, índice de esbeltez, relación peso seco aéreo y peso seco radicular e índice de Dickson. Los resultados para el índice de esbeltez durante los 4 meses evaluados demuestran que fueron superiores a los valores referidos en la literatura relacionada para este índice, lo cual puede indicar una mayor capacidad de resistencia de las plantas. En cuanto al índice de relación PSA/PSR e índice de Dickson durante los 4 meses, se presentó resultados muy superiores a valores encontrados en la literatura indicando que puede existir cierto nivel de desproporción entre los componentes estudiados.

Palabras clave: calidad de plantas, índices de calidad, esbeltez, relación PSA/PSR, Dickson



Crecimiento de progenies de *Cedrela fissilis* Vell. producidas en vivero con aplicación de fertilizante de liberación controlada

Romina Rotela Lara¹, Enrique Asterio Benítez León¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Lourdes González Soria¹, Eduardo De Haro Filippini²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Blue Tree Agribusiness. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: ebenitezleon@agr.una.py

En la producción de plantas en viveros forestales, son variadas las características de la planta que pueden medirse, y la proporción entre éstas pueden ser calculadas, entre las que se encuentran, la altura de la planta y el diámetro del cuello de la raíz (o diámetro de base), que son las variables morfológicas frecuentemente más medidas, y son los criterios de calificación más comúnmente utilizados. La calidad de la planta se define como la capacidad que tienen las mismas para adaptarse y desarrollarse en condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, y depende de las características genéticas de las semillas y de las técnicas utilizadas para su producción en vivero. El objetivo de la investigación fue determinar el crecimiento inicial de progenies de *Cedrela fissilis* Vell. producidas en vivero con aplicación de fertilizante de liberación controlada (FLC). Se utilizaron 800 semillas de cuatro árboles diferentes (200 semillas por árbol madre), las semillas fueron sembradas primeramente en 4 bandejas de plástico, separadas por lote de semillas, una vez germinadas en su totalidad fueron seleccionadas las de mejor calidad y trasplantadas en macetas de plástico, ubicadas en tres bloques y con los tratamientos correspondientes, ubicadas bajo media sombra de 50%. El sustrato utilizado estuvo constituido por una mezcla con proporción de 2:1:1, conformado por tierra agrícola, sustrato comercial (kekila®) y abono orgánico, respectivamente. A la mezcla preparada, se aplicó fertilizante de liberación controlada Basacote® 3M Plus, en dosis de 3 gramos por litro de sustrato, 6 gramos por litro, y un tratamiento testigo, sin aplicación del FLC. Transcurrido el primer mes después del repique, se realizaron mediciones de altura (cm) y diámetro de base – DB (mm) de cada planta para determinar el crecimiento de las mismas, procedimiento que se repitió cada 30 días durante tres meses. Se realizó análisis de varianza y de acuerdo a la significancia, se aplicó la prueba de comparación de medias de Scott y Knott al 5% de probabilidad de error. En la evaluación de altura realizada a los 90 días después del repique se observaron diferencias significativas entre los cuatro árboles y las dosis de FLC, se obtuvo medias que variaron entre 32,35 cm y 28,87 cm, la dosis 3 g por litro de FLC fue el que presentó los mejores resultados en cuanto a altura. Para el DB se observaron diferencias estadísticas entre las tres dosis aplicadas y los árboles madre. A los 90 días después del repique los valores de DB variaron entre 4,89 mm y 6,60 mm con la dosis de 3 g por litro de FLC, estos valores disminuyeron cuando la dosis fue superior. El uso de fertilizante de liberación controlada para la producción de plantas de *Cedrela fissilis* favorece el crecimiento de las mismas, dependiendo del origen de las semillas, pudiendo ser una alternativa para reducir los ciclos de producción.

Palabras clave: fertilizante, vivero forestal, especie nativa, crecimiento de plantas, árbol madre



Calidad de plantas de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos producidas en vivero con aplicación de diferentes dosis de fertilizante de liberación controlada

Rocío del Carmen Britos Varela¹, Enrique Asterio Benítez León¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Lourdes González Soria¹, Eduardo De Haro Filippini²

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Blue Tree Agribusiness. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: ebenitezleon@agr.una.py

La calidad de las plantas producidas en vivero, determinan su sobrevivencia, así como su posterior crecimiento y desarrollo satisfactorio. Los elementos esenciales para este proceso, se encuentran formando parte de compuestos naturales y artificiales o sintéticos, denominados fertilizantes o abonos. Existen fertilizantes que aportan un solo nutriente o varios de ellos, a la vez. Este último, es común para la provisión de macronutrientes primarios tales como: el Nitrógeno, Fósforo y Potasio. El uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC) resulta en una alternativa interesante para su incorporación en sustratos. Los FLC contienen los nutrientes recubiertos con diferentes materiales que controlan la velocidad, cantidad y duración de la liberación; reduciendo el riesgo de pérdida por lixiviación. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de dosis y tipos de fertilizante de liberación controlada sobre índices de calidad de plantas de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos producidas en vivero. Se utilizaron semillas de esta especie colectadas de la colonia Volendam del departamento de San Pedro, Paraguay. Para el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar, compuesto por 14 tratamientos y 3 repeticiones. Se estudiaron combinaciones de sustratos conformados por: cascarilla de coco + arena y kekkila® + arena. Las combinaciones de sustrato recibieron agregados de FLC, marca Basacote®, en sus presentaciones 3M y 9M, en dosis de: 2 g; 4 g y 6 g de FLC 3M y 9M por litro de combinación de cada sustrato, además se incluyó un tratamiento testigo (sin FLC). Después de 150 días posteriores al repique de las plantas en los contenedores, se midieron las variables altura (cm), diámetro en la base del cuello (DBC) (mm), longitud de la raíz (cm), peso seco aéreo (g) y radicular (g). Estas variables fueron utilizadas para calcular los índices de calidad de plantas: Índice de Esbeltez (IE), relación peso seco parte aérea y radicular (PA/PR) e índice de calidad de Dickson (ICD). El índice de esbeltez de los 14 tratamientos aplicados fue menor a 6, lo cual se ajusta a las recomendaciones de valores ideales para este índice (menor a 6). La relación PA/PR varió entre 0,68 y 2,63 indicando que existe desproporción entre las plantas producidas en algunos tratamientos, no obstante, más del 50% de los tratamientos arrojaron valores entre 1,5 y 2,5 indicando plantas de alta calidad. El índice de calidad de Dickson, debe superar un valor mínimo de 0,2; el mayor valor observado de este índice fue de 0,38. Los demás tratamientos presentaron valores que variaron entre 0,22 y 0,33. En todos los tratamientos evaluados, el fertilizante de liberación controlada 3M, aplicado a una dosis de 4 g por litro fue el que más incidió. Se concluye que el uso de FLC influye en el crecimiento de las plantas de *Handroanthus heptaphyllus*, y por ende, sobre los índices que regulan la calidad de las mismas. Además, el uso de fertilizante de liberación controlada Basacote® 3M en una dosis de 4 gramos por litro satisface los requerimientos para producir mudas de calidad.

Palabras clave: vivero forestal, especies nativas, fertilización, sustratos, calidad de plantas



La fenología agrícola como indicador del impacto climático en la biodiversidad de cultivos tradicionales en sistemas agroforestales

Frida Fernanda Pérez Olmos¹, Ricardo Abisay Pérez Reyes¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Fitotecnia. Texcoco, Estado de México, México.

Correspondencia: frida.fer.chris@gmail.com

La agricultura tradicional, especialmente cuando se desarrolla en sistemas agroforestales, representa un reservorio fundamental de biodiversidad cultivada, conocimiento ecológico ancestral y resiliencia frente a perturbaciones climáticas. Estos sistemas, que combinan especies agrícolas con árboles y vegetación natural, han sido moldeados por generaciones de saber campesino y se adaptan de forma dinámica a las condiciones ambientales. Sin embargo, el cambio climático ha comenzado a alterar los patrones fenológicos de numerosos cultivos, afectando directamente su rendimiento, su interacción con polinizadores, la disponibilidad de agua y su sincronización con eventos climáticos clave. En este contexto, la fenología agrícola se convierte en una herramienta esencial para monitorear, documentar y comprender los impactos del clima sobre estos sistemas complejos. El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo los cambios en las variables climáticas han afectado la fenología de cultivos tradicionales en sistemas agroforestales, y cómo estas alteraciones pueden estar incidiendo en la biodiversidad agrícola y en la estabilidad de dichos sistemas. El estudio se desarrolló en comunidades rurales de la Sierra Norte de Puebla, México, una región caracterizada por su alta diversidad biocultural y fuerte presencia de prácticas agrícolas tradicionales. Se seleccionaron cultivos clave como el maíz criollo, el frijol ayocote y el chile piquín, representativos de la agricultura local y del conocimiento asociado a los calendarios agrícolas comunitarios. La metodología incluyó observaciones fenológicas sistemáticas durante dos ciclos agrícolas consecutivos, a lo largo de aproximadamente 14 meses. Se registraron eventos como la emergencia, floración, formación de frutos y madurez fisiológica de los cultivos seleccionados. Estos datos se analizaron en conjunto con registros climáticos locales, incluyendo temperatura media, distribución de precipitaciones y acumulación de grados día de desarrollo (GDD). Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas a productores locales con el objetivo de integrar percepciones campesinas sobre los cambios recientes en los ciclos agrícolas, la respuesta de los cultivos y la pérdida o transformación de variedades locales. Los resultados evidencian desplazamientos fenológicos importantes, especialmente en las etapas de floración y madurez, los cuales se correlacionan con alteraciones en los patrones de lluvia y aumentos sostenidos en la temperatura. Estos cambios han afectado la sincronización con especies polinizadoras y han generado dificultades en la planificación agrícola. Los agricultores reportan una creciente incertidumbre y una reducción en la diversidad de variedades locales que logran completar adecuadamente su ciclo. Se concluye que la fenología agrícola es un indicador sensible y accesible para evaluar el impacto climático sobre la biodiversidad cultivada en sistemas agroforestales. Su integración con el conocimiento tradicional permite comprender con mayor profundidad las transformaciones ecológicas en curso, y resulta fundamental para diseñar estrategias de adaptación basadas en la conservación de variedades criollas y en el ajuste participativo de los calendarios agrícolas comunitarios.

Palabras clave: Fenología agrícola, cambio climático, cultivos tradicionales, sistemas agroforestales, Sierra Norte de Puebla



Silvicultura fúngica en Misiones: potencial productivo de hongos comestibles y medicinales en bosques nativos y sistemas implantados

Martínez Santiago Andrés¹

¹ Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina.

Correspondencia: daron07mar@gmail.com

La silvicultura fúngica, también conocida como *mycoforestry*, constituye una estrategia emergente que combina el manejo forestal sostenible con la producción de hongos comestibles y medicinales, ofreciendo una alternativa económica y ecológica para zonas forestales. En Misiones, Argentina, esta práctica adquiere especial importancia debido a su gran diversidad biológica, su clima subtropical húmedo y la coexistencia de bosques nativos y plantaciones forestales. La valorización de los hongos como recursos forestales no maderables (RFNM) permite diversificar ingresos rurales, promover la conservación y desarrollar tecnologías sostenibles adaptadas a contextos locales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial productivo de hongos comestibles y medicinales en sistemas forestales de Misiones, integrando experiencias de campo y bibliografía científica para proponer lineamientos técnicos que favorezcan su incorporación en esquemas de manejo silvícola sostenible, tanto en plantaciones como en bosques nativos. El estudio se realizó en la Reserva de Usos Múltiples Guaraní, situada dentro de la Reserva de Biosfera Yabotí. Se adoptó un enfoque cualitativo, exploratorio y descriptivo, basado en la revisión exhaustiva de literatura científica, técnica e institucional relacionada con la micodiversidad, inoculación micorrízica en viveros, experiencias productivas de hongos y técnicas de manejo compatible. Además, se integraron datos empíricos (influencia de crecimiento, cantidad de especies por hectárea, temperatura, y humedad) obtenidos por el autor en relevamientos de campo a su vez se incorporó análisis de imágenes satelitales, enfocándose en índices NDVI y NDWI asociados a la aparición de fructificaciones. Este enfoque permitió establecer criterios ecológicos y técnicos para la evaluación del potencial fúngico en diferentes coberturas forestales. Se identificaron varias especies comestibles y medicinales con potencial productivo en Misiones. En bosques nativos se registraron especies como *Phlebopus tropicus*, *Auricularia cornea*, *Auricularia judea*, *Pleurotus djmour* y *Pleurotus ostreus*, mientras que en plantaciones destacaron *Suillus granulatus*, *Lactarius deliciosus* y *Laccaria laccata*. También se detectaron hongos medicinales como *Ganoderma lobatum*, *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus*. Las prácticas como la micorrización controlada, el manejo del dosel arbóreo y la conservación de microhábitats favorecieron la productividad fúngica. La integración de herramientas de teledetección resultó útil para predecir condiciones óptimas de fructificación, abriendo nuevas oportunidades de planificación productiva. La incorporación de hongos comestibles y medicinales en sistemas silvícolas representa una alternativa viable para diversificar la producción forestal y promover un aprovechamiento sostenible de los bosques de Misiones. La existencia de especies nativas valiosas, junto con condiciones ecológicas propicias, facilita el diseño de estrategias integradas de manejo. La combinación de conocimientos tradicionales, innovación biotecnológica, a su vez herramientas como la teledetección puede ofrecer una base sólida para desarrollar experiencias piloto adaptadas a la región, contribuyendo tanto a la conservación como al desarrollo socioeconómico de las comunidades locales.

Palabras clave: hongos ectomicorrícicos, Sustentabilidad, Recursos forestales no maderables



Limites planetarios y la importancia de la biodiversidad forestal

Oscar Agustín Torres Figueredo¹

¹ Universidade Federal de Santa María. Santa María, Brasil.

Correspondencia: oscar.torres@ufsm.br

Los límites planetarios son las condiciones físicas, químicas y biológicas necesarias para que existan las sociedades humanas y fueron propuestos por primera vez en 2009 por un grupo de científicos del Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK), también conocido como Centro de Resiliencia de Estocolmo. Son nueve procesos esenciales que mantiene el equilibrio ambiental en el planeta Tierra donde se destacan cambios globales que afectan el funcionamiento del sistema terrestre y la vida humana. Traspasar esos límites puede generar cambios ambientales irreversibles en gran escala y, en algunos casos, de manera abrupta afectando la estabilidad del planeta. Conforme la publicación de 2023, de los nueve límites definidos que son seguros para la humanidad, seis corren el riesgo de romper ese equilibrio y la capacidad de resiliencia del planeta. Los impactos de esos cambios no son necesariamente inmediatos, pero, en conjunto, las fronteras marcan el punto crítico de riesgos para las sociedades y la biosfera. Una de las fronteras más amenazadas por las actividades humanas se refiere a la biodiversidad, que es la mezcla de especies vegetales, animales y microbios que pueden encontrarse en un determinado local. Este trabajo tiene como objetivo destacar la importancia de los bosques como refugio de la biodiversidad y su relación con los límites planetarios. La metodología utilizada fue la revisión de 5 artículos científicos relacionados con las fronteras planetarias, biodiversidad, agricultura y cambio climático como partes de la problemática socioambiental. Los resultados demuestran que la pérdida de la biodiversidad ya ultrapasó la zona de riesgo lo que puede desencadenar procesos irreversibles y en gran escala para las sociedades humanas. La elevada deforestación de los bosques tropicales, en especial en la Amazonia brasilera para la expansión de las actividades agropecuarias, amenaza la integridad de la biosfera, los ciclos hídricos y las actividades productivas. Como forma de mitigación y adaptación al cambio climático puede ser mediante preservación y recuperación de los bosques porque son ecosistemas que capturan el exceso de carbono de la atmósfera. La ciencia alerta que serán necesarios muchos esfuerzos y sacrificios para mantener la biosfera en un espacio seguro dentro de las fronteras planetarias. Se concluye que, sin medidas drásticas para detener la deforestación, los servicios ambientales de los diferentes ecosistemas forestales pueden llegar a un punto de no retorno afectando las actividades socioeconómicas, tanto a nivel local como a nivel global.

Palabras clave: fronteras planetarias, bosques, sostenibilidad



Efecto del cambio climático en la distribución natural de los bosques secos tropicales en Centroamérica

Dorian Carvajal Vanegas¹, Ana Gutiérrez¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: anitaj4@gmail.com

Los Bosques Secos Tropicales (bs – T) y muy Secos Tropicales (bms – T) en Centroamérica son ecosistemas especialmente sensibles, las proyecciones de incremento en temperatura y cambios en la precipitación ponen en riesgo su distribución natural, lo cual podría modificar su extensión futura. Las alteraciones en el estado del clima tanto factores naturales como a la actividad humana, constituye uno de los principales desafíos ambientales. Ante esta situación es necesario realizar estudios que generen información del posible riesgo relacionado, haciendo uso de escenarios y trayectorias modeladas para explorar las emisiones futuras. El estudio tiene como objetivo modelar los cambios en las ZV de Holdridge, específicamente en los bs – T y bms – T en Centroamérica, comparando una línea base histórica (1970 – 2000) con datos climáticos futuros del periodo (2041 – 2060) bajo un escenario de emisión SSP3-7.0, con el fin de poder determinar las posibles variaciones en las ZV a futuro. Entre las herramientas para simular la respuesta del sistema climático al aumento de las concentraciones de Gases Efecto Invernadero (GEI) destacan, los Modelos de Circulación General (GCM) por sus siglas en inglés, que se basa en modelos matemáticos que proyectan la dinámica de los procesos físicos y las interacciones del clima, dicho esto, los modelos serían: EC-EARTH3-VEG, GFDL-ESM4 y MPI-ESM1-2-HR. Para la evaluación de los riesgos, los GCM requieren como datos de entrada los escenarios de emisiones basados en Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP), que se diseñaron para abarcar diversos desafíos para la adaptación climática, entre ellos se tomaron en cuenta: SSP2-4.5, SSP3-7.0 y SSP5-8.5. Se utilizaron datos climáticos de la base de datos WorldClim versión 2.1, con resolución espacial de aproximadamente 1 km² (30 segundos). Se consideraron dos variables principales: temperatura media anual y precipitación anual. Por último, el análisis incluyó el cálculo de anomalías de temperatura (°C) y precipitación (%), así como las tasas de cambio entre la línea base y los escenarios futuros. Los análisis comparativos entre la línea base (1970 – 2000) y las proyecciones futuras (2042 – 2060) evidencian un incremento generalizado de la temperatura media anual, con anomalías positivas en todos los modelos y escenarios, (bs – T 1,42°C y bms – T 1,55°C). En el caso de la precipitación, se observó que el bs – T (-4,11%) muestra una marcada disminución, mientras que el bms – T (3,67%) podría experimentar un aumento en todos los modelos. El modelaje de ZVH indica que es posible que el bs – T tienda a ocupar nuevas áreas (190175,88 km²) y el bms - T (8620,74 km²) lo contrario en gran parte de Centroamérica. Finalmente, los escenarios futuros sugieren condiciones climáticas más limitantes que las actuales para las ZVH. Estas modificaciones implican un riesgo ecológico importante, pues pueden afectar la biodiversidad, la seguridad hídrica y la viabilidad de actividades humanas. En este contexto, es urgente promover estrategias de adaptación y planificación territorial que integren estos escenarios de cambio, así como medidas de mitigación que reduzcan la debilidad socioambiental de la región.

Palabras clave: modelos de circulación general (GCM), trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP), anomalías, cambio climático



Presencia de la regeneración natural establecida en fajas de intervención de un bosque degradado en el departamento de San Pedro

Camila Beatriz Olmedo Salinas¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Arnaldo Benjamín Sugasti Pedrozo¹, Naomi Ayelen Samaniego Cardozo¹, José Adrián Pérez Díaz¹

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: camilaolmedo28@gmail.com

La degradación forestal conlleva a una reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de los ecosistemas forestales que da lugar a la reducción a largo plazo del suministro general de los beneficios derivados de los bosques. La regeneración natural es un indicador clave para evaluar el proceso de recuperación en bosques degradados, debido a que refleja la capacidad del ecosistema para restablecer su diversidad y estructura funcional. Evaluar la presencia y diversidad de la misma permite inferir el grado de avance en la restauración ecológica y ofrece información valiosa para guiar estrategias de manejo y conservación efectivas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la presencia de la regeneración natural establecida en fajas de intervención de un bosque nativo degradado, ubicado en el distrito de Lima, departamento de San Pedro. Para ello se seleccionaron cuatro fajas representativas del área de estudio, con longitudes entre 700 y 1300 m. En cada faja se delimitaron parcelas de muestreo de 2.000 m² (20 m de ancho × 100 m de largo), distribuidas sistemáticamente a cada 200 m a lo largo de su extensión, en las cuales se establecieron plantaciones con las especies forestales de rápido crecimiento *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba*, *Gmelina arborea* y *Hovenia dulcis*. En las entrelíneas de las plantaciones se cuantificó e identificó la regeneración natural, considerando como establecida aquella con una altura igual o mayor a 2 m. A partir de estos registros se estimó la densidad de individuos por hectárea. En las fajas evaluadas se registraron 376 individuos de regeneración natural, correspondientes a 36 especies agrupadas en 19 familias botánicas. Entre las especies más representativas se destacan *Peltophorum dubium*, *Anadenanthera macrocarpa*, *Parapiptadenia rigida*, *Balfourodendron riedelianum*, *Machaerium paraguariense*, *Myrocarpus frondosus* e *Inga laurina*. La familia Fabaceae fue la más diversa, con 12 especies, seguida de Rutaceae y Malvaceae con 3 especies cada una, y Boraginaceae con 2 especies. Las densidades de regeneración natural estimadas por hectárea oscilaron entre 69 y 625 individuos. Estos resultados evidencian que la regeneración natural tiene posibilidad de establecerse en bosques degradados cuando se combina con especies forestales de rápido crecimiento, lo que refuerza el potencial de esta estrategia en procesos de restauración ecológica.

Palabras clave: restauración ecológica, regeneración natural, diversidad



Crecimiento de especies forestales implantadas en fajas en un bosque degradado del departamento de San Pedro

Camila Beatriz Olmedo Salinas¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Arnaldo Benjamín Sugastti Pedrozo¹, Naomi Ayelen Samaniego Cardozo¹, José Adrián Pérez Díaz¹

¹ Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: camilaolmedo28@gmail.com

La degradación de los bosques es un tema de creciente preocupación a nivel global debido a sus impactos significativos en los ecosistemas. El avanzado estado de degradación del ecosistema forestal hace necesaria la aplicación de prácticas de manejo en bosques nativos, integradas de manera estratégica en planes de restauración ecológica. El presente trabajo tuvo como objetivo medir el crecimiento de especies forestales implantadas en fajas de un bosque nativo degradado, ubicado en el distrito de Lima, departamento de San Pedro, Paraguay. El estudio incluyó a las especies de rápido crecimiento *Melia azedarach*, *Schizolobium parahyba*, *Gmelina arborea* y *Hovenia dulcis*, plantadas en cuatro fajas dentro de un bosque nativo degradado, con un ancho de 20 m y longitudes variables entre 700 y 1300 m. Las plantaciones fueron mixtas, combinando las especies mencionadas en cada faja. Al momento de la medición final, las plantaciones tenían 6 años de edad, no obstante, para el cálculo de incremento (volumen total/edad) y supervivencia se utilizaron datos de una medición previa realizada a los 5 años. Dentro de estas fajas se instalaron y midieron parcelas de muestreo con una superficie de 2000 m² (20 m de ancho por 100 m de largo), distribuidas sistemáticamente a cada 200 m a lo largo de la extensión total de las fajas. La cantidad de parcelas de muestreo fue variable oscilando entre 3 y 5 parcelas según la extensión de cada faja (14 parcelas). Las variables medidas fueron: altura total y comercial, diámetro a la altura del pecho (DAP). Las parcelas de muestreo fueron permanentes, instaladas mediante el marcado y georreferenciación de sus límites, lo que permitió repetir las mediciones en los mismos individuos. *Melia azedarach* fue la especie dominante en todas las fajas, con supervivencias entre 79,50% y 97,73%, y registró incrementos medios anuales (IMA) de hasta 9,75 m³/ha. *Gmelina arborea*, presente en menor densidad, presentó supervivencias muy variables (24,14%–85,37%) y un IMA máximo de 35,14 m³/ha; sin embargo, su densidad se redujo notablemente en sitios con alta competencia o limitaciones edáficas (zonas bajas). *Hovenia dulcis* registró baja presencia, con un IMA de hasta 9,97 m³/ha, aunque con densidad reducida y supervivencia variable, observándose reposiciones en una faja y valores menores (66,67% y nulo) en las demás. *Schizolobium parahyba*, se encontró únicamente en una faja, con una supervivencia del 66,67% y un IMA de 2,17 m³/ha. Las especies evaluadas evidenciaron diferencias en establecimiento, crecimiento e índices de supervivencia, influenciadas por la competencia, las condiciones ambientales y sus propias características. *Melia azedarach* fue la más adaptable y dominante, lo que sugiere su potencial para propiciar la recuperación del bosque nativo degradado; *Gmelina arborea* se destaca por su alto incremento individual pese a su baja densidad; *Hovenia dulcis* presenta limitaciones bajo condiciones de alta competencia y *Schizolobium parahyba* es la especie menos representada en las fajas evaluadas.

Palabras clave: bosque degradado, especies implantadas, fajas de plantación



Registro de avispas (Braconidae) y moscas parasitoides (Tachinidae) asociadas a *Nystalea nyseus* (Lepidoptera: Notodontidae), plaga defoliadora del eucalipto en una plantación en Concepción, Paraguay

Luis Aguilera¹, Felicia Samudio¹, José Luiz Conti¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: luisaguilers64@gmail.com

Nystalea nyseus es una oruga defoliadora de eucalipto perteneciente al orden Lepidoptera, que se caracteriza por ser causante de defoliaciones severas en plantas de más de un año de edad, tiene un ciclo de vida que comprende desde la fase embrionaria hasta la fase adulta, la fase más severa es la de larva que dura aproximadamente entre 24-25 días donde se alimenta principalmente de las hojas de eucalipto siguiendo desde las hojas basales hasta el ápice, esto lleva a la reducción de la tasa fotosintética, pudiendo causar un impacto en la productividad. La implementación de medidas de monitoreo integrados con enfoque a control biológico son las mejores estrategias de manejo, buscando la reducción de la población de la plaga, disminuyendo la dependencia de pesticidas químicos. Se han identificado diversos predadores y parasitoides de orugas defoliadoras, siendo especialmente las avispas y moscas parasitoides de la familia Braconidae y Tachinidae. El objetivo de esta investigación fue identificar la presencia de insectos parasitoides pertenecientes a estas familias en una plantación forestal de producción ubicada en el Departamento de Concepción, Paraguay. El estudio se llevó a cabo en la estancia La Blanca, donde se observaron síntomas de defoliación en un clon híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis*. Se procedió al monitoreo de toda la parcela afectada, cuantificándose los daños ocasionados. Posteriormente, se realizó la colecta de larvas en diferentes estadios. La presencia de adultos de *Nystalea nyseus* no fue registrada en campo, pero sí en laboratorio, donde se confirmó su identificación mediante las claves taxonómicas de Savelle (2019). Las orugas colectadas fueron mantenidas en condiciones controladas (24°C y fotoperiodo de 12 horas), con suministro regular de material vegetal fresco y cambio del papel toalla para mantener la humedad. La presencia y severidad de los daños disminuyeron sin necesidad de aplicación de pesticidas. Se colectaron un total de 150 orugas, de las cuales 42 (28%) presentaron signos de parasitismo. De estas, 25 orugas (16,7%) fueron parasitadas por individuos de la familia Braconidae, identificados mediante las claves de Zamora et al. (2017), y 17 orugas (11,3%) por larvas de dípteros de la familia Tachinidae, determinadas de acuerdo con Scaramozzino et al. (2020). La reducción de la población de la plaga se atribuyó a la acción natural de ambas familias de parasitoides, reforzando la importancia del manejo integrado basado en el control biológico. La presencia de parasitoides de las familias Braconidae y Tachinidae representa un componente clave en el manejo sostenible de orugas defoliadoras, debido a su capacidad de parasitar diversos géneros que afectan a especies forestales. Su aprovechamiento constituye un potencial valioso para el desarrollo de programas de control biológico en plantaciones de eucalipto afectadas por lepidópteros.

Palabras clave: control biológico, eucalipto, oruga defoliadora



Respuesta a la corrección de Nitrógeno y Potasio en cobertura con diferentes fuentes de fertilizantes en una plantación forestal con eucalipto

Eugenio Gonzalez Cáceres¹, Arnaldo Pereira¹, Andrés Fernández¹, José Luiz Conti¹

Correspondencia: eugenio.gonzalez@paracel.com.py

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

La fertilización en plantaciones forestales es uno de los factores que interviene en mayor porcentaje para obtener altas productividades, entre los nutrientes de mayor demanda del eucalipto está el nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), siendo el fósforo corregido al inicio de la plantación con una fertilización de base y el nitrógeno y potasio en cobertura en la edad de mayor demanda y mejor aprovechamiento de estos elementos por la planta. El objetivo de este experimento fue evaluar la respuesta a la fertilización con NK en cobertura usando diferentes fuentes de fertilizantes. El experimento fue realizado en la estancia Hermosa en el distrito de Sargento José Félix López, Concepción, Paraguay en fecha 06 de junio del 2024 y la evaluación fue realizada a los 6 meses después de la aplicación del fertilizante. La metodología usada fue un diseño de bloques continuos con 3 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales. De cada unidad experimental fueron evaluados 36 árboles; el espaciado utilizado fue de 4 m entre línea x 2,5 m entre plantas (1000 plantas/hectárea); la superficie del experimento fue de 6 hectáreas; los tratamientos fueron T1: testigo (sin aplicación de cobertura), T2: 250 kg/ha de NK formulación convencional mezcla física (15-00-28+8S+0,3B), T3: 250 kg/ha de NK formulación diferenciada mezcla química (15-03-16+4Ca+1Mg+4S+0,2Zn+0,2B+0,1Cu). La clasificación del suelo donde se implantó el ensayo es un Entisol y el material genético usado fue un clon híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*. Las variables evaluadas fueron DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), Altura e IMA (Incremento Medio Anual) a los 1,3 años, los datos fueron evaluados con el programa estadístico InfoStat. Se hallaron diferencias significativas en todas las variables en comparación al tratamiento testigo, en el DAP los tres tratamientos fueron diferentes entre sí estadísticamente con promedios de 7,7; 8,1 y 8,6 cm para el T1, T2 y T3 respectivamente; en la altura el T2 y T3 fueron iguales estadísticamente y superior al testigo (T1), con promedios de 9,9; 10,0 y 8,7 m respectivamente. En la variable de IMA los tratamientos fueron significativos en comparación al testigo, con promedios de 15,1; 19,0 y 21,4 m³/ha/año para el T1; T2 y T3 respectivamente, siendo el T3 29,4% mayor que el T1; el T2 20,5% mayor que el T1 y el T3 11,2% mayor en comparación al T2. Se concluyó que el T3 es el mejor tratamiento del experimento. Con estos resultados se ratifican las respuestas a la fertilización con NK en cobertura, donde las fuentes de los fertilizantes y la presencia de micronutrientes en la fórmula influyen en la disponibilidad de los nutrientes en el suelo y la absorción por la planta. Para asegurar altas producciones es necesario realizar la fertilización en cobertura de manera a garantizar la provisión suficiente de nutrientes para el eucalipto.

Palabras clave: plantación forestal, fertilización de cobertura, macro y micronutrientes



Variabilidad climática y su influencia en la clasificación de Köppen en áreas forestales del departamento de Concepción, Paraguay

Diego Fernando Duarte Guillen¹, Luis Aguilera¹, José Luiz Conti¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: diego.duarte@paracel.com.py

La clasificación climática de Köppen es uno de los sistemas más utilizados para describir los diferentes tipos de clima, con base en datos de temperatura y precipitación. Esta herramienta permite interpretar los patrones ecológicos y la distribución potencial de la vegetación. El objetivo de esta investigación fue analizar la variabilidad climática en superficies forestales del departamento de Concepción, Paraguay, entre 1995 y 2024, empleando la clasificación de Köppen como base para caracterizar los cambios en los tipos de clima. Se utilizaron registros mensuales de temperatura media y precipitación acumulada de cinco estaciones meteorológicas automáticas ubicadas en las propiedades de Rancho Z, Trementina, Zanja Morotí, Santa Teresa y Hermosa, complementados con datos satelitales del sistema NASA POWER para una superficie aproximada de 200.000 hectáreas. La clasificación climática se realizó siguiendo los criterios del sistema Köppen-Geiger. Para cada año del período de estudio, se analizaron las series climáticas mensuales y se aplicaron los siguientes umbrales: Un año se clasificó como Aw (clima tropical de sabana) si ningún mes tuvo temperatura media inferior a 18°C, y existió al menos un mes con precipitación inferior a 60 mm, siempre que esta condición cumpliera con la fórmula: Precipitación del mes más seco < [100 - (P anual / 25)] (Lectura Köppen, p. 2). Se clasificó como Cwa (clima subtropical húmedo con invierno seco) si la temperatura media del mes más frío fue inferior a 18°C, la del mes más cálido superó los 22°C, y existió una estación seca invernal donde la precipitación del mes más seco fue inferior a una décima parte del mes más húmedo. Este análisis permitió determinar el tipo climático dominante año por año, siendo AW (clima tropical de sabana) el dominante dentro del periodo de revisión de esta investigación en las superficies forestales en el departamento de Concepción, de igual manera es observado una alta variabilidad interanual, sin estabilidad superior a cuatro años consecutivos bajo un mismo tipo climático. Este fenómeno se atribuye a la localización ecotonal del Departamento de Concepción, donde convergen tres grandes ecorregiones: Cerrado, Chaco Húmedo y Bosque Atlántico del Alto Paraná. Estas regiones presentan diferencias marcadas de altitud — el Cerrado por encima de 200 msnm, el Chaco Húmedo por debajo de 100 msnm — que influyen en los patrones locales de temperatura y humedad. Comprender esta variabilidad permite mejorar la planificación forestal, optimizando la elección de especies, el calendario de plantaciones y las estrategias de manejo ante posibles escenarios climáticos fluctuantes.

Palabras clave: clasificación climática de Köppen, variabilidad climática, regiones ecotonales



Desarrollo de plantaciones forestales de eucalipto con diferentes densidades de plantación en el departamento de Concepción, Paraguay

Eugenio Gonzalez Cáceres¹, Arnaldo Pereira¹, José Luiz Conti¹, Andrés Fernández¹

¹Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: eugenio.gonzalez@paracel.com.py

La densidad de plantación es una de las variables con mayor incidencia sobre el desarrollo de las plantaciones, la adopción de espaciado adecuado del eucalipto permite alcanzar el mayor potencial productivo de una zona o región, considerando variaciones de suelos y condiciones climáticas. El objetivo del experimento fue evaluar el desarrollo del eucalipto en diferentes densidades de plantación durante todo el ciclo de la planta. El experimento fue instalado en mayo del 2023, en la estancia Silva Kue, distrito de Sargento José Félix López, Concepción, Paraguay. La metodología usada fue en delineamiento de bloques completos al azar, con 24 tratamientos y 3 repeticiones, totalizando 72 unidades experimentales, de cada unidad experimental fueron evaluadas 16 plantas, la superficie del experimento fue de 3,30 hectáreas. Se trabajó con 4 bloques de espaciado entre líneas diferentes (2; 3; 4 y 5 metros entre línea), cada bloque estuvo compuesto con una distribución de espaciado entre plantas de 1 – 1,5 – 1,9 – 2,25 – 2,75 y 3 metros entre plantas, los tratamientos fueron diferentes densidades de plantación, variando desde 666 hasta 5000 plantas por hectárea. La clasificación del suelo donde se implantó el ensayo es un Alfisol y el material genético usado fue un híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*. La variable evaluada fue el IMA (Incremento Medio Anual) de volumen, a los 16 meses, para ello fueron medidos el DAP (diámetro a la altura del pecho) y la altura por cada tratamiento, a partir de estas mediciones se realizó el cálculo del área basal y volumen. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat. Se encontró diferencias estadísticas significativas, donde los mejores resultados de IMA se obtuvieron en los tratamientos T1, T2 y T3 con densidades de plantación de 5000, 3333, 2632 plantas por hectárea, con IMA a los 16 meses de 7,28; 5,87 y 5,46 m³/ha/año. Los resultados más bajos se obtuvieron con los tratamientos T23 y T24 correspondientes a 727 y 666 plantas por hectárea respectivamente con IMA de 1,45 y 1,47 m³/ha/año respectivamente. Estos resultados son datos preliminares del experimento, se seguirá realizando evaluaciones hasta los 7 años para observar el comportamiento y variación de los resultados entre cada tratamiento.

Palabras clave: espaciado, densidad, IMA, eucalipto



Primer registro de *Xyleborus ferrugineus* (Curculionidae Scolytinae) en la Provincia de Formosa

Walter Ariel Degano¹, Nicolás Mateo Iza¹

¹ Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales, Centro Tecnológico de la Madera. Formosa, Argentina.

² Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales, Carrera de Ingeniería Forestal. Formosa, Argentina.

Correspondencia: walterdegano@yahoo.com.ar

La Subfamilia Scolytinae (Coleoptera Curculionidae) reúne a los escarabajos ambrosiales, las plagas más destructivas de los árboles de coníferas y árboles deciduos en el mundo (Metcalf, 1972). En Argentina Brugnoli (1980) cita a las especies *Xyleborus affinis*, *X. confusus* y *X. perforans* atacando especies indígenas en el norte argentino, sin aportar datos de la identidad de sus plantas hospederas. Iturre (1996) cita a ocho especies, entre las que se encuentran *X. ferrugineus* y *X. paraguayensis* en plantaciones de *Eucalyptus tereticornis* en la Provincia de Santiago del Estero; mientras que, en la Provincia de Misiones, Vizcarra Sanchez (2004) menciona a doce especies del género *Xyleborus*, y cita el ataque de *X. ferrugineus* a *Cedrela fissilis*, *Araucaria angustifolia*, *Pinus* sp. y *Eucalyptus dunnii*. No se encontraron citas, ni registros de las especies del Género *Xyleborus* en la provincia de Formosa. El objetivo fue describir la asociación huésped/hospedero para el Este de la Provincia de Formosa, como así también las lesiones y daños causados, aportando datos acerca de las condiciones de la madera atacada. Se examinaron tres rollos de *Enterolobium contortisiliquum*, localizados en la región húmeda de la provincia de Formosa, durante septiembre de 2023 a mayo de 2024. Se registraron lesiones (perforaciones), daños y se midió el contenido de humedad de la madera utilizando un xilohigrómetro de contacto MH-101. Se realizó la captura de coleópteros xilófagos. Se utilizó un microscopio digital Nisuta con aumentos de 150x a 230x. Se aplicaron las claves especificadas por Wood (2007) para determinar especies. Se encontró la presencia del escarabajo de ambrosia *Xyleborus ferrugineus* atacando albura y duramen en la especie arbórea *E. contortisiliquum*. El ataque se concentra principalmente en la albura. Aparecen bastoncitos (cilindros) de aserrín de 3 a 2,3 mm de longitud y 1 mm de diámetro, de manera inmediata al introducirse el insecto en la albura. Se observó que, *X. ferrugineus* se introduce a través del ritidoma, en muy pocos casos atacando el interior del mismo, e inmediatamente se traslada a la albura. Orificios circulares de 1,8 a 2mm de diámetro. La penetración es a través de una galería simple, luego se ramifica a partir de los 1,5 cm a 2,5cm. Estas ramificaciones vuelven a ramificarse consolidando galerías terciarias y cámaras pupales, de 3 a 5mm de longitud; siempre en sentido perpendicular a las fibras de la madera. *X. ferrugineus* produce la tinción oscura debido a la presencia del hongo de ambrosia en el lapso de 12 días en promedio, siempre que la humedad del leño no sea inferior al 60% de contenido de humedad. El daño estuvo comprendido de noviembre a mediados de diciembre, prevaleciendo en la madera atacada, 90% de humedad en promedio. Se concluye que *X. ferrugineus* se comporta netamente como un escarabajo ambrosial. En la mayoría de las observaciones, los insectos siempre se han introducido perpendicularmente al eje longitudinal del fuste. Consideramos de suma importancia este primer registro, atacando una especie arbórea de uso económico alternativo.

Palabras clave: escarabajos; ambrosiales; *Enterolobium*; descortezadores



Efectividad del uso de *Trichoderma harzianum* como controlador biológico en la inhibición de crecimiento en hongos patógenos

Sergio Vallecillo Cedeño¹, Ashley Alejandra Miranda Acevedo¹, Perla Nayelli Betanco Blandon¹, Jesús Darío Gutiérrez Vargas¹, María Rodríguez Solís¹, Alexander Berrocal Jiménez¹

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Correspondencia: svallecillo26@gmail.com

En el sector forestal costarricense, el aumento de enfermedades fúngicas ha provocado pérdidas económicas considerables, afectando especialmente especies de alto valor como *Tectona grandis* y *Cupressus lusitanica*. Este escenario ha generado la necesidad de alternativas sostenibles y eficientes al uso de agroquímicos. En este contexto, el uso de agentes de control biológico como *Trichoderma harzianum* se perfila como una opción prometedora, gracias a su capacidad para inhibir patógenos mediante micoparasitismo, competencia y estimulación de defensas en las plantas. El estudio tuvo como propósito evaluar la efectividad de *T. harzianum* en la inhibición del crecimiento de los hongos patógenos *Lasiodiplodia theobromae* y *Nigrospora sphaerica*, bajo condiciones de laboratorio, mediante ensayos in vitro de antagonismo dual. El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Patología Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, usando un diseño completamente aleatorio con cinco tratamientos (tres testigos y dos antagonismos), cada uno con cinco repeticiones. Se cuantificó el crecimiento radial de los hongos a partir de fotografías procesadas con el software ImageJ, calculando el porcentaje de inhibición con base en la diferencia entre el área radial en tratamientos testigos y duales. Además, se realizaron observaciones microscópicas para detectar interacciones de micoparasitismo. Los resultados mostraron que *T. harzianum* inhibió significativamente el crecimiento de los hongos evaluados, con porcentajes de inhibición de 61% para *L. theobromae* y 80% para *N. sphaerica*. Las microfotografías evidenciaron la colonización de las hifas de los patógenos por parte del biocontrolador, lo cual confirma su capacidad de micoparasitismo. Se observó que la efectividad del antagonismo fue mayor contra hongos de crecimiento más lento, como *N. sphaerica*, mientras que contra *L. theobromae*, cuya tasa de crecimiento es similar a la del antagonista, la competencia fue más equilibrada. Se concluye que *T. harzianum* cumple eficazmente su rol como controlador biológico en condiciones in vitro, siendo más efectivo frente a patógenos de menor velocidad de crecimiento. Su aplicación en el sector forestal representa una posible alternativa viable y ambientalmente sostenible, con potencial de uso comercial dadas sus propiedades adaptativas y facilidad de producción. Se recomienda realizar investigaciones en condiciones de campo para validar su efectividad en ambientes naturales y su interacción con factores bióticos y abióticos más complejos.

Palabras clave: biocontrol, *Trichoderma harzianum*, especies forestales, *Lasiodiplodia theobromae*, *Nigrospora sphaerica*, control integrado de plagas



Estimativas de parámetros genéticos y rendimiento de clones de eucalipto a los tres años en la región Norte de Paraguay

Maria Eduarda Facioli Otoboni¹, Derlis Enrique Ramos¹, Liz Noelia Rodriguez Benitez¹, José Luiz Conti¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: maria.facioli@paracel.com.py

El género *Eucalyptus* es ampliamente utilizado para la producción de madera y diversos fines, debido a su rápido crecimiento, buena adaptación y alta calidad. La selección de individuos que cumplen con las características de interés (volumen, IMA, calidad de la madera) es el objetivo principal de un programa de mejoramiento genético de eucalipto. En estos programas, se evalúan individuos en diferentes ambientes y con diferentes características para realizar la selección final y recomendar su plantación a escala comercial en una empresa. El estudio del control genético y la herencia de caracteres mediante la obtención de estimativas de parámetros genéticos como variables, heredabilidad y coeficientes de variaciones genéticas y ambientales permite realizar inferencias sobre la variabilidad genética presente en la población y qué ganancias se pueden esperar de la selección. El objetivo de este trabajo fue evaluar las estimativas de parámetros genéticos y el desempeño de clones de eucalipto a los tres años en la región Norte de Paraguay. El estudio fue realizado en el municipio Sargento José Félix López, en el departamento de Concepción y consistió en un ensayo clonal ampliado, en diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y 9 plantas por parcela. El ensayo fue instalado el 03 de diciembre de 2021 y se evaluaron 16 clones, siendo tres de ellos ya plantados de forma comercial por la empresa (testigos). La colecta de datos fue realizada a los tres años, estimando el Incremento Medio Anual (IMA) ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$) de todos los árboles. Los análisis estadísticos y la selección de los mejores clones fueron realizados en el software Selegen REML/BLUP. El coeficiente de variación genotípico (19,59%) fue mayor que el coeficiente ambiental (9,46%), lo que indica que gran parte de la expresión fenotípica proviene de la acción genética y no del ambiente. Esto es favorable para un programa de mejoramiento genético, ya que representa una mayor seguridad en la selección de un clon. La acción genética en el conjunto de clones evaluado puede ser comprobada por el valor de heredabilidad encontrado para IMA, que fue de magnitud media (0,40), lo que indica la posibilidad de ganancias genéticas para esta característica a través de la selección. El IMA promedio del ensayo fue de $32,77 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$. El clon con mejor rendimiento (*E. urophylla* x *E. grandis*) presentó IMA de $48,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, muy superior a la media general del ensayo. El segundo clon con mejor rendimiento (*E. urophylla* x *E. grandis*) tuvo IMA de $37,13 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ y el tercer clon tuvo un IMA de $35,46 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ (*E. grandis* x *E. brassiana*). Entre los tres clones testigos, el mejor posicionado (*E. urophylla* x *E. grandis*) presentó IMA de $34,27 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ y quedó en quinto lugar, por encima del promedio general del ensayo ($32,77$) pero con un rendimiento muy inferior al clon mejor clasificado ($48,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$). Los parámetros genéticos del ensayo indican una situación favorable para la selección, lo que, junto con la elección de clones superiores a los testigos evaluados, puede generar ganancias considerables en productividad para la empresa.

Palabras clave: *Eucalyptus*, variabilidad genotípica, heredabilidad, incremento medio anual



Uso de la metodología REML/BLUP para evaluación genética precoz de progenies de medios hermanos de *Eucalyptus urophylla*

Maria Eduarda Facioli Otoboni¹, Derlis Enrique Ramos¹, Liz Noelia Rodriguez Benitez¹, José Luiz Conti¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: maria.facioli@paracel.com.py

El éxito de un programa de mejoramiento genético depende de la precisión en la selección de los mejores individuos para ser los progenitores de las próximas generaciones, logrando la obtención de híbridos para posterior clonación. Actualmente, los programas de mejoramiento genético orientados a la producción de híbridos interespecíficos de eucalipto se basan en *Eucalyptus urophylla*, para obtener clones de rápido crecimiento y alta calidad de madera. *E. urophylla* es una de las especies más plantadas debido a su plasticidad y adaptabilidad a las diversas regiones, además del amplio rango de usos de su madera. Así, el objetivo de este trabajo fue realizar la evaluación genética de progenies de medios hermanos de *E. urophylla* utilizando la metodología REML/BLUP. El ensayo se plantó el 14 de abril de 2023 en el municipio de Paso Barreto, departamento de Concepción. Se evaluaron 91 progenies de medios hermanos y se agregó un clon comercial como testigo, lo que resultó en 92 tratamientos. El ensayo se llevó a cabo con un diseño experimental Single-tree plot (STP) con una planta por parcela, en 12 repeticiones. Posteriormente, se realizaron las mediciones de los árboles: DAP, altura total del árbol, volumen e incremento medio anual (IMA), sin embargo, para los estudios solo se consideró IMA. Los análisis estadísticos fueron realizados en el software Selegen REML/BLUP, utilizando el modelo 19. La variable genética aditiva (0,68) fue menor que la varianza ambiental (2,36), lo que indica que, a un año, el ambiente causó una mayor influencia en la expresión fenotípica de los individuos. La existencia de variación genética aditiva es una indicación de la facilidad para identificar genotipos superiores, lo que proporcionará ganancias con la selección. La heredabilidad individual de los efectos aditivos (h_a^2) fue de 0,22, considerada de magnitud media. Este parámetro indica la proporción de variable aditiva en la variación fenotípica, es decir, refleja la cantidad de variación genética que se transmitirá a la descendencia. Las heredabilidades medias de progenie (h_m^2) fueron 0,42 para IMA, también consideradas de magnitud media. Se recomienda realizar la selección basada en la heredabilidad media, ya que proporciona un mayor nivel de precisión que la selección basada en la heredabilidad individual, por ejemplo, el coeficiente de variación genética aditiva individual ($[(CV)]_{gi}$) que expresa el porcentaje de variación genética aditiva dentro de la progenie, fue del 31,59%. El coeficiente de variación genética entre progenies ($[(CV)]_{gp}$) fue menor, 15,79%. Estos valores indican mayores posibilidades de éxito en la selección entre progenies que dentro de progenies. Aunque se identificó una acción ambiental más fuerte que la genética en el conjunto de progenies evaluadas, los datos de magnitud media de las heredabilidades y la posibilidad de selección por los coeficientes de variaciones genéticas individuales muestran situaciones favorables para la selección. Cabe mencionar que el ensayo se midió con un año de tiempo, lo que es muy temprano para hacer inferencias respecto a las características genéticas de los individuos, ya que conforme los árboles se hacen adultos, el genotipo ejerce mayor influencia en la expresión fenotípica.

Palabras clave: *Eucalyptus*, estimativas de parámetros genéticos, variación genotípica, selección



Aplicación de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. como resina natural en el diseño de revestimientos para techos fríos

Paola Montserrat Ricardi Montiel¹, Maximiliano Del Puerto¹, Janine Padilha Botton², Fernando Luis Fertoni^{3,4}, Noelia Alchapar^{5,6,7}, Ezekiel Martin⁸, Lia Toledo Moreira Mota⁹, Fatima Yubero¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas. San Lorenzo, Paraguay. ² Universidad Federal de la Integración Latinoamericana. Foz do Iguaçu, Brasil. ³ Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Câmpus de São José do Rio Preto. ⁴ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". São Paulo, Brasil. ⁵ Instituto de Hábitat, Ambiente y Energía. Mendoza, Argentina. ⁶ Centro Científico y Tecnológico Mendoza. Mendoza, Argentina. ⁷ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Mendoza, Argentina. ⁸ University of Nevada. Reno, Nevada. ⁹ Pontificia Universidade Católica de Campinas. Campinas, Brasil.

Correspondencia: ricardipaola74@gmail.com

La tecnología de techos fríos consiste en el uso de revestimientos o pinturas en los techos que buscan compensar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas en las ciudades, contribuyendo a la descarbonización mediante el uso de materiales capaces de reflejar mayor radiación solar al espacio (Efecto Albedo). Estos techos reestablecen el equilibrio energético de las ciudades al disminuir asimismo la necesidad de aire acondicionado, lo que se traduce en un menor consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero como los hidrofluorocarbonos. Sin embargo, para aplicar estos revestimientos es necesaria la ausencia de resinas sintéticas que contienen compuestos orgánicos volátiles (VOCs). En este contexto, se propone el uso alternativo de la especie *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. como aglomerante, pues esta especie ha sido utilizada en la construcción alternativa en la región hace mucho tiempo, y la literatura refiere que es una palmera de la familia Arecaceae resiliente frente al cambio climático, con estabilidad térmica y microfibras. Estas propiedades resultarían ideales para utilizarlo como una resina natural en revestimientos para techos fríos. El objetivo de este trabajo fue la obtención de revestimientos para techos fríos a base de resina natural de *A. aculeata* libres de compuestos orgánicos volátiles (VOCs) de las formulaciones, identificados por espectroscopia infrarroja (IR). Para el desarrollo de los revestimientos a ser estudiados por IR, se utilizó un material candidato de referencia certificado por propiedad químico térmica MCRC-QT de una formulación basada en *A. aculeata*. Los revestimientos fueron evaluados en su estado sólido, utilizando un tamaño de partículas menor o igual a 350 micras, mediante espectroscopia infrarroja de reflectancia atenuada que utilizó un equipo de la marca Thermoscientific Modelo Summit X. Paralelamente se determinaron los datos de pH, densidad y viscosidad de las formulaciones. Como resultado de los estudios espectroscópicos por reflectancia atenuada de los revestimientos, se ha podido comprobar la ausencia de los estiramientos C-H y de dobles y triples enlaces de carbono, característicos de los VOCs. Estas señales aparecen en los números de onda de entre 2600 y 3100 cm⁻¹, y en las regiones de 1680 y 1640 cm⁻¹ para enlaces dobles de carbono y en regiones entre 2260 y 2100 cm⁻¹ correspondiente a los enlaces alquinos del espectro infrarrojo. Se observó la ausencia total de picos grupos funcionales correspondientes a estiramientos C-H principalmente. Las características fisicoquímicas de los revestimientos en cuanto a la viscosidad, pH y densidad de las formulaciones a base de esta resina natural fueron de 8000 cpoise; 10,95; 1,3 g/cm³. Con este estudio se comprueba que el uso de *A. aculeata* como resina natural podría ser una alternativa al uso de resinas sintéticas con VOCs en el desarrollo de formulaciones de revestimientos para techos fríos, en atención a que estos VOCs se liberan fácilmente a la atmósfera. Además, la diversificación del uso del cocotero para otros fines como el sector de infraestructura resiliente y sostenible. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto internacional de Transición Energética I+D CONACyT ENER01_02.

Palabras clave: *Acrocomia aculeata*; descarbonización; revestimientos; techos fríos; VOCs



Balance hídrico forestal seriado de larga duración, aplicaciones: incrementar productividad, reducir riesgos incendios e inundaciones, integrar riego con efluentes

Carlos Nardin¹, Fernanda Caballero¹

¹ Universidad Nacional de Formosa. Formosa, Argentina.

Correspondencia: cjnardin@yahoo.com.ar

El conocimiento de las interacciones entre suelo, agua y planta en diversos ecosistemas forestales proporciona los fundamentos necesarios para definir criterios silvícolas que orienten el manejo eficiente de estos recursos. Esta base permite desarrollar estrategias que mejoren la calidad y productividad forestal de manera sostenible. Y, por otra parte, este enfoque contribuye significativamente a la recuperación y conservación del entorno, favoreciendo la formación de suelos más fértiles, incrementando la captura de carbono, previniendo la erosión, y en general mejorando otros aspectos ambientales. Las variabilidades hidrológicas extremas son una amenaza potencial en los desarrollos forestales que por su naturaleza temporal son alcanzados con frecuencia por situaciones severas tanto de déficit como de exceso. Las variaciones climáticas, y en mayor medida el cambio de usos del suelo determina comportamientos hídricos más frecuentes de estadios desfavorables. Pero por otra parte cada vez hay más recursos tecnológicos que facilitan y hacen factibles nuevos tipos de intervenciones innovadoras en cuanto al manejo del agua y al medio físico natural. Para evaluar la factibilidad, eficiencia y eficacia de la respuesta de las posibles medidas, se propuso un modelo de simulación conteniendo los procesos hidrológicos enfocado en la cubierta vegetal arbórea y su rizosfera. Mayor precisión se requiere en la evaluación de las variables que tienen aplicabilidad en el manejo de la hidrología forestal. Intercepción (biomasa: especies; estratos; densidades). Escurrimiento (áreas; pendientes; rugosidad superficial). Infiltración (permeabilidad; materia orgánica). A partir de las series diarias de precipitaciones y de las variables climáticas se calcularon los flujos potenciales de agua de las entradas y salidas (ETc. Penman Monteith) en la rizosfera para determinar las humedades del suelo. Los valores se ajustaron teniendo en cuenta las retenciones en la cubierta vegetal evaluado con la aplicación de métodos de estimación de la interceptación y las cantidades que escurren empleando el método de la curva CN. Simultáneamente se estimó la evapotranspiración real en relación al contenido de humedad del suelo. Recientemente la información satelital de la humedad del suelo como el estado fisiológico de la cubierta vegetal, aporta los datos para cada sitio con la frecuencia temporal que permite ajustar con precisión el manejo hídrico oportuno y conveniente. Los análisis probabilísticos y la presentación cronológica de los resultados a lo largo de un período extenso de años que atraviesan varios eventos de niñas y niños mostraron con una adecuada confiabilidad el comportamiento hidrológico de las áreas forestales estudiadas, observándose la variabilidad de la humedad del suelo, sus magnitudes y frecuencia de los excesos y déficit. Por consiguiente, el balance hídrico desarrollado constituye una metodología apropiada para diseñar y dimensionar diversas medidas de manejo, aprovechamiento y control hídrico y edáfico en un área forestal y zonas de influencias considerando diversas especies, densidades y otras características de interés. Especialmente puede resultar conveniente trabajar la dinámica hídrica superficial de los predios, regulando los flujos y/o aumentando o reduciendo las capacidades de almacenamiento/amortiguamiento ante variabilidades de las precipitaciones, tendientes a maximizar los estadios de la humedad del suelo correspondientes al agua fácilmente utilizable.

Palabras clave: modelación hidrológica forestal, humedad del suelo, manejo hídrico-edáfico-vegetal



Análisis estratégico de la alineación de las metas nacionales de biodiversidad del Paraguay con el marco mundial de biodiversidad

Tatiana Galluppi Selich¹, Viviana Villalba¹, Jessica Servin¹, Dario Mandelburger²

¹ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Asunción, Paraguay.

² Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: tatiana.guyra@gmail.com

Paraguay, como parte del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), se encuentra en proceso de actualización de su Estrategia Nacional y Plan de Acción para la Conservación de la Biodiversidad (ENPAB). Este proceso busca alinear las metas nacionales con el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal (MMB), adoptado en la COP15. Este proceso es clave para garantizar que las políticas nacionales respondan eficazmente a los compromisos globales en biodiversidad. Analizar el grado de alineación entre las 30 metas nacionales de biodiversidad del Paraguay y las 23 metas globales del MMB, identificando fortalezas, vacíos y oportunidades de mejora para una implementación más coherente y efectiva. Se aplicó un enfoque mixto que combinó herramientas de inteligencia artificial (IA) para detectar similitudes semánticas entre metas, con una evaluación técnica experta que consideró aspectos institucionales, sociales y normativos. Además, se realizaron 20 talleres participativos en todo el país, involucrando a más de 800 actores de diversos sectores, incluyendo juventudes, pueblos indígenas, sociedad civil, sector privado, academia y organismos internacionales. Esta metodología permitió validar y enriquecer los hallazgos técnicos con una perspectiva territorial y multisectorial. El análisis reveló que el 100% de las metas nacionales presentan algún grado de alineación con al menos una meta global del MMB. Se identificaron 129 pares de metas con similitud por IA (27 alta, 35 media, 67 baja) y otros 129 pares adicionales mediante evaluación técnica. El índice ponderado de alineación fue de 47,48% (IA) y 44,38% (evaluación técnica), lo que indica una cobertura amplia pero con predominancia de coincidencias de baja intensidad. Las metas globales mejor representadas fueron la Meta 14, la Meta 10 y la Meta 9. En contraste, las Metas 6, 7, 8, 17 y 23 mostraron baja representación, evidenciando vacíos estratégicos. La combinación de IA y evaluación técnica permitió una visión más completa del panorama nacional. Se recomienda fortalecer la redacción de metas, priorizar áreas subrepresentadas (como biotecnología, género y gobernanza), institucionalizar procesos participativos y establecer mecanismos de seguimiento. Paraguay cuenta con una base sólida, pero el fortalecimiento técnico y estratégico de sus metas será clave para contribuir de manera efectiva a los objetivos globales de biodiversidad.

Palabras clave: CDB, inteligencia artificial, MMB, Biodiversidad



Niveles de exposición al ruido de una garra trozadora en sistema Full tree

Tatiana Cinquetti¹, Daniel A. Ferro¹, Matilde Mur¹, Víctor H. Merani¹, Richardson Barbosa Gomes da Silva², Danilo Simões²

¹ Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, Argentina.

² Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas. São Paulo, Brasil.

Correspondencia: tatianacinquetti@gmail.com

La demanda de productos forestales, los elevados costos de cosecha y la seguridad del personal ha generado el crecimiento de la mecanización de las labores forestales en los últimos años. En este sentido, la Organización Internacional del Trabajo menciona que este sector es uno de los más riesgosos en términos de daños crónicos y enfermedades profesionales, en conjunto con la construcción y la minería. Estudios recientes han demostrado que una exposición prolongada al ruido disminuye el tiempo de reacción de la persona, reduce la concentración, genera interferencias en la comunicación, trae problemas de memoria y deteriora el bienestar general. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue medir los niveles de ruido generados durante la operación de una garra trozadora a borde de camino, utilizada en sistema de cosecha mecanizada full tree. Se realizó la medición de los niveles de ruido producidos por un conjunto de maquinaria conformado por un tractor de la marca John Deere®, modelo 350 con alrededor de 2600 h de uso; equipado con un cabezal seccionador de la marca Potenza®, modelo 1,34, con espada y cadena de 1,8 m de largo. Las mediciones se realizaron durante 3 jornadas laborales, de 8 h, separadas con 1 h de almuerzo. La maquinaria se utilizó en diferentes rodales de *Eucalyptus* spp. de 6 años de edad con VMI promedio de 0,242, localizados en la localidad de Itatinga, Botucatu, SP, Brasil. El sitio contaba con similares capacidades de soporte del suelo y pendiente. Los valores de ruido medidos se proyectaron a 8 h utilizando un nivel base de 85 dB (Lavg); se calculó la dosis de exposición diaria (D) y se calculó el tiempo máximo de exposición diaria (MEDP), en base a 85 dB y una tasa de cambio de 5 dB. Se utilizaron las normas internacionales ISO publicadas por la OIT para la definición de los parámetros. Para la medición se utilizó un dosímetro de la marca Instrutherm®, modelo DOS-1000X, con certificado de calibración vigente. El procedimiento de recolección de datos se realizó en base a la norma ISO 9612:2009. Los resultados mostraron valores de Lavg de $81,2 \pm 2,9$ dB, D de $60,7 \pm 20,5\%$ y MEDP de $13 \text{ h } 30 \text{ min} \pm 6 \text{ h } 19 \text{ min}$. Estos valores no superan los umbrales máximos permitidos conforme los estándares considerados, por lo que indicarían que el uso de la garra trozadora, bajo estas condiciones, no generaría daños crónicos en los trabajadores y, en consecuencia, no sería necesario tomar acciones preventivas durante la jornada laboral en relación con la generación y exposición a los niveles de ruido. Sin embargo, se recomienda el uso de protectores y reductores auditivos por el personal para garantizar la higiene laboral en estos puestos de trabajo.

Palabras clave: ergonomía; contaminación sonora; dosímetro; dB; cosecha forestal



Técnicas para la optimización del trazado geométrico de caminos en áreas de implantación forestal

Franciny Lieny Souza¹, Jean Alberto Sampietro¹, Marcos Benedito Schimalski¹, João Carlos Buba Filho¹, Fabricio Campos Masiero^{1,2}, João Matheus de Vargas Oliveira¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Engenharia Florestal. Lages, Brasil.

² Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul. Rio do Sul, Brasil.

Correspondencia: francinylieny@hotmail.com

El estudio fue realizado en una superficie de 350 ha, con aproximadamente el 65% disponible para plantación, en el municipio de Água Doce, estado de Santa Catarina, Brasil. El objetivo fue comparar las carreteras existentes con las replanificadas, utilizando la metodología de Análisis Jerárquico de Proceso (AHP), empleada para asignar pesos a las variables de entrada del modelo, posteriormente procesadas en el software ArcMap® 10.8. A través de esta técnica, se compararon por pares las variables de pendiente, Áreas de Preservación Permanente (APP), orientación solar y área productiva, evaluando su importancia relativa. Luego, se analizó la readequación de los caminos forestales existentes mediante la herramienta de ruta de menor costo, vinculada al mapa generado por el mejor escenario del AHP: el mapa de aptitud. Las carreteras consideradas en el estudio fueron exclusivamente internas de la finca, clasificadas como secundarias, terciarias y ramales. Después de la readequación del trazado, se evaluaron algunos parámetros de eficiencia vial, como la Densidad de Caminos (DC), el Criterio de Backmund (CB) y el Porcentaje de Solapamiento de Caminos (S%). Para el CB y el S%, se adoptó una distancia media de extracción de 150 metros. El AHP indicó que la pendiente tuvo la mayor influencia en la composición del mapa de aptitud (61,1%), seguida por las APP (24%), el área productiva (8,5%) y, por último, la orientación solar (6,3%), con menor relevancia. Con respecto a la readequación de las carreteras, los resultados mostraron un aumento del 6% en la asignación de caminos en áreas clasificadas como de “buena o excelente aptitud”, además de una reducción de 4,3 km en la longitud total de la red vial. La densidad de caminos disminuyó de 69,85 m/ha a 50,86 m/ha, lo que representa una reducción del 27%, además de una ganancia de 1,7 ha en área productiva. Al comparar la eficiencia de las carreteras en ambos escenarios, se observó una reducción del 26% en el solapamiento vial tras la readequación. El índice de Backmund, que mide la adecuación de los caminos para operaciones forestales, presentó una reducción del 11%, manteniéndose en un nivel compatible con los requisitos operativos (75%). Las áreas fuera del índice corresponden a lugares donde las máquinas deberán recorrer distancias superiores al promedio estipulado de 150 metros. El análisis desarrollado, basado en la metodología AHP, permitió una evaluación rigurosa de la aptitud de las áreas para la localización de caminos, resultando en una propuesta más eficiente y alineada con las demandas operativas de la actividad forestal. La incorporación de criterios técnicos — como la pendiente, las áreas disponibles para plantación y el uso del suelo — permitió la reubicación de tramos, promoviendo ganancias significativas en superficie útil y productividad. Finalmente, la reducción del solapamiento vial y el mantenimiento del Índice de Backmund en niveles aceptables demuestran que la propuesta de readequación equilibra eficiencia logística con viabilidad operativa.

Palabras clave: red vial, geoprocésamiento, AHP, planificación, optimización



Estudio morfológico de las hojas de yerba mate en plantaciones comerciales de Itapúa, Guairá y Canindeyú (Paraguay)

Alba Liz González¹, Natalia Zelada¹, Olga Carolina Aquino Alfonso¹, Lidia Pérez de Molas¹, Claudia Patricia Fernández Frutos¹, Cornelio Núñez¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: alba.gonzalez@agr.una.py

La yerba mate (*Ilex paraguariensis* var. *paraguariensis*) es una especie de gran valor comercial y cultural en Paraguay, ampliamente consumida en mate, terere e infusiones. Yerbateros han reportado variaciones en la morfología foliar de plantas cultivadas, lo que sugiere, en una primera aproximación, la posible presencia de otras especies o variedades. A nivel regional, esta problemática ha sido objeto de estudio; sin embargo, en Paraguay no existen investigaciones sistemáticas sobre la variabilidad morfológica en áreas cultivadas, lo que representa una limitación para garantizar la autenticidad del producto, promover programas de mejoramiento genético y conservar los recursos fitogenéticos locales. Este estudio tuvo como objetivo analizar la variabilidad morfológica de las hojas de yerba mate en diferentes plantaciones comerciales en los departamentos de Itapúa, Guairá y Canindeyú. La metodología de muestreo consistió en la identificación de parcelas, realizada bajo la supervisión del encargado de la plantación, quien aportó información sobre la variabilidad foliar observada en las plantas. Las colectas se llevaron a cabo entre octubre y diciembre de 2019, en los distritos de Capitán Meza, Alto Vera y Pirapó (Itapúa); en Paso Yobay, en la Colonia Sudetia y el camino a 3 de Noviembre (Guairá); y en Francisco Caballero Álvarez (Canindeyú). Se realizaron muestreos en un total de siete parcelas, correspondientes a las siete localidades mencionadas. Cada parcela presentó diferentes densidades de plantación y abarcó superficies de 300 a 900 m² en las que se seleccionaron 10 plantas. También se recolectaron muestras fértiles, para la identificación taxonómica de las plantas estudiadas y su depósito a un herbario oficial. El secado del material vegetal se realizó a 60°C en estufa. El estudio de la morfología y la arquitectura foliar se basó en bibliografía especializada, y la medición de las variables morfométricas se llevó a cabo mediante el software ImageJ. Las hojas fueron escaneadas y procesadas digitalmente en formato TIFF. Se evaluaron caracteres cualitativos (forma de lámina, simetría, tipo de margen) y cuantitativos, como área foliar (A), perímetro (P), longitud de lámina (L), longitud de pecíolo (Pe), ancho máximo (W), longitud desde la base hasta el ancho máximo (LW), y las razones L/W y LW/L. Los resultados indican que las plantas colectadas corresponden a yerba mate (*Ilex paraguariensis* var. *paraguariensis*) y que la arquitectura y la morfología foliar concordaron con lo reportado en la bibliografía regional. El análisis morfométrico muestra diferencias marcadas en las características foliares según la procedencia: el área foliar promedio alcanza 22 cm² en fincas de Canindeyú y 12 cm² en Guairá. Dado que el área foliar es un indicador clave de la calidad potencial de la yerba mate y de interés para programas de mejoramiento genético, es necesario seguir investigando la influencia del manejo agronómico y de las condiciones edáficas y microclimáticas. En conclusión, este estudio representa un primer paso hacia una comprensión integral de la diversidad foliar de la yerba mate en Paraguay y subraya la necesidad de incorporar estudios anatómicos, fisiológicos y genéticos que complementen esta caracterización morfológica inicial.

Palabras clave: Morfología foliar, Morfometría, Aquifoliaceae, Recursos Filogenéticos



¿Y si la resiliencia brota del desierto? Especies forestales no maderables en zonas áridas mexicanas como herramienta de restauración y conservación, aprovechamiento y usos tradicionales

Dayan Hernández¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Estado de México, México.

Correspondencia: dayan01fany@gmail.com

Las zonas áridas y semiáridas de México cubren cerca del 40% del territorio nacional. Pese a su aparente hostilidad, estos ecosistemas albergan una gran diversidad de especies vegetales adaptadas a condiciones extremas, muchas de ellas con valor ecológico, productivo y cultural. En el contexto del cambio climático, la pérdida de suelos fértiles y la degradación ambiental, es urgente reconocer y aprovechar estas especies como aliadas para la restauración ecológica y el fortalecimiento de las comunidades rurales. Identificar y destacar especies forestales no maderables nativas de zonas áridas en México con alto potencial ecológico, biocultural y productivo, que puedan integrarse en estrategias de restauración sustentable y conservación de la biodiversidad, además de conocer su aprovechamiento y usos tradicionales dentro del país. Se realizó una revisión bibliográfica de fuentes científicas, técnicas y bases de datos oficiales (CONABIO, INECC, FAO) para seleccionar especies vegetales nativas de zonas áridas mexicanas con atributos de resistencia climática, funciones ecológicas clave y aprovechamientos tradicionales o actuales. El análisis se enfocó en su relevancia para proyectos de restauración, manejo forestal sostenible y uso comunitario. Se identificaron especies clave con alta tolerancia a sequías, suelos pobres y salinidad, que además brindan valiosos servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la protección del suelo, la provisión de hábitat para fauna silvestre y el mantenimiento de la funcionalidad ecológica en ambientes extremos. Su aprovechamiento también está estrechamente ligado a prácticas culturales, alimentarias y artesanales que son fundamentales para muchas comunidades rurales, por lo que su conservación fortalece tanto la biodiversidad como el bienestar social y la identidad cultural de los territorios. Las especies forestales no maderables de zonas áridas mexicanas representan un puente entre la restauración ecológica y el bienestar social. Su integración en programas de manejo forestal y conservación permite recuperar suelos degradados, conservar biodiversidad adaptada al clima extremo, y fortalecer economías rurales a través de usos tradicionales y sostenibles. Reconocer su valor funcional y biocultural es esencial para enfrentar los desafíos ambientales actuales con soluciones locales y resilientes.

Palabras clave: zonas áridas, restauración ecológica, aprovechamiento, especies no maderables



Comparación de la eficiencia del astillado de *Pinus taeda* L. con distintos tipos de astilladoras y tiempos de almacenamiento en campo

Luís Henrique Ferrari¹, Jean Alberto Sampietro², Fabricio Campos Masiero^{2,3}, Franciny Lieny Souza², Martha Andreia Brand², Fernando Rosa de Matos², Marcelo Bonazza⁴

¹ Empresa Klabin S.A. Otacílio Costa, Brasil

² Universidad Estatal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Departamento de Ingeniería Forestal, Lages, Brasil.

³ Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul. Rio do Sul, Brasil

⁴ Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Rurales, Departamento de Agricultura, Biodiversidad y Bosques. Curitiba, Brasil.

Correspondencia: fabricio.masiero@ifc.edu.br

La biomasa forestal energética, compuesta por puntas, ramas y hojas o acículas, es un subproducto importante de los bosques plantados en Brasil, incluyendo pinos y eucaliptos. Entre las tecnologías de cosecha de biomasa forestal energética se incluyen diferentes métodos de astillado, que influyen en el proceso de utilización de la biomasa y la calidad de la materia prima suministrada. El astillado, una parte significativa del costo de producción, debe optimizarse junto con las demás etapas de la cadena, lo que requiere la evaluación de la eficiencia, el consumo energético y la calidad del producto con diferentes tipos de astilladoras. El estudio comparó el efecto del tipo de astilladora con tambores de martillos y cuchillas para el astillado de biomasa residual de *Pinus taeda* L. en diferentes periodos de almacenamiento en campo (0 a 200 días para martillos y 0 a 225 días para cuchillas). Para evaluar el rendimiento operativo y energético de la operación de astillado de biomasa de cultivo restante, se realizó el análisis operacional de las máquinas del sistema mediante un estudio de tiempos y movimientos a nivel de turno, determinando la disponibilidad mecánica (DM) (%), productividad verde (Prodv), productividad seca (Prods) (en $gt.PMH^{-1}$ y $dt.PMH^{-1}$), y balance energético (Be). Se utilizaron máquinas forestales incluida un cargador con orugas, grúa y garra Doosan DX225LC y un cargador frontal con ruedas y articulada Doosan DL300 para las operaciones de hilerado, y una astilladora móvil forestal Vermeer HG6800TX y un cargador con orugas, grúa y garra Doosan DX225LC para el astillado. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, correlación lineal de Pearson y análisis de covarianza por Modelo Lineal General, y se realizaron ajustes del modelo de los indicadores operacionales. Los resultados mostraron mayores valores promedio de DM para la astilladora móvil equipada con tambor de martillos 97,9% y 96,0% para la astilladora de cuchillas, con un efecto significativo en la productividad. Estos valores fueron mayores para la astilladora de martillos ($83,31 gt.PMH^{-1}$ y $81,37 dt.PMH^{-1}$) en comparación con $42,85 gt.PMH^{-1}$ y $37,33 dt.PMH^{-1}$ con cuchillas. El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto significativo en la productividad de todas las máquinas, con una correlación positiva con la astilladora y una correlación negativa con las otras máquinas. El consumo promedio de combustible fue de $59,6 L.h^{-1}$ para la astilladora de martillos y $51,2 L.h^{-1}$ para la astilladora de cuchillas, lo que resultó en una diferencia del 14,1%. En promedio, la astilladora de martillos consumió un 11,3% más de combustible por tonelada verde de astillas producidas y solo un 1,4% más por tonelada seca producida. El Be de biomasa forestal se vio significativamente influenciado por el método de astillado y el tiempo de almacenamiento, con los mejores resultados obtenidos utilizando el método de martillos en $108,4 kcal.t^{-1}$. El balance energético se maximizó a los 50 días para los martillos y a los 0 días para los cuchillos. El método del martillo presentó mejores resultados operativos, y el tiempo de almacenamiento influyó en el balance energético de la biomasa forestal.

Palabras clave: biomasa, astilladora forestal móvil, astilladora de tambor, balance energético



Desempeño de mezclas de suelo-grava para la estabilización mecánica de un Neossolo en la pavimentación de caminos forestales

Jean Alberto Sampietro¹, Oiéler Felipe Vargas², Rodrigo Coelho da Cruz², Marcelo Bonazza³, Natali de Oliveira Piz², Franciny Lieny Souza¹, Fabricio Campos Masiero^{1,4}, Mateus Simas¹

¹ Universidad Estatal de Santa Catarina. Centro de Ciencias Agrícolas y Veterinarias/Departamento de Ingeniería Forestal. Lages, Brasil.

² Empresa Klabin S.A.. Otacílio Costa, Brasil.

³ Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Rurales, Departamento de Agricultura, Biodiversidad y Bosques. Curitiba, Brasil.

⁴ Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul. Rio do Sul, Brasil.

Correspondencia: jean.sampietro@udesc.br

La falta de criterios técnicos y el uso de métodos convencionales de construcción, en muchos casos, limitan o incluso imposibilitan la ejecución de las operaciones forestales. Por lo tanto, bajo estas condiciones, para garantizar una mayor viabilidad técnica, económica y ambiental de la logística de abastecimiento forestal, es necesario estudiar soluciones de estabilización del suelo, por ejemplo, mediante el uso de mezclas de suelo con grava proveniente de yacimientos minerales. El objetivo de este estudio fue analizar el desempeño de diferentes mezclas suelo-grava para la estabilización mecánica en la construcción de capas de pavimento en tramos de caminos sobre un Neossolo en Santa Catarina, Brasil. Para ello, se recolectaron muestras de suelo ("Suelo Patrón, SP") de los tramos de camino a una profundidad de 30 cm y, también se recolectaron materiales pétreos triturados (grava) y suelo de decapado ("Suelo Yacimiento, SJ") provenientes de un yacimiento de basalto próximo a la zona de estudio. Se probaron tratamientos a partir de mezclas de los dos tipos de suelo con grava en proporciones de 0, 30, 50, 70, 85 y 100%. En laboratorio, se realizaron los ensayos de: granulometría, consistencia, compactación y el Índice de Soporte de California (CBR). También se llevaron a cabo pruebas mediante la construcción de tramos experimentales y ensayos de tráfico (en condiciones de alta humedad) para evaluar el Área Movilizada (AM), el Hundimiento en la Huella de Rueda (ATR) y el Índice de Condición del Pavimento (URCI). Los ensayos de laboratorio indicaron que el SP y el SJ se clasificaron como ML y OL, respectivamente, según el sistema USCS, y como A4 y A5 según la clasificación TRB, lo cual refleja una menor calidad mecánica del SJ. Para el SP, la mezcla con 50% de grava presentó los mejores resultados en cuanto a la curva granulométrica, mientras que para el SJ fueron las mezclas con 30% y luego con 85%. En cuanto a los parámetros de compactación, la humedad óptima disminuyó y la densidad máxima aumentó con el incremento de la proporción de grava, alcanzando valores cercanos a 2 Mg/m³. Respecto al ensayo CBR, en el SP, las mayores proporciones de grava también resultaron en mayor resistencia y menor expansión, alcanzando valores del 33% y 0,2%, respectivamente. En el SJ, los mejores valores se observaron con las proporciones de 30% y 50%. En los ensayos de campo con tramos experimentales, no se probaron mezclas con SP. Así, la mezcla de SJ con 85% de grava presentó los mejores parámetros de transitabilidad entre todas las combinaciones, incluso mejor que el 100% de grava, ya que el pavimento mostró la menor deformación (expresada por AM y ATR) y el mayor valor de URCI (96%) después de 200 pasadas de tráfico. Se concluye que la estabilización mecánica mediante mezclas suelo-grava produjo mejoras significativas en la resistencia y transitabilidad del suelo. Por lo tanto, se recomienda su aplicación en la construcción de caminos forestales, ya que además contribuye a la reducción del uso de recursos no renovables en las operaciones forestales.

Palabras clave: construcción, mantenimiento vial, mecánica de suelos, infraestructura forestal



Composición florística de la plantación mixta del campo experimental FCA UNA, San Lorenzo, 2024

María Paz López Mereles¹, Maura Isabel Díaz Lezcano¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Rubén Pérez¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: merelapaz003@gmail.com

La composición florística constituye uno de los atributos fundamentales de las comunidades vegetales, ya que permite su comprensión, caracterización y comparación en distintos contextos ecológicos. Se refiere a la enumeración de las especies presentes en un área determinada, considerando aspectos como su densidad y distribución espacial. Con la finalidad de caracterizar la diversidad florística, se llevó a cabo un estudio en una parcela de 1,5 ha ubicada en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA), en San Lorenzo. La plantación mixta fue establecida en el año 1990, con especies nativas, y actualmente presenta un proceso de regeneración natural que también incluye especies autóctonas, la misma se denominó originalmente “Ensayo de competición de especies nativas para recomposición de un bosque natural”, con una densidad de 2 m x 2 m. El inventario forestal incluyó todos los individuos arbóreos presentes en la parcela, considerando aquellos con un DAP igual o superior a 10 cm, excluyendo plántulas, brinzales y latizales. Se registraron los nombres científicos y comunes, así como la familia botánica correspondiente a cada especie. La nomenclatura de las especies identificadas fue actualizada mediante la base de datos del Instituto de Botánica Darwinion, Flora del Cono Sur y la Base de Datos Trópicos del Missouri Garden, y la información se organizó en planillas de campo para facilitar el análisis. El relevamiento permitió identificar un total de 579 individuos por hectárea, distribuidos en 35 especies, 31 géneros y 16 familias botánicas. La familia Fabaceae fue la más representativa, con 14 especies, destacándose *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina*. Boraginaceae presentó tres especies, entre ellas *Cordia trichotoma*, mientras que Bignoniaceae estuvo representada por *Handroanthus impetiginosus*. También se registraron especies de Malvaceae, Meliaceae y Sapotaceae, con dos especies cada una. Otras familias presentes incluyen Anacardiaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Cannabaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Rutaceae, Sapindaceae y Urticaceae, con una especie cada una. La caracterización florística realizada evidencia una notable representación de especies nativas en la parcela evaluada, con predominancia de la familia Fabaceae, lo que sugiere una alta adaptabilidad de esta familia al sitio, a su vez este análisis es fundamental para comprender la diversidad del ecosistema estudiado.

Palabras clave: censo forestal, plantación mixta, familias botánicas



Ajuste de modelos volumétricos para materiales genéticos de *Eucalyptus* spp, establecidos en un sistema silvopastoril

Arnaldo Benjamín Sugasti Pedrozo¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Jorge Daniel Caballero¹, Hugo Armando Barúa Acosta¹, Mariana Vázquez Ramírez¹, José Adrián Pérez Díaz¹, Ulices Vidal Candia Ovelar¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: sugasti71@gmail.com

A fin de contribuir a la planificación y el manejo forestal, es necesario disponer de herramientas que permitan calcular de manera eficiente y precisa el volumen comercial como también los flujos de materia prima, a partir de variables de fácil medición en campo. Se han desarrollado diversos modelos matemáticos que permiten estimar el volumen de los rodales, pero no todos se adaptan a las distintas especies y condiciones presentes, por ello es recomendable ajustar varios modelos y probarlos mediante estadísticas adecuadas e identificar el más adecuado para cada caso. El objetivo de este trabajo fue ajustar modelos volumétricos para materiales genéticos de *Eucalyptus* spp., establecidos en un sistema silvopastoril (SSP). El trabajo fue realizado en el departamento de Guairá donde la población estuvo constituida por dos rodales de *Eucalyptus* spp., de 44 meses de edad en un SSP. Los tratamientos evaluados fueron el resultado de la combinación de los distintos materiales genéticos (FF08 y FF012), diseños de plantación (hileras simples e hileras dobles) y tipos de gramíneas forrajeras (pradera natural y pastura implantada). Se realizó un inventario forestal en donde se establecieron las unidades de muestreo de 320 m² en las hileras simples y 720 m² en las hileras dobles, con 4 repeticiones por cada tratamiento en las cuales se midieron las variables del componente arbóreo: altura total y DAP. Luego fue realizada una cubicación rigurosa utilizando la clasificación diamétrica con los datos del inventario forestal, en donde se seleccionaron los árboles a cubicar proporcionalmente por la frecuencia de cada clase con 11 individuos por tratamiento. Posteriormente se ajustaron ecuaciones volumétricas de Schumacher-Hall, Spurr y Husch-Berkhout, por cada tratamiento. Para la selección del modelo con la mejor estadística de ajuste y precisión fue utilizado el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), error estándar en porcentaje ($Sy_x\%$) y el análisis gráfico de los residuos ($Res\%$). En total fueron ajustados 24 modelos volumétricos, presentando un coeficiente de determinación ajustado superior al de $R^2_{aj}= 0,95$, el error estándar inferior al $Sy_x\%=9\%$ en todos los modelos y con gráficos de dispersión con una buena distribución aleatoria de residuos con valores cercanos a cero. Este alto grado de ajuste en los 8 tratamientos podría atribuirse a la corta edad de la plantación, lo que resulta en una mayor homogeneidad en comparación con una plantación madura. Del mismo modo, la reducción de la variabilidad dentro de cada grupo debido a la estratificación por diseño, material genético y tipo de pastura también contribuye a la mayor precisión del ajuste. Los modelos con el mayor grado de ajuste para los tratamientos estudiados fueron los de Schumacher-Hall y de Spurr.

Palabras clave: modelos volumétricos, cubicación rigurosa, inventario forestal



Comparación del incremento de materiales genéticos de *Eucalyptus* en diferentes diseños de plantación y tipos de gramíneas en un sistema silvopastoril

Arnaldo Benjamín Sugasti Pedrozo¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Daniel Caballero¹, Hugo Armando Barúa Acosta¹, Camila Beatriz Olmedo Salinas¹, Blanca Viviana Silva Pinto¹, Seferino Adrián Jara Benitez¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: sugasti71@gmail.com

Un sistema silvopastoril es aquel que involucra a los componentes tradicionales de la producción pecuaria con especies forestales en un sistema productivo integral, ya sea de manera simultánea o secuencial. Estos sistemas se establecen de acuerdo a distintos objetivos de manejo, lo que plantea el desafío de manejar la competencia entre los distintos componentes y, al mismo tiempo, potenciar las ventajas que nacen de tal combinación. Dependiendo del propósito productivo se establecen los diferentes diseños de plantación, especies arbóreas, forrajeras, razas y aspectos de manejo involucrado. Por lo tanto, desde una perspectiva económica, resulta fundamental conocer el desempeño de los materiales genéticos, bajo las distintas combinaciones de diseños de plantación y tipos de gramíneas, para optimizar la productividad. El objetivo de este trabajo fue comparar el incremento de materiales genéticos de *Eucalyptus* en diferentes diseños de plantación y tipos de gramíneas en un sistema silvopastoril. Este trabajo fue realizado en el departamento de Guairá donde la población estuvo constituida por dos rodales de *Eucalyptus* spp. de 44 meses de edad. Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de dos materiales genéticos (FF08 y FF012), distintos diseños de plantación (hileras simples e hileras dobles) y tipos de pastura (pradera natural y pastura implantada). Se realizó un inventario forestal en donde se establecieron las unidades de muestreo de 320 m² en las hileras simples y 720 m² en las hileras dobles, con 4 repeticiones por tratamiento, obteniendo así un total de 32 unidades de muestreo, en las cuales se midieron las variables del componente arbóreo: altura total y DAP. Luego fue realizada una cubicación rigurosa utilizando la clasificación diamétrica con los datos del inventario forestal, en donde se seleccionaron los árboles a cubicar proporcionalmente por la frecuencia de cada clase con 11 individuos por tratamiento. Posteriormente se ajustaron ecuaciones volumétricas de Schumacher-Hall, Spurr y Husch-Berkhout, por cada tratamiento. Para la selección del modelo con la mejor estadística de ajuste y precisión se consideraron el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), error estándar ($Sy_x\%$) y el análisis gráfico de los residuos ($Res\%$). Los modelos seleccionados posteriormente fueron utilizados en cada tratamiento con la base de datos del inventario forestal, en donde primero fue calculado el volumen individual, luego el volumen por hectárea y el IMA. Al comparar el incremento de los materiales genéticos y diseños se observa que el material genético FF08 es superior al material FF012 en todos los tratamientos. Se evidencia que el mayor incremento medio anual se presenta con el material genético FF08 en el diseño de hileras simples con pradera natural con 16,79 m³/ha/año. Los resultados de esta investigación sugieren que la presencia de la pastura implantada (*Brachiaria brizantha*) impactó negativamente en el crecimiento de los materiales genéticos de *Eucalyptus* spp., evidenciando incrementos inferiores a los tratamientos con pradera natural. Esta diferencia se atribuye a la competencia por recursos como el agua, los nutrientes y la luz solar que conlleva la presencia de la pastura implantada.

Palabras clave: silvopastoril, modelos volumétricos, IMA



Análisis de la rentabilidad de sistemas ganaderos tradicionales, sistemas silvopastoriles y forestación pura con *Eucalyptus* spp.

Jorge Daniel Caballero¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Julio Salas Mayeregger¹, Luis Alonzo¹, Javier Ovidio Paiva², Diego Fatecha¹, Javier Ortigoza², Rosa Alexa Aquino Raichakowski¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: daniel.caballero@agr.una.py

La ganadería tradicional en Paraguay se enfrenta a varios desafíos en términos de productividad, rentabilidad y sostenibilidad ambiental, principalmente debido al uso predominante de monocultivos forrajeros de bajo rendimiento y valor nutritivo. Por otro lado, los sistemas silvopastoriles (SSP) son formas de producción agropecuaria que integran árboles, pasturas y animales en una misma unidad, buscando un uso más sostenible del suelo. Entre sus principales ventajas se destacan la mejora del bienestar animal gracias a la sombra y protección que brindan los árboles, el aumento de la biodiversidad, la recuperación de suelos degradados, la captura de carbono y la diversificación de ingresos para el productor. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la inversión y rentabilidad de cinco casos de sistemas productivos con distintos niveles de integración entre ganadería y plantación forestal con fines maderables. El estudio se realizó en un establecimiento ubicado en el distrito de Iturbe, departamento de Guairá, en una parcela de 13,5 ha, donde se evaluaron los siguientes casos: A) 2 ha de pastura implantada en monocultivo (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), B) 3 ha de sistema silvopastoril (*Urochloa brizantha* cv. Marandu + *Eucalyptus*), C) 1,5 ha de pastizal nativo, D) 3 ha de sistema silvopastoril (pastizal nativo + *Eucalyptus*) y E) 4 ha de plantación forestal pura de *Eucalyptus*. En todos los casos se tomó 1 ha de superficie como referencia para la comparación de los sistemas. Las variables evaluadas fueron el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), considerando los costos de producción y mantenimiento del sector ganadero y forestal, así como los ingresos en un ciclo de producción de 10 años para todos los casos analizados. La tasa mínima de atractividad del proyecto es de 9,13%. Los resultados indican que todos los sistemas presentaron valores positivos de VAN y TIR, siendo el sistema silvopastoril de *Urochloa brizantha* cv. Marandu + *Eucalyptus* (sistema B) el de mayor rentabilidad (VAN $\$8.827.960$ y TIR 16%), mientras que el pastizal nativo (sistema C) obtuvo los menores valores (VAN $\$51.712$ y TIR 8%). Valores intermedios fueron obtenidos en los sistemas A (VAN $\$2.477.247$ y TIR 13%), D (VAN $\$3.560.289$ y TIR 11%) y E (VAN $\$5.823.477$ y TIR 12%). La forestación pura (sistema E) mostró altos ingresos a largo plazo, mientras que los sistemas silvopastoriles (B y D) se destacaron por ofrecer retornos económicos estables y sostenibles, combinando ingresos ganaderos y forestales, además de beneficios ambientales no cuantificables económicamente en el presente análisis. El sistema C, si bien presentó menor rentabilidad, tuvo también menores costos de producción y mantenimiento, y el sistema A resultó rentable, aunque menos diversificado que los SSP. En conclusión, los sistemas silvopastoriles demostraron ser la opción más equilibrada entre sostenibilidad ambiental y rentabilidad económica, validando la hipótesis de que la integración forestal y ganadera mejora la productividad integral a largo plazo. Por lo tanto, su implementación representa una alternativa viable para optimizar el uso del suelo, diversificar ingresos y fomentar el desarrollo rural sustentable en Paraguay.

Palabras clave: eucalipto, silvopastoril, sistemas integrados, tasa interna de retorno, valor actual neto



Efluente tratado y anatomía vegetal: explorando la viabilidad en especies nativas

Alicia Calabroni¹, María Victoria Vega Pérez¹, Víctor Dávalos¹, Carlos Nardin¹

¹ Universidad Nacional de Formosa. Formosa, Argentina.

Correspondencia: aliciainescalabroni@gmail.com

Las especies de la familia Myrtaceae, desempeñan un papel ecológico en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, el creciente impacto de la actividad humana, a través del vertido de efluentes domiciliarios, plantea interrogantes sobre su capacidad de resistencia. Estos efluentes pueden alterar las condiciones del suelo y del agua, afectando la fisiología vegetal. Resulta crucial analizar si sus tejidos y células presentan signos de estrés, o alteraciones metabólicas frente a la exposición prolongada a estos contaminantes. El objetivo fue analizar diferencias en la anatomía foliar de plantas regadas con agua potable y con efluente. Se seleccionaron plántulas de *Psidium guajava* y *Eugenia uniflora*, de 8 (ocho) meses, sometidas a dos condiciones de riego contrastantes: agua potable (AP) y efluente (E). De cada ejemplar se extrajeron seis hojas, seccionadas manualmente en el tercio foliar inferior mediante bisturí a mano alzada, técnica que permitió preservar la arquitectura celular original. Posteriormente, los fragmentos fueron hidratados en una solución compuesta por agua destilada, hipoclorito de sodio (30%) y una gota de detergente, favoreciendo una limpieza eficaz sin comprometer la integridad histológica. Las observaciones se realizaron con un microscopio binocular XSZ 100 BNT, bajo aumento de 40x. A partir de las imágenes obtenidas, se confeccionaron esquemas interpretativos que evidenciaron diferencias morfo-anatómicas entre ambos tratamientos y especies, con especial énfasis en variaciones de tejidos epidérmicos y parenquimáticos del mesófilo. El efluente fue previamente caracterizado por el Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento de Formosa y clasificado como apto para riego agrícola según criterios FAO (CE = 0,35 mmhos/cm; SDT < 450 mg/L). Sin embargo, se identificaron restricciones leves a moderadas por la presencia de nitratos (<10 mg/L) y una alta concentración de bicarbonatos (67 mg/L). En *Eugenia uniflora*, el análisis histológico reveló que el riego con agua potable promovió una epidermis superior con cutícula visible y hasta dos estratos de células incoloras, mientras que el riego con efluente generó una cutícula más homogénea y delgada, con un solo estrato. La epidermis inferior mostró estomas abundantemente distribuidos en AP, acompañados por escasos tricomas unicelulares alargados, en contraste con la disposición irregular y contornos celulares menos definidos en riego con E. El mesófilo presentó, en régimen de AP, un parénquima en empalizada conformado por células alargadas, de intenso color verde, organizadas en 2–3 capas, junto a un parénquima esponjoso bien desarrollado con hasta seis estratos y cámaras de aire bien delimitadas. En E, se observó una estructura foliar más compacta, sin distinción clara entre zonas lagunosas y esponjosas, pero manteniendo cristales poliédricos distribuidos a lo largo del corte. En *Psidium guajava*, si bien las variaciones fueron menos acentuadas en epidermis, el mesófilo presentó diferencias relevantes en la densidad y distribución de cristales, el grosor de la empalizada, y el nivel de definición de espacios intercelulares. En ambas especies, la presencia constante de pelos unicelulares simples y alargados en ambas epidermis sugiere una posible adaptación anatómica frente al riego con efluentes, destacando el valor del análisis comparativo para comprender respuestas funcionales ante condiciones de estrés hídrico.

Palabras clave: estructuras, tejidos, riego



Diversidad arbórea de los bosques ribereños de la Ciudad de Pilar, Departamento de Ñeembucú

Karen Stanley¹, Fátima Piris da Motta¹, Christian Vogt¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: jeanetestanley01@gmail.com

Los bosques ribereños son formaciones extrazonales que están establecidas en condiciones fluctuantes del régimen hídrico y están adaptadas a periodos prolongados de inundación estacional. Se desarrollan en una zona considerada de intercambio entre un ecosistema acuático y uno terrestre. Los mismos cumplen un papel importante en la mitigación de inundaciones y son un ecosistema clave para conservación de la diversidad ya que constituyen importantes corredores biológicos. La mayoría de los bosques ribereños analizados en los alrededores de la ciudad de Pilar presentan graves alteraciones por grandes obras de infraestructura, el avance de las urbanizaciones, la extracción selectiva de especies, la ganadería y la pesca, esto sumado al vacío de información comprenden amenazas para este ambiente. El objetivo del trabajo fue caracterizar la diversidad de especies arbóreas de los bosques ribereños en los alrededores de la ciudad de Pilar. Se instalaron 15 parcelas fitosociológicas de 100 m² en bosques ribereños en zonas aledañas a la ciudad, teniendo en cuenta la composición florística y el estado de conservación del bosque. Se anotaron las especies arbóreas presentes y se midieron la altura y el DAP ≥ 5 cm. Se estimaron índices de riqueza con el programa EstimateS 5. Se identificaron 33 especies arbóreas pertenecientes a 16 familias botánicas. Entre las especies más abundantes se encontraban *Sapium haematospermum*, *Ocotea diospyrifolia* y *Pseudalbizzia inundata*. Los estimadores que determinaron la riqueza muestreada fueron: Chao 1 con 74%, Chao 2 con 57%, Jack 1 con 65%, Jack 2 con 52%. En el estrato inferior (3 a 8 m de altura) fueron medidos 128 individuos, en el estrato medio (8 a 13 m) se encontraron 49 individuos y 19 en el estrato superior (mayor a 14 m). La altura máxima fue de 16 m representadas por *P. inundata*, *O. diospyrifolia*, *R. laxiflora*, y *S. haematospermum*. En la estructura horizontal, la clase diamétrica predominante osciló entre 5 a 11 cm con 71 individuos. Las especies con mayor diámetro fueron *Ruprechtia laxiflora* con 117 cm, *Inga vera*, *S. haematospermum* y *O. diospyrifolia* con diámetros superiores a 45 cm, destacándose también a *P. inundata* con DAP mayor a 40 cm. Este trabajo aporta importantes datos para desarrollar estrategias de manejo sostenible y fomentar proyectos de restauración de estos bosques.

Palabras clave: bosque ribereño, Ñeembucú, diversidad arbórea, riqueza, estructura



Monitoreo forestal con sensores aéreos para estimación de volumen en Eucaliptos

Sergio Chamorro¹, Oscar Guillermo Montania Cantero¹, Juan José Bonnin¹, Janet Villalba², Gustavo Sanabria¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación de Ingeniería Agrícola. San Lorenzo, Asunción.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Asunción.

Correspondencia: sergio.chamorro@agr.una.py

El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido el uso de sensores remotos y vehículos aéreos no tripulados (VANT) como herramientas innovadoras para el monitoreo de recursos naturales, especialmente en áreas forestales. Tradicionalmente, el monitoreo forestal se realizaba mediante inventarios en campo, pero la fotogrametría aérea con drones ofrece alternativas más rápidas y de alta resolución. Este estudio cobra relevancia ante la necesidad de obtener información precisa para la gestión sostenible de los bosques y la cuantificación del volumen forestal, factor clave en la industria maderera y la planificación ambiental. El trabajo tuvo como objetivo principal monitorear áreas forestales mediante imágenes multiespectrales obtenidas con sensores aerotransportados para estimar el volumen de árboles y correlacionarlo con los datos obtenidos por métodos tradicionales. La investigación se desarrolló en la Ganadera Guazucua, ubicada en Valenzuela, Paraguay, sobre un área de 11,38 ha de eucaliptos clonados. Se realizaron mediciones de campo en seis puntos representativos de 400 m² cada uno, utilizando cinta métrica para medir la circunferencia y posteriormente calcular el diámetro a la altura del pecho (DAP), un clinómetro para medir la altura y la estimación de volumen con la fórmula de cubicación. Paralelamente, se realizaron vuelos con dos tipos de drones: el Phantom 4 Pro para fotogrametría básica (RGB) y el eBee Plus equipado con sensor multiespectral (Parrot Sequoia); como también la marcación de 15 puntos de control con un receptor GNSS RTK de precisión, esto para reducir el error a 2 cm longitudinal y 4 cm vertical. Las imágenes obtenidas fueron procesadas, a través de fotogrametría, con el software Pix4DMapper para generar modelos digitales y mapas de reflectancia de las bandas espectrales (RED, GREN, NIR y RED edge), además de índices vegetales como NIR, NDVI, GNDVI y OSAVI. Los datos espectrales fueron integrados en QGIS para extraer los datos con la herramienta estadística focal, para posteriormente ser realizadas el análisis estadístico y cálculo de correlación de Pearson con los valores tradicionales de DAP y volumen. El análisis de correlación de Pearson mostró que la banda NIR (Infrarrojo Cercano) presentó la relación más alta con el volumen forestal, con un valor superior a 0,8, indicando una correlación positiva muy fuerte. Otros índices como OSAVI y GNDVI mostraron correlaciones moderadas a bajas (0,65 y 0,6 respectivamente). Sin embargo, el índice NDVI tuvo la correlación negativa más baja (-0,14) siendo considerada baja. Para la correlación con el DAP todas las bandas e índices utilizados resultaron ser moderadas a baja, destacando el NDRE con una correlación positiva de 0,44 y la banda RED con una correlación negativa (-0,38). El uso de drones multiespectrales es una herramienta viable para el monitoreo forestal, particularmente en la estimación de volumen arbóreo, siendo la banda NIR la más confiable en este estudio. La estimación del volumen mediante drones mostró una variación del 3,76% respecto al método tradicional, equivalente a una diferencia de 4,25 m³ por hectárea. Las diferencias pueden atribuirse a limitaciones en la resolución de las imágenes y a restos forestales en el área, que alteran las estimaciones automatizadas.

Palabras clave: DAP, volumen, VANT, fotogrametría, bandas espectrales, índices vegetales



Variación multitemporal de la cobertura boscosa en el distrito General Elizardo Aquino (2020–2024)

Sergio Chamorro¹, Gustavo Adolfo Greco Antonich¹, Juan José Bonnin¹,
Gustavo Sanabria¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación de Ingeniería Agrícola. San Lorenzo, Asunción.

Correspondencia: sergio.chamorro@agr.una.py

El monitoreo de la cobertura forestal a lo largo del tiempo es fundamental para evaluar la salud de los ecosistemas y orientar políticas de conservación como de planificación territorial. Con la utilización de imágenes satelitales multitemporales se puede cuantificar con precisión los cambios en la cobertura forestal a lo largo del tiempo y proporcionar información clave para la gestión sostenible del territorio. El objetivo del trabajo fue analizar la evolución de la superficie forestal en el distrito de General Elizardo Aquino, San Pedro, durante el periodo 2020–2024, cuantificando variaciones absolutas y relativas para identificar tendencias de ganancia o pérdida de cobertura arbórea. Se emplearon escenas del satélite Sentinel2 (Copernicus) con nubosidad <10%, abarcando febrero de 2020 a febrero de 2024. Las bandas utilizadas correspondieron a color natural (4;3;2) y análisis de vegetación (11;8;4). Cuatro escenas fueron necesarias para cubrir los límites de la zona de estudio. La clasificación de uso del suelo se realizó en QGIS 3.22.4 mediante un algoritmo no supervisado, distinguiendo cuatro categorías: bosque, pastura, suelo degradado y suelo desnudo (considerando la clase “bosque” a los bosques naturales e implantados sin discriminación para este trabajo). A partir de los mapas temáticos anuales se calcularon superficies en hectáreas y porcentajes de cobertura forestal para cada año. El análisis multitemporal de la cobertura forestal en el distrito de General Elizardo Aquino entre 2020 y 2024 reveló fluctuaciones significativas en la extensión forestal, iniciando con una cobertura forestal de 26.615,52 ha. Entre 2020 y 2021 se observó una reducción de 1.548,02 ha (–1,90% del total), atribuible principalmente a procesos de desmonte para expansión de actividades agrícolas y deforestación selectiva. Esta tendencia de pérdida continuó hasta 2022, año en que la superficie forestal alcanzó su punto más bajo con 22.213,87 ha, representando sólo el 27,21% del área de estudio, lo que supone una disminución acumulada de 4.401,65 ha (–5,39% respecto a 2020). A partir de 2023, los datos muestran un cambio en la tendencia donde la cobertura forestal se incrementó en 2.126,75 ha (+2,60 %), alcanzando 24.340,62 ha (29,81%). Este repunte resulta concordante con la implementación de proyectos de reforestación local y la consolidación de plantaciones de eucalipto. En 2024, la superficie forestal continuó su recuperación, sumando 3.564,96 ha adicionales (+4,37%), para un total de 27.905,58 ha (34,18%). En el balance general del quinquenio, la cobertura forestal presentó un aumento neto de 1.290,06 ha, equivalente a un incremento del 1,58 % del territorio estudiado. Los intervalos anuales de variación porcentual muestran que las acciones de restauración y manejo forestal logran contrarrestar parcialmente las pérdidas iniciales, aunque la magnitud del repunte en 2023–2024 no recupera completamente el nivel de 2020 en términos absolutos. El notable incremento en 2023–2024 podría atribuirse a la expansión de proyectos forestales (principalmente eucaliptos). Estos resultados sugieren que las políticas de reforestación y manejo forestal han tenido un impacto positivo en los últimos dos años.

Palabras clave: monitoreo de la cobertura boscosa, Sentinel-2, imágenes multitemporales, clasificación no supervisada



Evaluación de modelos volumétricos y digitales con sensores aerotransportados (VANT) en un área de producción forestal

Robert Mathias Ramírez Páez¹, Larissa Rejalaga Noguera¹, Sergio Chamorro², Juan José Bonnin², Hugo Armando Barúa Acosta¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación de Ingeniería Agrícola. San Lorenzo, Asunción.

Correspondencia: robertmathiaspaez@gmail.com

En Paraguay, las plantaciones de *Eucalyptus* spp. han cobrado relevancia debido a su rápido crecimiento y alto valor económico. Sin embargo, una de las principales limitaciones en la producción forestal es la dificultad para medir con precisión de forma rápida el volumen y la altura de los árboles del área total de la plantación. Frente a esta problemática, los sensores remotos aerotransportados por un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) representan una alternativa tecnológica. El estudio tuvo como objetivo evaluar la precisión de modelos volumétricos digitales generados a partir de sensores aerotransportados (LIDAR, RGB y Multiespectral) montados en un VANT, y su correlación con mediciones directas de campo, en una plantación *Eucalyptus* spp. La investigación se realizó en Santa Teresita, Caazapá (Paraguay), en cuatro parcelas de 1000 m² con clones de *Eucalyptus* spp. de 30 meses de edad. Se tomaron datos de altura y volumen con instrumentos convencionales como también el uso de las fórmulas propuestas por Hernández-Ramos et al. (2017); en secuencia se realizaron vuelos para la captura de imágenes y puntos con sensores remotos RGB (marca SenseFly modelo S.O.D.A.), multiespectrales (marca Parrot Modelo Sequoia) aerotransportados por un VANT (marca SenseFly modelo eBee Plus) y un sensor LIDAR aéreo (marca DJI modelo Zenmuse-L1) equipado a un DJI MATRIX 300. Las imágenes fueron procesadas en software especializado para fotogrametría (Pix4D Mapper) para generar los distintos índices de vegetación (NDVI, reNDVI, SAVI, GCI, SR, entre otros) como también la reflectancia de cada banda (GREEN, RED, RED Edge y NIR). Posteriormente, se realizó una correlación estadística (Correlación de Pearson y R²) para saber cuál de los índices vegetales, bandas espectrales o nube de puntos LIDAR obtendrá una mejor correlación con los valores reales medidos en campo. También se generaron modelos matemáticos con los datos utilizados en el análisis estadístico dando como resultados ecuaciones matemáticas para el cálculo de altura y volumen con dichos datos digitales. El sensor LIDAR mostró una alta precisión para estimar la altura total de los árboles, (valor real de 12,35m y valor calculado del LIDAR 12,075m en promedio) con una correlación de Pearson de $r = 0,992$ y R^2 ajustado de 0,984. Las bandas espectrales azul y verde también presentaron buenos resultados con el cálculo de altura ($R^2 = 0,94$ y $0,90$ respectivamente). En contraste, la banda NIR y el índice SAVI fueron los menos precisos. En cuanto al volumen, los medidos en promedio en campo fue de 3,855 m³/1000m², con el índice reSR (Simple Ratio de Borde Rojo) se calculó un volumen en promedio de 4,185 m³/1000m², siendo la mejor correlación con los valores de volumen medidos ($R^2 = 0,92$), seguido de reNDVI, GCI y la banda azul (todos con $R^2 = 0,90$). El uso de sensores LIDAR en drones representa una alternativa altamente precisa y eficiente para estimar altura de árboles en plantaciones forestales. Las bandas espectrales azul y verde, junto con los índices reNDVI y reSR, ofrecen correlaciones significativas con los datos de campo y pueden ser empleados para el cálculo volumétrico.

Palabras clave: volumen, *Eucalyptus* spp., sensores RGB, VANT, LIDAR, índices de vegetación



Evaluación del riesgo de compactación del suelo por tránsito de un cargador forestal en función del contenido hídrico

Juan José Bonnin¹, Gloria Cabrera², Oscar Manuel Vera Cabral³, Jorge Daniel González Villalba², Sergio Chamorro¹, Angela Mancuello¹, Gustavo Sanabria¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación de Ingeniería Agrícola. San Lorenzo, Asunción.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Asunción.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: jose.bonnin@agr.una.py

El aumento significativo en el uso de máquinas de gran porte y potencia en la producción forestal ha provocado un proceso acelerado de degradación física, química y biológica del suelo, debido principalmente al aumento del tráfico de maquinaria, lo que afecta progresivamente su potencial productivo y sobre todo su sostenibilidad en el tiempo. En este contexto, se evaluó el riesgo de compactación del suelo inducido por el tránsito de un cargador forestal, mediante la simulación del contenido de agua en el suelo, con el fin de generar información técnica que permita optimizar la planificación de las operaciones y reducir los impactos negativos sobre el suelo, favoreciendo la sostenibilidad del sistema productivo. El análisis se realizó con el programa Terranimo®Expert, que es un software de acceso libre, el cual evalúa el riesgo de compactación del suelo en base a las características de la maquinaria: carga que soporta los neumáticos, peso, velocidad de trabajo, la textura y el contenido de agua en el suelo, como datos de entrada, el cual permite calcular en forma gráfica la presión de contacto en la interfaz neumático/suelo y resistencia vertical transmitidas a través del perfil en función a la capacidad de soporte de carga del suelo. La maquinaria objeto de estudio fue el John Deere 2144G, de 159 cv, con un 27.075 kg de peso. El tractor forestal estudiado emplea rodados tipo oruga y una garra cargadora. Como la compactación y la transmisión de tensiones vertical dependen del contenido de agua en el suelo, fueron analizados tres niveles predefinidos por el programa: Condición Húmeda (Friable) que corresponde a la capacidad de campo (CC). Condición Seca, donde el suelo tiene mayor capacidad de soporte de carga y el agua disponible (AD) en el suelo puede estar entre 13 a 19%. Condición Mojada (Plástica) no se aconseja el tránsito de maquinaria, donde el contenido de agua en el suelo es mayor. En cuanto a la textura del suelo fueron utilizados datos de campo, de una zona de producción forestal del distrito de Maciel (Caazapá). Con base en los resultados obtenidos en las simulaciones, el mejor momento para tránsito de la cargadora sería la condición de suelo friable (CC: 26 a 36%), ya que permitieron una redistribución más adecuada de las cargas sobre el suelo, disminuyendo la presión de contacto de las orugas de 89 a 59 kPa. Sería una condición ideal para el tránsito de máquinas con un bajo impacto en la cualidad física del suelo. No obstante, también se podría utilizar la cargadora en la condición seca (AD: 13 a 19%), donde el suelo puede soportar una mayor presión vertical de 89 a 228 kPa, sin colapsar o deformarse significativamente, siempre y cuando no sea para operaciones de laboreo. Este tipo de compromiso entre eficiencia mecánica y conservación del suelo debe ser cuidadosamente considerado el momento de planificar las labores forestales, especialmente, en suelos susceptibles a la compactación.

Palabras clave: compactación del suelo forestal, tránsito de máquinas forestales, contenido de agua en el suelo



Influencia del contenido de agua en la compactación del suelo causada por una cosechadora forestales

Juan José Bonnin¹, Oscar Manuel Vera Cabral², Gloria Cabrera³, Jorge Daniel González Villalba³, Sergio Chamorro¹, Angela Mancuello³, Héctor Corvalán³

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Orientación de Ingeniería Agrícola. San Lorenzo, Asunción.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Asunción.

Correspondencia: jose.bonnin@agr.una.py

Uno de los principales factores que afecta la sostenibilidad del suelo es la compactación, considerada como uno de los mayores problemas ambientales derivados de la mecanización forestal. En este contexto, se evaluó el riesgo de compactación del suelo inducido por el tránsito de un Harvester, mediante la simulación del contenido de agua en el suelo. Así, el objetivo fue generar información técnica que permita optimizar la planificación de las operaciones de cosecha, minimizando los impactos negativos sobre las propiedades físicas del suelo y favoreciendo la sostenibilidad del sistema productivo. La máquina analizada fue un Komatsu PC200F-8, de 155 cv y 22.900 kg de peso operativo, equipada con orugas metálicas con una presión de contactor sobre el suelo de 51,97 kPa, equipada con un cabezal Harvester para cosecha de la marca Komatsu S162E. El análisis se realizó mediante el software libre Terranimo®Expert, que evaluó el riesgo de compactación en función de parámetros como el peso, la velocidad de operación, la carga sobre las orugas, así como la textura y el contenido de agua del suelo. Este programa permite calcular gráficamente la presión de contacto en la interfaz oruga/suelo y la transmisión de tensiones verticales a lo largo del perfil, comparándolas con la capacidad de soporte del suelo. Dado que la compactación depende en gran medida del contenido de agua, se simularon tres condiciones predefinidas por el programa: Condición Húmeda (Friable): corresponde a la capacidad de campo (CC); Condición Seca: el suelo tiene mayor resistencia mecánica y el agua disponible (AD) es baja; Condición Mojada (Plástica): el contenido de agua es alto y no se recomienda el tránsito de maquinaria. La textura del suelo se determinó a partir de datos de campo en una zona de producción forestal del distrito de Maciel (Caazapá). Los resultados de la simulación indicaron que el mejor momento para el tránsito de la cosechadora es bajo condición seca, con un AD entre 13 y 19%, donde el suelo puede soportar presiones de contacto vertical de entre 78 y 228 kPa, lo suficiente para soportar la presión de contacto de la harvester (51,97 kPa), permitiendo así una mejor redistribución de las cargas, con bajo impacto en la estructura del suelo, evitando deformaciones permanentes. Este equilibrio entre eficiencia operativa y conservación del recurso suelo debe ser considerado prioritariamente al planificar la cosecha forestal, especialmente, en suelos con alta susceptibilidad a la compactación.

Palabras clave: cosecha mecanizada forestal, compactación del suelo forestal, contenido de agua en el suelo



Evaluación del desempeño y costo de un feller direccional anclado en la cosecha forestal en terreno inclinado

Marcelo Bonazza¹, Matheus Henrique Pinto², Jean Alberto Sampietro², Thiago Floriani Stepka², Franciny Lieny Souza²

¹ Universidad Federal de Santa Catarina. Centro de Ciencias Rurales, Departamento de Agricultura, Biodiversidad y Bosques. Curitiba, Brasil.

² Universidad Estatal de Santa Catarina. Centro de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Departamento de Ingeniería Forestal. Lages, Brasil.
Correspondencia: marcelo.bonazza@ufsc.br

Las plantaciones forestales se ubican frecuentemente en áreas con topografías accidentadas en el Sur de Brasil, lo que genera desafíos técnicos, operativos y ambientales en las operaciones de cosecha. Por ello, evaluar alternativas operativas para terrenos inclinados es fundamental para garantizar el abastecimiento industrial de madera con eficiencia, menor riesgo y sostenibilidad. Este estudio analizó la productividad y los costos del apeo y arrastre de árboles con una máquina base sobre orugas, de 210 kW de potencia, equipada con cabezal feller direccional, la cual operaba anclada a un cabrestante con capacidad de tracción de 20 t, acoplado a una excavadora hidráulica sobre orugas, de 202 kW de potencia. La maquinaria apeaba cada árbol y luego formaba los flejes, colocando cada uno, adicionalmente sobre otros. Posteriormente, en una operación paralela, la misma maquinaria procedía a la extracción de los flejes hasta el borde de la carretera. La productividad (PPMH) y el costo de producción (CP) fueron analizados en dos escenarios: E1 – apeo, organización de flejes y arrastre de los árboles; y E2 – solo apeo y organización de los flejes, requiriéndose una maquinaria adicional para el arrastre. El rodal de *Pinus taeda* L. cosechado estaba ubicado en Bom Retiro, Santa Catarina, Brasil, tenía 23 años y un volumen promedio de 0,75 m³/árbol. La pendiente del terreno variaba entre 25° y 45°, y la distancia media de arrastre era de 35 m. El tiempo de trabajo fue registrado con el software WorkStudy+7, subdividiendo el ciclo operativo en elementos parciales. Se contabilizó el número de árboles extraídos por ciclo, y la distancia de arrastre (DA) fue determinada con un GPS. La PPMH se expresó en t/PMH (toneladas por hora productiva libre de interrupciones), considerando una densidad natural de la madera de 0,97 t/m³. El costo operativo horario (COH) se calculó incluyendo impuestos, seguros, mantenimiento, combustible y lubricantes, sin considerar depreciación ni mano de obra. Los costos corresponden a junio de 2022. En ambos escenarios, se consideró el mismo COH. En el E1, el efecto de la DA sobre la PPMH y el CP fue analizado mediante regresión lineal simple ($p < 0,05$). El COH fue de US\$ 48,92/PMH para el feller direccional y de US\$ 13,86/PMH para la maquinaria de anclaje, totalizando US\$ 62,78/PMH. El estudio comprendió 48 ciclos de trabajo. En el escenario E1, la PPMH media fue de 69,2 t/PMH, resultando en un CP de US\$ 0,91/t; mientras que, si se asumiera el escenario E2, la operación presentaría una PPMH superior (92,5 t/PMH) y un CP inferior (US\$ 0,68/t), por no incluir la etapa de arrastre. El efecto de la DA sobre la PPMH y el CP fue significativo en el E1, indicando que el aumento de la DA reduce la PPMH y eleva el CP. Se concluye que la operación con anclaje de maquinarias tiene potencial como alternativa eficaz y segura para la cosecha en terrenos inclinados, y que la DA debe considerarse una variable clave en la planificación operativa.

Palabras clave: abastecimiento industrial, Apeo y arrastre de árboles, Cosecha de pinos, Sistema de árboles enteros



Caracterización anatómica del leño de *Cupania vernalis* Cambess. y *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Sapindaceae), mediante microtomografía computarizada de rayos X

Elsa Iris Figueredo¹, Angelica Aguilera², Martínez Santiago Andrés²

¹ Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Montecarlo. Montecarlo, Argentina.

² Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Misiones, Argentina.

Correspondencia: figueredo.elsa@inta.gob.ar

La madera o xilema secundario es un tejido vegetal complejo, compuesto por células especializadas como traqueidas, vasos y parénquima, las que proporcionan propiedades anisotrópicas y versatilidad industrial. Sin embargo, la identificación precisa de especies anatómicamente similares —como Camboatá colorado (*Cupania vernalis* Cambess) y Camboatá blanco (*Matayba elaeagnoides* Radlk)— resulta crítica para su aprovechamiento sostenible. Los métodos tradicionales de identificación como la microscopía son limitados, mientras que las técnicas genéticas son costosas y destructivas. En este contexto, la microtomografía computarizada de rayos X (μ CT) emerge como una herramienta no destructiva que permite el análisis tridimensional de las estructuras internas del leño. Esta técnica se basa en la interacción de los rayos X con la materia. Los rayos X son una forma de radiación electromagnética que atraviesa los objetos, y su paso es atenuado en función de la densidad del material. Los materiales más densos, con mayor cantidad de átomos por unidad de volumen, absorben y dispersan más los rayos X. Por el contrario, los materiales menos densos ofrecen menor resistencia. La μ CT aprovecha esta diferencia para generar imágenes tridimensionales: un escáner mide la intensidad de los rayos X que logran atravesar la muestra, y las variaciones de intensidad se traducen en los valores de las Unidades de Hounsfield (UH). De esta forma, las zonas más densas de la madera se distinguen de las menos densas, revelando su estructura interna sin necesidad de dañar la muestra. En este trabajo, se evaluó la capacidad de esta técnica para estimar la densidad aparente seca de muestras de leño de ambas especies del Bosque Atlántico Misionero. Los objetivos incluyeron obtener una imagen tridimensional de *Cupania vernalis* Cambess y *Matayba elaeagnoides* Radlk y encontrar una relación entre la intensidad promedio (en Unidades de Hounsfield -UH-) de los escaneos μ CT y la densidad aparente seca de las muestras analizadas. Para ello, se escanearon cubos de 3×3×3 cm y se reconstruyeron las imágenes con el software NRecon para su posterior análisis con DataViewer. Se aplicó una escala cromática invertida (Color 2) para facilitar la diferenciación de estructuras según su densidad relativa. De manera simultánea, se determinó la densidad real de cada cubo mediante los métodos tradicionales de medición de masa y volumen. Los resultados mostraron una correlación positiva entre la intensidad promedio y la densidad aparente. Específicamente, *Matayba elaeagnoides* Radlk presentó una mayor intensidad promedio y densidad, con patrones de bandas densas alternadas, mientras que *Cupania vernalis* Cambess evidenció una estructura más homogénea y de menor densidad. Esta diferencia fue claramente visible en la distribución de color de los modelos tridimensionales. La μ CT no solo permite diferenciar especies morfológicamente similares, sino que, integrada con análisis estadísticos, constituye una herramienta válida para predecir propiedades físicas clave. Esta tecnología impulsa la modernización del sector tecnológico de la madera en la región. A nivel regional, este trabajo es pionero en aplicar μ CT a especies nativas del Bosque Atlántico. La metodología propuesta ofrece una ventaja para la industria forestal, desde la selección de maderas hasta el control de calidad, posicionándose como una técnica alternativa.

Palabras clave: micro CT - densidad aparente - Camboatá



Diversidad de especies arbóreas presentes en el Chaco Seco

Ailén Benitez¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Lidia Pérez de Molas¹,
Victoria Kubota²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: ailenbenitezpy@gmail.com

La ecorregión Chaco Seco se caracteriza por albergar una vegetación adaptada a condiciones climáticas extremas, marcada por una baja precipitación y altas temperaturas. Esta formación forestal se describe como bosque semicaducifolio xerofítico, donde la diversidad de especies arbóreas juega un papel fundamental en la comprensión de su estructura y conservación. Numerosas investigaciones han tratado sobre la composición, estructura y diversidad de estos ecosistemas forestales, revelando su complejidad. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la diversidad y abundancia de la vegetación arbórea de la ecorregión Chaco Seco. Se realizó un análisis bibliográfico de 6 trabajos de tesis desarrollados entre los años 2007 y 2017, los cuales se centraron en parcelas permanentes de una hectárea, ubicadas en bosques del Chaco Seco. Como criterio de análisis, se recopilaron los datos correspondientes a la composición florística y abundancia de las especies forestales, además de especies arborescentes de la familia Cactaceae, considerando únicamente los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm, a fin de estandarizar y comparar dichas informaciones entre sí. Se analizaron datos de 3006 individuos pertenecientes a 23 familias botánicas, 41 géneros y 49 especies. La especie más abundante fue *Salta triflora* (Griseb.) A.D. Sánchez (740 individuos; 24,6% del total), seguida de *Bougainvillea campanulata* Heimerl (228 individuos; 7,6%), la cual estuvo presente en todas las parcelas. También se registraron *Sarcomphalus mistol* (Griseb.) Hauenschild (218 individuos; 7,3%), *Phyllostylon rhamnoides* (J. Poiss.) Taub. (179 individuos; 6%); *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. (151 individuos; 5%); *Anisocapparis speciosa* (Griseb.) Cornejo & Iltis (146 individuos; 4,9%), *Senegalia praecox* (Griseb.) Seigler & Ebinger (139 individuos; 4,6%), *Aspidosperma piryfolium* C. Mart. (134 individuos; 4,5%), *Gonopterodendron sarmientoi* (Lorentz ex Griseb.) A.C. Godoy-Bürki (121 individuos; 4%), *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltldl. (115 individuos; 3,8%), entre otras. Las principales familias que presentaron mayor cantidad de especies fueron Fabaceae con 11, seguida de Cactaceae (5) y Capparaceae (4). Las demás familias presentaron entre 1 a 3 especies. La revisión permitió consolidar información dispersa y evidenció la predominancia de ciertas especies en múltiples sitios y periodos de muestreo en parcelas permanentes del Chaco Seco. Estos resultados constituyen una línea base valiosa para futuras evaluaciones sobre la estructura y dinámica del bosque, además de reforzar la necesidad de conservación de este ecosistema frente a su alta vulnerabilidad.

Palabras clave: parcelas permanentes, ecorregión Chaco Seco, abundancia, bosque xerofítico



Focos de calor y riesgo de incendio, para la República del Paraguay, periodo agosto 2021 a julio de 2022

Derlis Sebastián González Hermosa¹, Larissa Rejalaga Noguera¹, Edgar Catalino Martínez Cardozo¹, Jorge Ramírez¹, Soledad Armoa¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: dsebasgon95@gmail.com

Incendio Forestal es cuando un fuego de forma natural o artificial se expande y afecta la vegetación que lo rodea y su acción para extinguirla debe ser rápida para evitar terribles consecuencias. Los focos de calor es el término que se aplica para la anomalía termal que detecta un satélite. El Forest Fire Danger Index (FFDI) es una herramienta clave para evaluar el peligro de incendio forestal con valores de intervalo de 0 - ∞, esos valores representan el riesgo de incendio por día en determinadas zonas. Existen varios métodos para predecir el riesgo de incendio forestal en varias zonas, siendo el FFDI una de ellas que, en base a la temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y factor de sequía obtiene el riesgo de incendio en una zona por día. Se presenta lo siguiente: analizar el comportamiento de los focos de calor y su relación con los riesgos de incendios en el Paraguay. Como objetivo general analizar el comportamiento de los focos activos de calor y su relación con el riesgo de fuego a nivel país en los meses de agosto a diciembre del 2021 y enero a Julio de 2022. Para ello se utilizaron dos tipos de datos ráster y vectorial, el modelo ráster se utilizó el producto FFDI de la plataforma SIRIS, y los datos vectoriales que corresponde a los focos de calor de la plataforma VIIRS SNPP de la NASA. En el programa ArcGis® 10.2.2. se cruzaron los datos y se han elaborado mapas temáticos. Entre los resultados se resalta la detección total de 176.126 focos de calor, de los cuales 14.563 focos no poseen valor determinado de peligrosidad, 12.348 en la categoría de baja peligrosidad, 14.425 en la categoría de moderada peligrosidad, 69.634 en la categoría de alta peligrosidad, 69.634 en la categoría de muy alta peligrosidad y 49.126 focos en la categoría de extrema peligrosidad. Las zonas con mayor riesgo de incendio detectado son el norte del Chaco paraguayo y el sur de Ñeembucú mientras que el resto de la Región Oriental generalmente se mantuvo con un nivel de medio a bajo riesgo. Agosto y enero son los meses con más registro de focos de calor mientras abril, mayo y junio son los meses con menos focos de calor registrados. Se ha hallado una correlación entre los focos detectados y el riesgo de fuego, mientras más alto el riesgo mayor será la cantidad total de focos detectados, siendo la categoría de riesgo extremo la excepción a la regla debido a que es el segundo con más focos detectados.

Palabras clave: Focos de calor, FFDI, Incendio Forestal, Riesgo de incendio



Análisis de la calidad del carbón de *Eucalyptus* para uso energético sostenible

Elsa Iris Figueredo¹, Obdulio Pereyra¹, Alejandro Vargas¹, Daniel Videla¹,
Juan Gauto¹, Constantino Zaderenko¹

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.

Correspondencia: figueredo.elsa@inta.gob.ar

En la provincia de Misiones, Argentina, la producción de carbón vegetal constituye una alternativa económica para numerosas comunidades rurales. Específicamente en el municipio de Gobernador Roca, familias de carboneras complementan sus ingresos a través de la fabricación y comercialización de carbón vegetal, utilizando para ello hornos de tipo tradicional. Este estudio se propuso analizar las propiedades fisicoquímicas del carbón vegetal de eucalipto producido en esta región, con el objetivo de evaluar su calidad conforme a las normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). Además, se buscó determinar su potencial como una alternativa energética sostenible, enmarcada en los lineamientos de la Ley Provincial XVI-Nº 106, que establece el Marco Regulatorio de los Recursos Dendroenergéticos Renovables. El eucalipto (*Eucalyptus* spp.) fue seleccionado como objeto de estudio debido a su amplia disponibilidad y uso extendido en los sistemas agroforestales de la provincia, lo que lo convierte en un recurso clave para la carbonización artesanal. Investigaciones previas (FAO, 2010; de Bedia Gonzalo, 2018) han demostrado que parámetros de calidad del carbón vegetal, tales como la humedad, el poder calorífico, el contenido de volátiles y el porcentaje de cenizas, son factores determinantes no solo para su valor comercial, sino también para su eficiencia energética. A pesar de la importancia económica de esta actividad en Misiones, existe poca información de características técnicas específicas sobre el carbón producido bajo las condiciones socioambientales locales. En este trabajo, se caracterizaron diez muestras de carbón vegetal provenientes de hornos tradicionales de la localidad de Gobernador Roca. Se evaluó su calidad en comparación con los estándares de las normas IRAM, analizando las siguientes propiedades clave: la humedad (10,95%), el contenido de volátiles (38,78%), el porcentaje de formación de cenizas (4,69%), el poder calorífico (6.271 kcal/kg) y la densidad aparente (165 kg/m³). Los resultados obtenidos han mostrado que este material ha presentado calidades inferiores a los estándares comerciales, lo que sugiere oportunidades de mejora en los procesos de producción, para lograr un producto más competitivo y alineado con las metas de la ley mencionada. Esta caracterización es la primera en proporcionar una descripción técnica detallada para el carbón de esta región de la provincia, sentando bases para futuras intervenciones de mejora tecnológica y políticas de apoyo a los productores. Aunque este marco legal no ha logrado consolidarse plenamente por falta de continuidad en su implementación, establece un precedente importante para la transición hacia sistemas dendroenergéticos formalizados.

Palabras clave: carbón vegetal, Misiones, dendroenergía



Pudrición de miniestacas en eucalipto: sensibilidad diferencial de agentes etiológicos a fungicidas

Sofía Montserrat Florentín Vega¹, Cristhian Grabowski¹, Laura Soilan¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Laboratorio de Fitopatología del Área de Protección Vegetal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: sofiiiiflo@gmail.com

La técnica de propagación vegetativa a través de miniestacas en especies de *Eucalyptus* spp. proporciona mayor productividad en menor tiempo y mayor uniformidad genética debido a la homogeneidad en plantaciones, sin embargo, pueden ser vulnerables a enfermedades de etiología fúngica en viveros como la pudrición de miniestacas que requieren de un programa fitosanitario para su manejo y evitar pérdidas considerables. La investigación tuvo como objetivo evaluar la sensibilidad de hongos fitopatógenos asociados a la pudrición de miniestacas de *Eucalyptus* spp. a fungicidas sistémicos. Se realizó en el Laboratorio de Fitopatología, Área de Protección Vegetal, FCA-UNA. Los fungicidas utilizados por su amplio espectro y su uso registrados en cultivos de eucalipto (Ferreira et al. 2006; Sharma y Mohanan 1991; Garrett et al. 2018), fueron Tebuconazole 43%, Carbendazim 50% y Azoxystrobin 20% + Cyproconazole 12%, y las concentraciones crecientes de 0 ppm que representa el testigo sin fungicida; 0,1; 1; 10 y 20 ppm evaluados para cada patógeno fúngico incubados a 25°C. Cada unidad experimental estuvo constituida por 3 placas de Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar, totalizando 15 unidades experimentales por patógeno. Los datos fueron analizados periódicamente desde la primera medición hasta el llenado de la placa del testigo, 11 días para *Rhizoctonia* sp. y 12 días para *Botryosphaeria* sp. y *Pestalotiopsis* sp., siendo las medias comparadas por el test de Tukey con probabilidad de error del 5%. También, se evaluó la causa-efecto de los fungicidas con el análisis de regresión lineal simple, donde por cada aumento de la concentración del fungicida se redujo el crecimiento micelial de los patógenos. Se caracterizaron los patógenos *Rhizoctonia* sp., *Botryosphaeria* sp. y *Pestalotiopsis* sp. asociados a las pudriciones de miniestacas. Se observaron diferencias significativas en el crecimiento micelial de los patógenos fúngicos para las concentraciones crecientes de los tres fungicidas. Con el aumento de concentración de Carbendazim 50% se redujo significativamente 22,58 mm del crecimiento micelial, de *Pestalotiopsis* sp., 17,96 mm en *Botryosphaeria* sp. y 15,98 mm en *Rhizoctonia* sp. que coincide con Rusin et al. (2020) y Grijalba et al. (2011). Conforme aumentó la concentración de Tebuconazole 43% disminuyó 21,83 mm en *Botryosphaeria* sp., 20,25 mm en *Pestalotiopsis* sp. y 16,03 mm en *Rhizoctonia* sp. que coincide con Moyolema (2022) y Rabago et al. (2024). A medida que aumentó la concentración de Azoxystrobin 20% + Cyproconazole 12% se redujo significativamente 16,59 mm en *Botryosphaeria* sp., 8,98 mm en *Pestalotiopsis* sp. y 8,23 mm en *Rhizoctonia* sp. que coincide con los autores anteriormente mencionados. Esto determinó la sensibilidad de los hongos fitopatógenos a los fungicidas. En conclusión, Tebuconazole 43% reduce significativamente el crecimiento micelial de *Rhizoctonia* sp.; y el fungicida Carbendazim 50% tuvo mayor capacidad de inhibir significativamente el crecimiento micelial de *Botryosphaeria* sp. y *Pestalotiopsis* sp. Por cada aumento en la concentración, todos los fungicidas aplicados en concentraciones crecientes redujeron el crecimiento micelial de los agentes etiológicos fúngicos causantes de pudriciones de miniestacas de *Eucalyptus* spp.

Palabras clave: clones de eucalipto, reducción micelial, fungicida sistémico



Evaluación estratégica de medios de cultivo para el crecimiento y desarrollo de patógenos de etiología fúngica asociados a mudas de eucalipto

Alexandra Nair Cabrera Giménez¹, Cristhian Grabowski², Laura Soilan²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Agronómica. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: cabreraalexandra32@gmail.com

Las plantaciones forestales con *Eucalyptus* spp. reportan cada vez más problemas fitosanitarios de diversas etiologías en especial las fúngicas y condiciones ambientales que causan estrés abiótico. Por lo tanto, el diagnóstico oportuno y preciso de enfermedades asociadas a la producción de mudas de eucaliptos es fundamental para la implementación de estrategias de manejo adecuado. Una etapa crucial en el diagnóstico clásico es el empleo de medios de cultivo eficientes, baratos y disponibles para propiciar el crecimiento y asegurar el desarrollo de los patógenos fúngicos. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de medios de cultivo naturales y sintéticos en el crecimiento y desarrollo de patógenos de etiología fúngica asociados a mudas de eucalipto clonal para lo cual se estableció un experimento con cinco tratamientos, que consistían en los medios de cultivo Papa-Dextrosa-Agar natural (PDA-N), PDA sintético (PDA-S), Caldo V8 natural (CV8-N), CV8 sintético (CV8-S) y Zanahoria agar (ZA), cada uno con cuatro repeticiones totalizando 20 unidades experimentales representadas por cuatro placas de Petri con cada medio dispuestos en un diseño completamente al azar (DCA). Se evaluaron cuatro patógenos fúngicos aislados de mudas enfermas de eucaliptos más prevalentes, provenientes de viveros clonales y fueron analizadas variables como crecimiento micelial y desarrollo de estructuras reproductivas. Los datos obtenidos de cada variable fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con $p=0,05$ en el programa estadístico Infostat. El estudio fue llevado a cabo en el laboratorio de fitopatología del área de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, FCA- UNA. Se identificaron cuatro géneros de hongos de importancia fitopatológica, como *Pestalotiopsis*, *Rhizoctonia solani*, *Botryosphaeria* sp. aislado A y *Botryosphaeria* sp. aislado B causantes de pudrición de tallo o raíz. El crecimiento micelial para *Pestalotiopsis* tuvo un coeficiente de variación (CV)= 3,90% y F= 96,56 con medias de 90 mm para PDA-N, 72,46 mm para CV8, 65,45 mm para ZA, 64,91 mm para PDA-S y 48,50 mm para CV8-S. Para *Botryosphaeria* sp. aislado A con un CV= 7,26 y F= 58,72, se obtuvo 90 mm en PDA-N, 72,16 en CV8, 66,45 mm en PDA-S, 63,02 mm en ZA y 38,95 mm en CV8-S. En el caso de *Botryosphaeria* sp. aislado B con CV= 4,98 y F=289,95, se obtuvo 90 mm en PDA-N, 81,07 en PDA-S 60, 11 mm en CV8, 56,62 mm en ZA y 22,15 en CV8-S. En *Rhizoctonia solani* no se observó diferencias significativas debido a que llegó a los 90 mm en todos los medios de cultivo utilizados. Estos resultados demuestran que el PDA natural es eficiente en favorecer el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos de mudas de eucalipto.

Palabras clave: caldo V8, mini-estacas, diagnóstico



Diversidad de Nymphalidae (Lepidoptera) en un fragmento del bosque natural semidegradado de la Reserva de Guarapi

Marian Andrea Villamayor Gavilán¹, Marilia Araceli Salinas¹, Fatima Rios¹, Alina Rojas¹, Ariadna Ledesma Llanos¹, Esteban Andrés Benítez Doldán¹, Marcos Adrián Ortiz Cabrera²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Reserva Guarapi. Yaguaron, Paraguay.

Correspondencia: villamayormarian389@gmail.com

Existen aproximadamente 200.000 especies de mariposas distribuidas por la tierra, siendo uno de los órdenes más diversos, conocidos por ser indicadores ecológicos y de biodiversidad de un área; la estructura y composición de sus poblaciones indican, además, el estado de conservación del ecosistema. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la diversidad de mariposas Nymphalidae como posibles bioindicadores de las condiciones ambientales de la Reserva Guarapi, a partir de la colecta y clasificación de ejemplares. Dentro del bosque se aprecian los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. El componente arbóreo está compuesto principalmente por individuos de la familia Fabaceae, tales como el timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), yvyra ju (*Pseudalbizzia niopoides*), kurupa'y kuru (*Anadenanthera colubrina*), yvyra pyta (*Peltophorum dubium*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), también se encuentran otros individuos como el guatambú (*Balfourodendron riedelianum*), samu'u (*Ceiba* sp.), umbú (*Spondias tuberosa*), y tacuaras (*Guadua chacoensis*). Para la colecta se seleccionó un sitio de muestreo donde se utilizó una trampa Someren-Rydon de fabricación casera (de forma cilíndrica, elaborada con tela de tul negra, cuenta con un cierre lateral que facilita la colecta, su base emplea una tapa plástica reciclada sujeta con hilo, dejando un espacio de 10 cm para la entrada de los ejemplares, sus medidas son 95 cm de altura y 30 cm de diámetro), cebada con banana fermentada ubicada a 1,50 m del suelo. En el sitio se realizó un muestreo semanal para un total de tres colectas. Las mariposas colectadas fueron llevadas al Laboratorio de Bioensayos Entomológicos de la FCA, para la identificación se utilizaron claves taxonómicas de Fujihara et al. (2016) y Pelham (2023). Se registraron 18 individuos distribuidos en 5 especies: *Caligo illioneus* (1), *Hamadryas amphinome* (1), *Pyrrhogyra neaerea* (2), *Eunica tatila bellaria* (5) y *Hermeuptychia hermes* (9). La abundancia de *Hermeuptychia*, una especie generalista tolerante a disturbios nos puede indicar que el bosque presenta signos de degradación del hábitat, sin embargo, la presencia de mariposas especialistas como lo son los géneros *Caligo*, *Hamadryas*, *Pyrrhogyra* y *Eunica* indica que en el bosque, aunque semidegradado, aún se conservan condiciones favorables para la biodiversidad. La coexistencia de especies con distintos grados de sensibilidad ecológica resalta la utilidad de las mariposas como bioindicadores y la importancia de restaurar y mantener el bosque nativo para conservar la biodiversidad.

Palabras clave: mariposas, bioindicadores, disturbios



Micorrizas y los fertilizantes en el crecimiento del eucalipto: tendencias cambiantes y hallazgos iniciales

Ximena Silva¹

¹ Unique Wood Paraguay S.A. Fernando de la Mora, Paraguay.

Correspondencia: ximena.silva@unique-wood.com

En un ensayo iniciado en junio de 2023 se investigó el impacto de las micorrizas en comparación a los fertilizantes en unas plantaciones de eucalipto en San Pedro. El objetivo fue comprender qué tratamiento usado es más ventajoso para las plantas de eucalipto. Se establecieron cuatro grupos de tratamientos junto con un grupo de control, utilizando inóculos micorrizicos arbusculares que contenían *Rhizogloium irregulare*, *Funneliformis mosseae*, *Funneliformis caledonium* y *Funneliformis geosporumca*. Los tratamientos incluyeron diferentes cantidades de fertilizante: (150 g/planta y 300 g/planta de un fertilizante NPK) y diferentes dosis de micorrizas (500 g/ha y 1000 g/ha). Fueron 20 plantas de un mismo clon de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* por tratamiento separados en bloques. Las mediciones de diámetro a la altura del pecho (DAP) en cm y altura en m se realizaron cada tres meses, hasta enero de 2025 se habían realizado seis mediciones. Se utilizaron los paquetes stats y ggplot2 de R y el programa RStudio para el análisis estadístico. Inicialmente, las mediciones no revelaron diferencias significativas entre las reacciones a los tratamientos, pero evaluaciones posteriores realizadas entre noviembre y abril de 2024 sí mostraron variaciones significativas entre ellos. Las plantas tratadas con 150 g de fertilizante y 500 g de micorrizas presentaron los mayores tamaños iniciales, pero después de abril de 2024 la altura y el DAP fueron mayores en las plántulas que recibieron 300 g de fertilizante, seguidas de cerca por las tratadas con 1000 g de micorrizas. Sin embargo, en mediciones posteriores las tendencias de crecimiento de estos dos tratamientos comenzaron a converger hacia los valores del grupo control. El análisis estadístico confirmó estas observaciones. Una prueba ANOVA ($F(1)= 5,94e-0,5$, $p < 0,001$) reveló diferencias significativas tanto en la altura como en el DAP entre los grupos de tratamiento. La prueba post-hoc de Tukey destacó además una diferencia estadísticamente significativa entre las plantas tratadas con 300 g de fertilizante y los demás tratamientos, y el control ($p < 0,05$). Los resultados preliminares indican una ventaja inicial al uso de 300 gramos de fertilizante, seguido de las plantas tratadas con 1000 g de micorrizas. Preliminarmente se puede indicar que el uso de micorrizas no es más ventajoso para el crecimiento de plantas de eucalipto que el uso de fertilizantes. Futuras mediciones podrán comprobar si esta tendencia se mantiene o cambia. Recomendaciones para observaciones futuras: este ensayo se centró en las métricas de crecimiento únicamente, pero estudios realizados con micorrizas sugieren posibles beneficios a largo plazo de la inoculación micorrízica. Para comprender mejor el impacto de las micorrizas en los eucaliptos se deben hacer seguimientos futuros para evaluar si estos tratamientos impactan significativamente en la salud y la resistencia a largo plazo de las plantaciones de eucalipto. La observación continua de las parcelas tratadas será esencial para rastrear su evolución y comprender plenamente las implicaciones de los tratamientos con micorrizas.

Palabras clave: simbiosis, suelo, producción forestal, DAP, altura



Modelo de transbordo para la industria forestal: estudio de caso del aserradero forestal en el departamento de Caaguazú

Ricardo Gaona Colmán¹, Jorge Luis Recalde Ramírez², Tadeo Román Saldívar Patiño², María Margarita López², Fiorella Ivette Talavera Aquino², Sofía María Elena Franco Araujo²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica, Carrera de Ingeniería de Sistemas de Producción, Grupo de Investigación de Operaciones e Inteligencia Artificial. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: gaonacolmanr@gmail.com

En Paraguay, el sector maderero posee gran potencial de crecimiento, con exportaciones que alcanzaron USD 108 millones en 2022. La planificación de la cadena de suministro en esta industria es particularmente compleja, dado que implica decisiones sobre el abastecimiento y procesamiento de materia prima en función de la demanda, en particular, sobre el transporte de materia prima y producto terminado. Estos parámetros justifican la selección del modelo transbordo, basado en programación matemática. La programación lineal facilita la optimización de dichos procesos bajo restricciones operativas y económicas. En este contexto, el objetivo general de esta investigación es analizar el proceso de abastecimiento y producción de un aserradero ubicado en el distrito de Cecilio Báez, Departamento de Caaguazú. Para ello, se plantean como objetivos específicos (i) describir la cadena de suministro de productos de madera, desde la cosecha hasta la distribución final, y (ii) diseñar un modelo matemático que optimice los procesos y recursos, con el propósito de mejorar la eficiencia operativa del aserradero. En cuanto a la metodología, el estudio se llevará a cabo en el distrito de Cecilio Báez, Departamento de Caaguazú. La unidad de análisis corresponde a la producción de un aserradero perteneciente a una empresa del sector forestal. El propósito es identificar alternativas que permitan minimizar los costos logísticos de distribución desde el aserradero hasta los clientes, considerando factores técnicos, económicos y de demanda. En cuanto a la metodología, para la evaluación de las alternativas de minimización de costo, se identifican variables relacionadas con los componentes de la cadena de suministro desde la cosecha hasta la carpintería, costos de transporte, líneas de producción y demanda de madera. Luego, los datos recolectados se procesan y transfieren a una base de datos, insumo del modelo de transbordo base, codificado en Python y resuelto con el optimizador Gurobi. En cuanto a los resultados esperados, se busca obtener una asignación eficiente del flujo logístico de madera en la cadena de suministro forestal, considerando los dos tipos de productos: Clase 4 y Clase 5. El modelo permitirá determinar las cantidades óptimas a transportar desde cada proveedor a los centros de procesamiento, y desde estos hacia los clientes, con el objetivo de minimizar los costos logísticos totales. Además, el estudio incluirá una descripción integral de la cadena de suministro, desde la cosecha de los árboles hasta la distribución final. La red contempla tres proveedores (uno externo con participación limitada), dos centros de procesamiento diferenciados por tipo de madera y tres clientes con demandas específicas. El modelo se formula como un problema de programación lineal, incorporando variables continuas que representan las toneladas transportadas, y restricciones asociadas a capacidades, demanda, flujo y transporte. En este contexto, se espera desarrollar una herramienta que optimice los recursos logísticos, reduzca costos y mejore la planificación estratégica, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sustentable de la cadena de suministro.

Palabras clave: programación lineal, cadena de suministro forestal, modelo de transbordo, optimización, industria maderera paraguaya



Efecto de la posición de estacas y aplicación de ácido indolbutírico en miniestacas de yerba mate *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil

Natalia Zelada¹, Nadia Sanabria¹, Cipriano Enciso¹, Diego Gonzalez¹,
Juan Venancio Benítez Núñez²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: natalia.zelada@agr.una.py

La yerba mate es una especie forestal no maderable, en la cual son cosechadas las hojas y su aprovechamiento se da con cierta periodicidad, que por lo general es cada año, motivo por el cual es estudiada entre los cultivos industriales. Entre las limitantes de esta especie se encuentran la obtención de plantines homogéneos para nuevas plantaciones, debido a la polinización que es realizada por insectos. La clonación mediante propagación vegetativa es una forma de obtener plantas homogéneas con características deseables para la producción, así también es una alternativa a la obtención de plantines a partir de semillas, en situaciones en las que se vea comprometida su obtención y colecta. Numerosos factores influyen en la propagación vegetativa de plantas, entre ellos las condiciones intrínsecas de la estaca debido a su posición en la planta y la aplicación de fitoreguladores. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la posición de estacas y dosis de Ácido Indol Butírico (AIB) en las características de miniestacas de yerba mate. La investigación se realizó en el área de propagación de plantas de la División Floricultura y Plantas Medicinales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA), fue conducido bajo cobertura plástica, en la estructura de propagación denominada túnel, se utilizó macetas de 10 cm de altura por 5 cm de diámetro, el sustrato fue arena lavada. El experimento tuvo una duración de 12 semanas. El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA) con arreglo bifactorial (3x3) en que el factor A fue posición de estacas (apical, media y basal) en la planta donadora mientras que el factor B la dosis de AIB (0, 1.500 y 3.000 mg L⁻¹), totalizando nueve tratamientos y cinco repeticiones. Las variables evaluadas fueron supervivencia de miniestacas, formación de brotes y enraizamiento de miniestacas. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza, y en aquellas variables que presentaron diferencia significativa se aplicó la comparación de medias por la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad de error. No se observó interacción entre los factores evaluados. Los factores posición de estacas y dosis de AIB no presentaron diferencia significativa para la supervivencia de miniestacas. En cuanto a la formación de brotes se observó superioridad estadística para las posiciones media y basal, para el factor dosis de AIB la no aplicación de AIB (dosis 0) fue superior estadísticamente a las dosis evaluadas. Para la variable enraizamiento de estacas, el factor posición no tuvo diferencia significativa, en cambio, para el factor dosis de AIB, se observó diferencia significativa siendo las dosis de 1.500 y 3.000 mg L⁻¹ estadísticamente superior a la ausencia de aplicación (0 de AIB), obteniéndose los valores de 42 y 48% de estacas enraizadas respectivamente. En las condiciones en que fue establecida esta experimentación y los resultados obtenidos puede recomendarse la utilización de estacas de las posiciones media y basal para favorecer la formación de brotaciones y la dosis de 1500 mg L⁻¹ de AIB para el enraizamiento de estacas.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*, enraizamiento, propagación, fitoregulador, miniestaca



Biocontrol de patógenos fúngicos asociados a pudrición de miniestacas de eucalipto: uso de cepas bacterianas antagonistas

Dahiana Rivas¹, Cristhian Grabowski², Laura Soilan², Adolfo García²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera Ingeniería Agronómica. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: dahianarivasmaqueda@gmail.com

En los últimos años los problemas fitosanitarios, en especial las enfermedades en el sistema de producción de especies de eucaliptos han aumentado en incidencia y prevalencia debido a la producción clonal. Una estrategia de manejo inteligente para reducir la intensidad y el impacto de estas enfermedades y agentes etiológicos es el uso del control biológico con bacterias benéficas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto antagónico de bacterias a patógenos fúngicos asociados a la producción de mudas de eucalipto. El estudio fue realizado en el laboratorio de fitopatología del área de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, FCA-UNA. La población de unidades fue conformada por 29 bacterias con potencial actividad antagónica de las cuales 28 son del género *Bacillus* y solo una del género *Pseudomonas* y tres patógenos fúngicos; *Pestalotiopsis* sp., *Rhizoctonia* sp. y *Botryosphaeria* sp. Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar (DCA), con 30 tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 360 unidades experimentales (UE), dichas unidades se constituyó por placas de Petri de dos compartimientos, donde por un lado se encuentra el patógeno fúngico con medio de cultivo PDA y por el otro, la bacteria con medio de cultivo 523 de (Kado y Heskett 1970) específico para bacterias, el testigo con los respectivos patógeno no contaba con la aplicación de ninguna bacteria, las (UE) fueron selladas herméticamente, evitando la competencia por espacio y permitiendo la evaluación de la producción de los compuestos volátiles por parte de las bacterias. La variable medida de los patógenos fúngicos fue el diámetro micelial, mientras que para la bacteria fue el porcentaje de reducción del crecimiento (%RC) de los patógenos. Estas variables fueron sometidas a un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados demuestran que existe diferencia significativa en el %RC micelial de las bacterias sobre los patógenos fúngicos. Todo los aislados bacterianos ejercieron una actividad antagónica sobre los tres patógenos estudiados, con un rango del 2,1 al 40,5 %RC, en el que se destaca el aislado AC26 (*Pseudomonas*) alcanzando el mayor %RC respecto al patógeno *Pestalotiopsis* sp. siendo el aislado AC29 (*Bacillus*) que presentó menor porcentaje de actividad antagónica sobre este patógeno, en contraste con patógeno *Rhizoctonia* sp. el aislado AC29 resultó más eficiente con un 37,06 % RC, mientras que el aislado AC16 presentó menor eficiencia con solo un 5,4 %RC para este patógeno. El aislado que resultó más eficiente en la inhibición del crecimiento de *Botryosphaeria* sp. es el AC6 con un 34,7 %RC y la que resultó menos eficiente para este patógeno fue el aislado AC29 con un 12,2 %RC.

Palabras clave: control biológico, bacterias benéficas, patógenos fúngicos, mudas de eucalipto



Resistencia natural de la madera de cinco especies forestales introducidas ante la acción lignolítica de *Pleurotus ostreatus* en pruebas aceleradas de laboratorio

Samuel Villalba¹, Jefferson Rolando Stumm Arias¹, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes¹, María Carolina Escobar Ortiz¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: villalbasamuel841@gmail.com

La madera, al ser un material de origen natural, está expuesta a diversos agentes biológicos degradadores, entre los cuales los hongos xilófagos representan una de las mayores amenazas. Estos organismos poseen una alta capacidad para descomponer los polímeros lignocelulósicos que forman la estructura principal de la madera, especialmente en condiciones ambientales favorables (humedad y temperatura óptimas). A diferencia de otros xilófagos, como los insectos, los hongos son particularmente eficientes en colonizar y deteriorar la madera en períodos relativamente cortos, debido a su ubicuidad y a su rápido metabolismo enzimático. Esto los convierte en los principales responsables del deterioro biológico de la madera, afectando tanto su integridad estructural como sus propiedades físico-mecánicas. El término durabilidad natural hace referencia a la resistencia que ofrece la madera al ataque de hongos, insectos, al desgaste mecánico y a la acción de los agentes atmosféricos. El objetivo de esta investigación fue determinar la durabilidad natural de la madera de *Toona ciliata* M. Roem., *Hovenia dulcis* Thunb, *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R.Br. y del híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* ante la acción lignolítica de *Pleurotus ostreatus*, hongo que crece principalmente en madera muerta. Fueron utilizadas cinco probetas de madera de cada especie de 0,8 x 0,8 x 2,5 cm de lado en su estado natural que fueron acondicionadas en el Laboratorio de Calidad de Madera y Derivados de la Carrera Ingeniería Forestal de la FCA/UNA. La cepa del hongo mencionado fue proporcionada por el Laboratorio de Micología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNA, el repique de hongos e incubación se realizó en el Laboratorio de semillas de la FCA/UNA siguiendo los delineamientos de la norma UNE EN 113:1996, método de ensayo acelerado en laboratorio, exponiendo las probetas a cepas del hongo xilófago en medio de cultivo durante cuatro meses en condiciones controladas de temperatura y humedad. La variable estudiada fue porcentaje de pérdida de masa luego de la exposición al hongo. Se aplicó diseño completamente al azar. Para el análisis estadístico de los resultados se verificó la normalidad de los datos y se aplicó análisis de varianza con un 95% de probabilidad utilizando el programa estadístico Statgraphic Centurion. Los resultados demuestran variaciones significativas en la pérdida de masa de las maderas expuestas al hongo *Pleurotus ostreatus*. El Eucalipto presentó la mayor resistencia, con una pérdida de masa de solo 8,36%, seguido de *Toona* con 11,39%, *Hovenia* con 15,54% y *Grevillea* con 15,93%, siendo la última la menos resistente. El análisis estadístico confirmó que el Eucalipto difiere significativamente de las demás especies, siendo la menos susceptible al ataque fúngico. Por el contrario, *Toona*, *Hovenia* y *Grevillea* no mostraron diferencias significativas entre sí, lo que indica una susceptibilidad comparable. De acuerdo con la clasificación de Findlay, el Eucalipto puede considerarse resistente, mientras que las otras especies se clasifican como moderadamente resistentes. Estos hallazgos son de interés para aplicaciones prácticas, ya que la durabilidad natural de la madera frente a hongos es un factor clave en sectores como la construcción. Entre las especies exóticas, la selección de la madera de especies con mayor durabilidad natural, como el Eucalipto, podría reducir pérdidas económicas y mejorar la vida útil de productos derivados de la madera.

Palabras clave: biodegradación, susceptibilidad fúngica, pérdida de masa, hongo xilófago



Monitoreo del Crecimiento y sobrevivencia de *Peltophorum dubium*, *Anadenanthera colubrina* y *Corymbia* spp. en plantaciones forestales mixtas en el Departamento de San Pedro

Blanca Viviana Silva Pinto¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Lourdes González Soria¹, Mariana Vázquez Ramírez¹, Sofía Montserrat Florentín Vega¹, Edgar José Bert¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: vivianaspinto2001@gmail.com

Las plantaciones forestales mixtas son aquellas que combinan dos o más especies de árboles en un mismo rodal, corresponde a modelos que asocian a especies de rápido crecimiento y especies de crecimiento más lento, favoreciendo a la diversificación de productos y de ingresos en diferentes tiempos. El objetivo del trabajo fue determinar la variación de crecimiento de especies forestales nativas y especies exóticas en plantaciones forestales mixtas. El estudio se llevó a cabo en el Departamento de San Pedro, Distrito de San Estanislao, en un área total de 5 hectáreas. Se examinaron plantaciones forestales mixtas en 6 rodales diferentes. Se instalaron previamente parcelas y se muestrearon un total de 12, cada una con una superficie de 800 metros cuadrados (40 m x 20 m), el espaciamiento fue de 2 m entre individuos y 5 m entre líneas, siguiendo un diseño sistemático. Las especies nativas estudiadas fueron *Peltophorum dubium* (103 individuos) y *Anadenanthera colubrina* (116 individuos), mientras que la especie exótica fue *Corymbia* spp. (50 individuos), siendo así el total de individuos evaluados 269. Las variables medidas incluyeron el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura total (ht) y la altura comercial (Hc). Entre las especies nativas, *Peltophorum dubium* demostró mayor crecimiento en altura, diámetro y una mayor acumulación en área basal, con valores promedio de 7,7 m de altura total, 3,6 m de altura comercial, 8,12 cm de diámetro y 0,57 m² de área basal acumulada. Sin embargo, presentó una menor cantidad de individuos. *Anadenanthera colubrina* mostró un crecimiento y acumulación de área basal menor, con valores promedio de 4,7 m de altura total, 1,5 m de altura comercial, 4,5 cm de diámetro y 0,22 m² de área basal acumulada. No obstante, presentó mayor cantidad de sobrevivencia. La especie exótica *Corymbia* spp. mostró menor cantidad de individuos, pero un crecimiento y productividad superior al de las especies nativas, con valores promedio de 16,8 m de altura total, 6,2 m de altura comercial y 18,2 cm de diámetro y 1,3 m² de área basal acumulada. Este estudio demostró que las especies varían significativamente en su desarrollo y crecimiento. Cada una con características únicas que las diferencian una de otra. Los resultados de este estudio tienen una gran importancia para el sector forestal en Paraguay, ya que, al comparar el crecimiento y sobrevivencia de las especies nativas con las exóticas, se obtienen información crucial para la toma de decisiones y la viabilidad de este tipo de plantación en nuestro país. Estos hallazgos son esenciales para la planificación y gestión sostenible de los recursos forestales, al permitir una mejor selección de especies y estrategia de manejo.

Palabras clave: plantaciones, crecimiento, especies



Variación de la dinámica, estructura y composición en parcela permanente de monitoreo de un bosque ribereño de la Reserva Natural Tapyta-Caazapá

Claudia María José Rolón Mendoza¹, Laura Rodríguez¹

¹ Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: marijorolon@gmail.com

La Reserva Natural Tapyta (RNT), administrada por la Fundación Moisés Bertoni, ubicada en el departamento de Caazapá, comprende un total de 4.736 ha, compuestas principalmente por bosques y campos naturales. Las parcelas permanentes de monitoreo (PPM) constituyen una estrategia clave para el estudio a largo plazo no solo de la dinámica y los cambios estructurales, sino de los componentes faunísticos y ecológicos de los bosques. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios de una PPM representativa del bosque ribereño de la Reserva Tapyta que está en proceso de recuperación, tras 10 años de su instalación. Como metodología se contó con los datos de instalación de la PPM y los datos de la última remediación, realizando un análisis entre los siguientes indicadores: composición florística, abundancia, frecuencia, dominancia, IVI, VFE y la estructura diamétrica. Como resultados principales se observaron lo siguiente: se registró que el promedio de individuos se mantiene; la altura máxima registrada aumentó a 28 m para el estrato superior. La riqueza de especies se mantuvo constante, siendo la familia Fabaceae la que presenta mayor número de especies. La especie más abundante y frecuente continúa siendo la especie exótica *Citrus aurantium* (naranja hai), y la segunda especie dominante para el año 2023 fue *Nectandra megapotamica* (laurel hu), la cual ha reemplazado en un periodo de 10 años a la especie *Plinia rivularis* (yvaporoiity), que fue la dominante en el año 2023, al inicio del monitoreo. En cuanto a la estructura vertical, se ha mantenido la tendencia en los valores de cada estrato, ya que el VFE ha demostrado que el crecimiento vertical de la masa forestal se presenta de manera conservada al registrar un aumento en el VFE del estrato medio y superior. Por su parte, la clase diamétrica se presentó con valores constantes en el periodo de monitoreo, manteniendo la clase diamétrica de 10 a 30 cm de DAP como la más abundante dentro del área de estudio. Con base en los resultados obtenidos de este periodo de monitoreo, se concluye de manera satisfactoria que la masa boscosa monitoreada no ha disminuido en sus indicadores de composición florística ni estructural, ya que han presentado aumentos propios del periodo estudiado. Los estudios Long-Term Ecological Research (Investigación Ecológica de Largo Plazo) permiten recopilar datos con base en planes de monitoreo establecidos, permitiendo no solo monitorear los ecosistemas, sino evaluarlos de forma sistemática e integral, para aportar insumos medibles para un correcto manejo de los recursos forestales, con base en los datos proporcionados por los monitoreos anuales y análisis correspondientes establecidos.

Palabras clave: Biodiversidad, Áreas protegidas, Análisis estructural, Conservación de Bosques



Evaluación operativa del sistema de pesaje de una garra cargadora forestal

Marcelo Bonazza¹, Murilo Rosa Frederico², Jean Alberto Sampietro², Franciny Lieny Souza², Fernando Rosa de Matos², Fabricio Campos Masiero^{2,3}

¹ Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Rurales, Departamento de Agricultura, Biodiversidad y Bosques. Curitiba, Brasil.

² Universidad Estatal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Agrícolas y Veterinarias/Departamento de Ingeniería Forestal. Lages, Brasil.

³ Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul. Rio do Sul, Brasil.

Correspondencia: marcelo.bonazza@ufsc.br

La carga de vehículos para el transporte forestal debe combinar eficiencia operativa, con el cumplimiento de la legislación vigente, que establece límites máximos de carga según la configuración vehicular. Entonces, el pesaje con sistemas acoplados a la grúa permite controlar la carga de madera y asegurar su conformidad legal. No obstante, el empleo de este sistema puede afectar directamente a la productividad de la operación, debido a que requiere un determinado tiempo para la estabilización del pesaje durante el trabajo de la maquinaria. Este estudio evaluó el tiempo de carga de 2 surtidos de trozas denominadas “proceso” con 7,0 m de largo y “comercio”, con largos de entre 2,5 a 2,65 m; cargados en diferentes tipos o configuraciones de camiones (de 7 y 9 ejes), empleando o no el sistema de pesaje. También se analizaron el tiempo de estabilización de la balanza y la correspondencia de los pesos cargados a los rangos establecidos por la empresa: de 74 a 77,8 t para vehículos de 9 ejes y de 57 a 59,8 t para los de 7 ejes. El sistema de pesaje funcionaba mediante una celda de carga integrada, la cual permitía la exportación de planillas electrónicas con datos del tiempo de carga y el peso cargado de madera, expresado en kilogramos por vehículo. Los mismos datos también fueron colectados durante un período de tiempo equivalente, sin el empleo del sistema de pesaje, para fines comparativos. En las operaciones de carga mencionadas, participaron 3 operadores con experiencia similar. Adicionalmente, se realizaron pesajes en la báscula del patio industrial, utilizada como referencia. El tiempo de estabilización fue medido con cronómetro. Todos los datos fueron analizados utilizando estadística descriptiva. El estudio tomó muestras de la carga de 644 vehículos de transporte (83,7% de 7 ejes y 16,3% de 9 ejes). Los resultados mostraron un tiempo promedio de estabilización de 4,9 segundos, con variaciones entre los operadores, evidenciando la influencia de la adaptación al sistema. El tiempo de carga aumentó con el uso de la balanza, especialmente para las trozas denominadas “comercio”. En vehículos de 9 ejes, el tiempo de carga con trozas tipo “proceso” pasó de 812 a 918 s, y para madera tipo “comercio”, de 1.380 a 1.744 s. En vehículos de 7 ejes, los tiempos pasaron de 672 a 690 s para madera tipo “proceso” y de 1.164 a 1.320 s para la categoría “comercio”. A pesar del incremento en los tiempos, con el uso del sistema de pesaje, este proporcionó una mejora significativa en la correspondencia a los rangos ideales de peso: del 56,9% al 94,6% para vehículos de 7 ejes y del 21,9% al 65,4% para los de 9 ejes. El promedio de desviaciones entre pesos registrados en campo y báscula industrial fue inferior al 2%, confirmando la precisión del sistema. El uso del sistema de pesaje en trabajos de carga mejora el control y atención de la normativa legal, con bajo impacto en la productividad, constituyendo una herramienta eficaz para operaciones más seguras, eficientes y reguladas.

Palabras clave: transporte forestal, control de carga, conformidad legal



Relación entre cobertura de copa, cobertura de gramíneas y regeneración natural en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay

Ulices Vidal Candia Ovelar¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Victoria Rika Kubota², Haroldo Silva², Alba Liz González¹, Janet Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: candiaulices123@gmail.com

La restauración del paisaje forestal es un proceso orientado a la recuperación del funcionamiento ecológico y el mejoramiento del bienestar humano en paisajes deforestados o degradados. La cobertura de copa, cobertura de gramíneas y la regeneración natural son indicadores claves del éxito en proyectos de restauración forestal, especialmente en los años iniciales del proceso. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la cobertura de copa, cobertura de gramíneas, la regeneración natural, así como la relación existente entre ellas a los 36 meses. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal. Este estudio se realizó en una parcela experimental perteneciente a Itaipu Binacional, que abarcaba 5,9 hectáreas, ubicada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná. El diseño experimental cuenta con bloques completos al azar, compuesto por 5 bloques y 8 tratamientos. Los tratamientos se diferencian por una franja de aprovechamiento siendo los siguientes: eucalipto con fines maderables (T1) y energéticos (T2), nativas con fines maderables (T3) y energéticos (T5), nativas maderables (T4) y energéticas con abono verde (T6), yerba mate (T7) y nativas de usos múltiples (T8). Cada unidad experimental tiene una superficie de 1.080 m². Las variables consideradas fueron evaluadas siguiendo la metodología propuesta por "Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica". Se realizó análisis de varianza para evaluar si existieron diferencias significativas entre tratamientos para cada variable estudiada. Los resultados demostraron que no existen diferencias estadísticas significativas de cobertura de copa entre tratamientos. Sin embargo, las gramíneas presentaron diferencias estadísticamente significativas, el T8 con una media de 52,8% fue el más alto, por el otro lado el tratamiento 6 con una media de 6,81% fue el más bajo. En la regeneración natural también existieron diferencias estadísticamente significativas, el tratamiento 6 con 169,4 individuos de media siendo el más alto y el tratamiento 5 con 55,6 individuos fue el más bajo. La correlación entre gramíneas y regeneración fue de 0,406 indicando que mientras mayor cobertura de gramíneas mayor es el número de regeneración. Entre gramíneas y cobertura de copa la correlación fue de -0,073, a menor cobertura de gramíneas, menor es también la cobertura de copa. La correlación entre la regeneración natural y la copa fue positiva (0,104), mientras mayor es el número de regeneración mayor la cobertura de copa. El estudio evidenció que, aunque la cobertura de copa no varió significativamente entre tratamientos, sí hubo diferencias claras en la cobertura de gramíneas y la regeneración natural. El T6 se destacó por su alta regeneración, mientras que el tratamiento 8 tuvo mayor cobertura de gramíneas. La correlación positiva entre gramíneas y regeneración indica una posible relación favorable, mientras que las relaciones con la cobertura de copa fueron débiles. Estos resultados aportan información útil para el manejo de áreas en proceso de restauración forestal y nos demuestra la necesidad de continuar con el monitoreo y las evaluaciones. Los resultados obtenidos evidencian la importancia de profundizar en el análisis de dichas variables.

Palabras clave: restauración forestal, monitoreo, regenerantes



Mercado voluntario de carbono en Paraguay: desafíos y oportunidades para empresas forestales

Andrea Eisenhut¹

¹ Unique Wood Paraguay S.A. Fernando de la Mora, Paraguay.

Correspondencia: andrea.eisenhut@unique-wood.com

El Mercado Voluntario de Carbono (MVC) se perfila como una herramienta útil de abordaje al cambio climático, atrayendo el interés empresarial. Sin embargo, como mercado incipiente presenta desafíos, especialmente para proyectos del sector de uso de la tierra. Este trabajo examina las complejidades del acceso al MVC y destaca las experiencias prácticas obtenidas a través de un caso específico: las iniciativas de forestación y reforestación de UNIQUE. El objetivo principal de este análisis fue ofrecer una visión general asequible del proceso de acceso al MVC, ilustrando específicamente el enfoque de la empresa a través de su experiencia con plantaciones de especies exóticas diseñadas para la producción de madera y el secuestro de carbono. La trayectoria de UNIQUE dentro del MVC se basó en una metodología estructurada centrada en los estándares Verra. Esto implicó: una rigurosa selección de proyectos que priorizó la idoneidad climática y el cumplimiento socioambiental; el empleo de una metodología a medida, que fue AR-ACM0003 (para forestaciones y reforestaciones a gran escala, en donde se plantan árboles para secuestro de carbono), para monitorear el crecimiento de especies exóticas y la acumulación de biomasa; y, finalmente, la obtención de la verificación de terceros mediante el proceso de certificación de Verra. El enfoque de la empresa ha sido el establecimiento de plantaciones en tierras previamente utilizadas para producción agrícola, con el objetivo de producir madera de calidad y celulosa, al tiempo de restaurar los sumideros de carbono y generar créditos de carbono. La experiencia de la empresa deja ver consideraciones clave dentro del MVC. El éxito del proyecto dependerá del cumplimiento de criterios estrictos: cuantificar los impactos netos positivos de carbono, demostrar la adicionalidad —en particular, abordar la preocupación por la generalización de los proyectos madereros— y garantizar la permanencia a largo plazo (al menos 40 años) mediante la generación de ingresos sostenibles, por ejemplo, mediante la producción de madera. La empresa está iniciando este proceso y reconoce los desafíos relacionados con la evolución de los marcos regulatorios impuestos por los estándares de Verra, reconociendo la necesidad de metodologías adaptativas. Fundamentalmente, el proyecto de la empresa destacó la importancia de contar con protocolos de monitoreo sólidos y la verificación externa para generar confianza en el MVC. El estudio de caso subraya que, si bien el MVC ofrece una vía para la compensación de carbono, una planificación cuidadosa, el riguroso cumplimiento de estándares (como Verra) y un compromiso a largo plazo son esenciales para el éxito, especialmente al utilizar especies exóticas en proyectos del sector de uso de la tierra. Para que el MVC sea atractivo para otras empresas forestales también se debe asegurar las ventas de los créditos de carbono producido, que actualmente presenta desafíos difíciles de saldar. Futuros estudios deben enfocarse en las inquietudes sobre la adicionalidad, la transparencia en el mercado y la venta futura de estos créditos de carbono.

Palabras clave: compensación de carbono, secuestro de carbono, reforestación, especies exóticas, producción forestal, gases de efecto invernadero



Evaluación técnica, económica y de calidad de las operaciones de aprovechamiento forestal con cosechadoras y tractores autocargadores en *Pinus taeda* L.

Fernando Matos, Marilei Falavinha¹, Elifas Costa Silva¹, Jean Alberto Sampietro¹, Franciny Lieny Souza¹, Fabricio Campos Masiero^{1,2}, Marcelo Bonazza³

¹ Universidad Federal de Santa Catarina, Centro de Ciencias Rurales Centro de Ciencias Agrícolas y Veterinarias, Departamento de Ingeniería Forestal. Lages, Brasil.

² Instituto Federal Catarinense, Campus Rio do Sul. Rio do Sul, Brasil.

³ Universidad Estatal de Santa Catarina Centro de Ciencias Rurales/Departamento de Agricultura, Biodiversidad y Bosques. Curitiba, Brasil.

Correspondencia: fernandorosadematos@uniplaclages.edu.br

El aprovechamiento forestal mecanizado representa uno de los principales avances tecnológicos en el sector forestal brasileño, generando importantes aumentos de productividad y una reducción de los costos operativos. El sistema de troncos cortos, que utiliza cosechadoras para el corte y procesamiento, y tractores autocargadores para la extracción, se ha consolidado como una alternativa eficiente para el aprovechamiento de las plantaciones de pino en el sur de Brasil. Evaluar el rendimiento operativo de estos equipos es esencial para optimizar los procesos y mejorar la competitividad del sector. Evaluar el rendimiento técnico, económico y de calidad de las operaciones de aprovechamiento forestal con cosechadoras y tractores autocargadores en plantaciones de *Pinus taeda*, con el objetivo de identificar oportunidades para optimizar los procesos de producción. El estudio se realizó en una empresa de Capinzal, Santa Catarina, Brasil, en plantaciones de *Pinus taeda* de 15 años de antigüedad. La metodología incluyó un estudio de tiempos y movimientos con 1032 observaciones de ciclos operativos completos de operaciones de cosecha forestal con una cosechadora y 108 observaciones de extracción con tractores autocargables New Holland™ 7020 (44 observaciones) y Valtra BH 165 (64 observaciones). Se cronometraron los siguientes elementos: recorrido en vacío, maniobras y carga, recorrido con carga, y maniobras y descarga. La calidad de las operaciones se evaluó midiendo la altura del tocón de 373 tocones y evaluando la precisión de trazado de 680 troncos procesados, incluyendo mediciones de longitud y diámetro. El análisis económico determinó los costos fijos, variables, administrativos y totales. En la etapa de cosecha con la cosechadora, el procesamiento de los árboles consumió el 57% del tiempo operativo, con una productividad promedio de 26,5 m³/hora. Durante la etapa de extracción, el elemento que consumió más tiempo fue la maniobra y la carga, representando el 42% del tiempo total para el tractor New Holland TM 7020 y el 41% para el Valtra BH 165. En la evaluación de calidad de las operaciones, la altura promedio del tocón fue de 11,5 cm con una desviación estándar de 3,4 cm, que osciló entre 4,5 cm y 24,5 cm, lo que resultó en una pérdida de ingresos de US\$11,02 por hectárea. Los 680 troncos evaluados tenían una longitud promedio de 2,42 m y un diámetro promedio de 15,4 cm. La precisión de la puntuación se mantuvo dentro de los estándares aceptables para la mayoría de los surtidos, excepto para los destinados a la producción de astillas. La falta de calidad en la longitud de los troncos para la producción de astillas se relaciona con la dificultad de ajustar con precisión el sistema de puntuación para los surtidos de menor valor. El análisis económico reveló diferentes costos operativos entre los equipos. Las operaciones de maniobra y carga representan los principales cuellos de botella operativos en la tala, lo que sugiere la necesidad de mejorar la productividad. La variabilidad en la altura de los tocones indica oportunidades para mejorar la calidad de las operaciones de tala, con un impacto económico potencialmente significativo.

Palabras clave: cosecha forestal, harvester, estudio de tiempo, calidad operacional, *Pinus taeda*



Evaluación de especies nativas maderables en parcela experimental de restauración del paisaje forestal

Nadia Zamira Manzur Báez¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Haroldo Silva², María Antonella Valdez Escurra¹, Victoria Kubota², Alba Liz González¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: zammanzur@gmail.com

La Restauración del Paisaje Forestal (RPF) es un proceso planificado que busca restaurar un ecosistema forestal autosostenible que provea beneficios a la biodiversidad y a las personas. Un modelo de RPF puede proveer un atractivo económico para de esta manera atraer a propietarios privados, quienes poseen la mayor parte de las tierras en Paraguay. En este contexto, la implementación de modelos en fajas de conservación y aprovechamiento con especies nativas maderables ofrece una oportunidad concreta para combinar objetivos ecológicos con beneficios económicos. Este trabajo tiene como objetivo evaluar las variables dendrométricas y la sobrevivencia a los 48 meses de especies maderables presentes en un modelo de RPF. La parcela experimental se encuentra localizada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná, a cargo de la División de Acción Ambiental de la Superintendencia de Gestión Ambiental de Itaipú, el monitoreo de la misma se encuentra a cargo del grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental está distribuido completamente al azar en 5 bloques y 8 tratamientos, cada unidad experimental cuenta con una superficie de 1080 m². El tratamiento evaluado se encuentra compuesto por una faja de conservación (con especies de diversidad y cobertura) y otra de aprovechamiento, centrándonos en esta última por la presencia de especies nativas con fines maderables, con una distancia de plantación de 3x3 m; disposición que favorece el crecimiento individual de estas especies, las cuales son: *Peltophorum dubium* (yyyra pytã), *Cordia trichotoma* (peterevy), *Myrocarpus frondosus* (inciense), *Handroanthus impetiginosus* (lapacho rosado), *Handroanthus heptaphyllus* (lapacho negro) y *Balfourodendron riedelianum* (guatambu). Las variables estudiadas fueron diámetro a la altura del cuello (DAC), diámetro a la altura del pecho (DAP), altura (H) y sobrevivencia, las mismas fueron medidas a los 48 meses, donde se observan diferencias en las mediciones dendrométricas; en cuanto al DAC, el yyyra pytã se destacó por obtener el mayor promedio con 82,88 mm, seguido por el peterevy (64,30 mm) y lapacho rosado (59,40 mm). Con respecto al DAP, la especie que presentó el promedio más elevado fue el yyyra pytã con 5,85 cm, luego peterevy (5,15 cm), en cambio; el lapacho rosado y el guatambu registraron promedios menores de 4,01 cm y 4,35 cm respectivamente. En términos de H, los promedios más altos fueron: yyyra pytã (421,75 cm), peterevy (346,66 cm) y guatambu (310,83 cm). Con relación a la sobrevivencia de estas especies, nuevamente; el yyyra pytã se destacó por una sobrevivencia del 98%, seguido por el guatambu (82%), el lapacho rosado (80,39%) y el peterevy (56%). Las especies con menor promedio de sobrevivencia fueron: lapacho negro e inciense, con 30,61% y 40% respectivamente. Una vez analizadas las variables dendrométricas, se podría concluir que *Peltophorum dubium* (yyyra pytã) es la especie que presentó mejor sobrevivencia y crecimiento en comparación con las demás especies evaluadas, por lo cual debe ser indicada siempre para ser implantada en proyectos de restauración forestal como una especie de diversidad.

Palabras clave: restauración, aprovechamiento, especies maderables, atractivo económico, especies nativas



Ajuste en el método de extracción de taninos para la determinación de sólidos solubles en extracto de corteza de *Pinus* spp.

Elsa Iris Figueredo¹, Elizabeth Maria Weber², Adelaida Bragañolo²,
Obdulio Pereyra², Lauro Alvarino³

¹ Estación Experimental INTA Montecarlo. Argentina.

² Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales, Carrera de Ingeniería Forestal, Industria, Laboratorio de Tecnología de la Madera. Argentina.

³ Universidade Estadual de Maringa, Brasil.

Correspondencia: elizabeth.weber@fcf.unam.edu.ar

Los taninos son compuestos polifenólicos presentes en numerosas especies vegetales. Se clasifican en dos tipos principales: taninos hidrolizables (derivados de ácidos gálico y elálgico) y taninos condensados (proantocianidinas), los que predominan en la corteza de coníferas. La corteza de pino, representa una fuente sostenible de taninos con potencial aplicación en la elaboración de adhesivos ecológicos. Los taninos condensados pueden polimerizarse mediante calor o agentes reticulantes, formando estructuras aptas para aplicaciones adhesivas. En Argentina, la explotación de especies como *Pinus taeda* L. y *Pinus elliottii* Engelm., como residuo generan corteza. Su valorización a través de la extracción de taninos se alinea con los principios de la economía circular. Este estudio se enmarcó en un proyecto de producción de adhesivo a base de tanino obtenido de corteza de pino. El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de cinco métodos de extracción acuosa de tanino a partir de corteza vegetal. Los métodos fueron: (1) Ebullición de 5 g de corteza molida en 400 mL de agua por 4 horas. (2) Autoclave: 5 g de corteza molida en 400 mL de agua, 1 hora a 1,2 atm. (3) Autoclave: 15 g de corteza molida en 100 mL de agua, 1 hora a 1,2 atm. (4) Autoclave: 15 g de corteza sin moler en 100 mL de agua, 1 hora a 1,2 atm. (5) Maceración: 15 g de corteza sin moler en 100 mL de agua a temperatura ambiente. Se realizaron 10 repeticiones de cada método. La infusión obtenida se filtró con filtros para café, posteriormente se tomaron alícuotas de 20 mL para la medición del rendimiento de sólidos solubles, desecando hasta peso constante en estufa (100°C ± 3). Se aplicó ANOVA para comparar los porcentajes de materia seca obtenidos. Los resultados revelaron diferencias significativas en el método (3), presentó mayor rendimiento (0,69–0,84%), superando al (1) (0,13–0,15%) y maceración (5). La molienda mejoró significativamente la eficiencia de extracción respecto a la corteza sin moler. Las extracciones térmicas fueron más eficaces que la maceración. Estos resultados coinciden con estudios, en la eficiencia del uso de autoclave para la ruptura de paredes celulares y la liberación de taninos. Se concluye que la extracción en autoclave de corteza molida (1) fue el método más eficiente.

Palabras clave: corteza de pino, tanino condensado, adhesivo ecológico



Diversidad ambiental de poblaciones naturales de *Acrocomia totai* en Paraguay

Edilia Ramírez Haedo¹, Brenda Díaz², Carlos Augusto Colombo², Diego Wassner³, Guillermo Andrés Enciso Maldonado¹, Antonio Benítez Cañiza¹, Alicia Raquel Eisenkölbl¹

¹ Universidad católica "Ntra. Sra. De la Asunción", Unidad Pedagógica Hohenau. Hohenau, Paraguay.

² Instituto Agronómico Campinas. Campinas, Brasil.

³ Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia: ediliaramirezh@gmail.com

El mbokaja (*Acrocomia totai*) es una palmera arborescente y espinosa que puede alcanzar hasta 16 metros de altura, ampliamente distribuida en América tropical y subtropical. Es una especie heliófila que abunda en terrenos abiertos como chacras y pastizales, prefiriendo suelos bien drenados, aunque también habita suelos arcillosos. En Paraguay, *A. totai* está ampliamente distribuido en la Región Oriental del Paraguay, mostrando una notable adaptabilidad a diversas condiciones edafoclimáticas. Esta plasticidad se ve reflejado en diferencias morfológicas y productivas entre sus poblaciones, sugiriendo una importante diversidad genética. Por lo mencionado, el presente trabajo tuvo por objetivo analizar la diversidad y estructura genética como base para su manejo sostenible, conservación y uso en diversos ecosistemas. Para ello, en seis departamentos: Itapúa, San Pedro, Caaguazú, Paraguari, Misiones y Guairá, se identificaron tres localidades diferentes en cada departamento como puntos de origen de *A. totai*. Las poblaciones seleccionadas incluyeron al menos 30 individuos adultos en plena producción, con un mínimo de dos racimos de frutos por planta. Se prospectó, muestreó y georreferenció un total de 360 palmeras de *A. totai*. Se priorizó la diversidad de hábitats: considerando pastizales naturales y pasturas implantadas (departamento de Misiones), chacras (departamento de Paraguari), bosques secundarios (departamento de Guairá e Itapúa) y bosques subhúmedos de cerrado, típicos del departamento de San Pedro y Caaguazú. Se ha encontrado habitando suelos de textura arcillosa, areno-arcillosa, arenosa, franco – arenosa; pH ácido oscilando entre 4,64 a 5,71; elevado contenido de aluminio en algunos sitios, variando entre 0,01 – 5,93 cmol(+).kg⁻¹. En lo referente a porcentaje de materia orgánica, varía entre 1,61 a 4,20; para cuyas determinaciones fueron realizadas muestras compuestas de 15 submuestras, distribuidas en zigzag en cada lugar de origen. La posición sobre el nivel mar varía entre 155,6 a 212,0 m.s.n.m. en el departamento de Itapúa; entre 263 a 275 m.s.n.m. en el departamento de San Pedro; entre 280 a 500 m.s.n.m. en el cerro de San Joaquín en el departamento de Caaguazú; entre 103,2 a 211,7 m.s.n.m. en el departamento del Guairá; entre 72,2 a 203,5 m.s.n.m. en el departamento de Misiones; y entre 99,8 a 224,0 m.s.n.m. en el departamento de Paraguari. Se observó una plasticidad ambiental en la distribución de la especie *A. totai* en las áreas estudiadas de la región Oriental del Paraguay.

Palabras clave: *Acrocomia totai*; características edafoclimáticas; plasticidad ambiental



Cambios en la conectividad del paisaje en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Paraguay periodo 2010 - 2022

Laura Rodríguez¹, Janet Villalba², Stella Amarilla², Danilo Salas Dueñas¹

¹ Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: mrodriguez@mbertoni.org.py

La deforestación del Bosque Atlántico del Alto Paraná dejó prácticamente aisladas a las áreas protegidas representativas de esta ecorregión que, en un paisaje totalmente fragmentado, constituían las áreas núcleo a conectar; sin embargo, también éstas son sometidas a una rápida fragmentación por los cultivos ilegales y el aumento de incendios forestales, como la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú. Este trabajo analiza los cambios en la conectividad estructural interna de la reserva, cuantificando la superficie afectada por los cultivos ilegales e incendios forestales y posteriormente, apoyándose en la aplicación de métricas del paisaje, identificando aquellos sectores más fragmentados, para determinar la magnitud del problema, orientar decisiones de manejo y priorizar acciones de restauración. La Reserva Natural del Bosque Mbaracayú ubicada en el Departamento de Canindeyú, Paraguay, en la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná, constituye el área núcleo de la Reserva de Biosfera del Bosque Mbaracayú. El cambio en la superficie de bosque se obtuvo a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales Sentinel 2A y 2B, mientras que aquella afectada por incendios forestales, con la aplicación del índice normalizado de área quemada NBR y la diferencia normalizada de área quemada dNBR, calculada para cada evento de incendio ocurrido en el periodo de estudio, con imágenes satelitales Landsat 8 OLI. Con la dNBR se determinó la severidad de cada evento y con su acumulativo, los niveles de degradación de aquellas sometidas a más de un evento de incendio. Las áreas que presentaron más altos niveles de degradación, fueron consideradas como no bosque. Con estos datos se actualizó el mapa de cobertura natural de la reserva para el año 2022. Con los programas Fragstats, Guidos y Linkage Mapper para ArcGIS Pro, se aplicaron los índices de proximidad media y de cohesión, se midió la conectancia, el área conectada equivalente (ECA) y se realizó el análisis morfológico de patrones espaciales (MSPA), para analizar los cambios en la conectividad estructural. Por último, con la combinación de resultados arrojados por Guidos y Linkage Mapper, se obtuvo el mapa de áreas con niveles más críticos de conectividad. La superficie de cultivos ilegales pasó de 59 ha a 2.263 ha, y la pérdida de bosque fue de 2.248 ha. Se registraron incendios en los años 2013, 2017, 2019, 2020, 2021 y 2022, que afectaron una superficie total de 13.921 ha, donde 3.612 ha presentaron los mayores niveles de degradación. Los valores más resaltantes en el análisis de MSPA fueron los de perforación y borde, que tuvieron aumentos significativos, mientras que sectores más afectados fueron el noroeste y sureste de la reserva. Los cultivos ilegales dentro de áreas protegidas ponen en riesgo su integridad, ya que además de causar la fragmentación del bosque, el fuego utilizado aumenta y agrava la ocurrencia de incendios forestales que suman mayor degradación. Esta metodología puede ser replicada en áreas que sufren los mismos flagelos, para dimensionar el problema y aunar esfuerzos para la prevención de las amenazas y proponer la restauración de las áreas afectadas.

Palabras clave: ecología del paisaje, fragmentación, áreas protegidas



Cuantificación de ácido tánico en corteza de *Pinus* spp.

Adelaida Bragaño¹, Elsa Iris Figueredo², Elizabeth Maria Weber¹, Obdulio Pereyra¹, Lauro Alvarino³

¹ Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales. Carrera de Ingeniería Forestal, Industria. Laboratorio de Tecnología de la Madera. Argentina.

² Estación Experimental INTA Montecarlo, Argentina.

³ Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

Correspondencia: elizabeth.weber@fcf.unam.edu.ar

Este trabajo se enmarca en un proyecto de investigación, desarrollado en el Laboratorio de Tecnología de la Madera, de la Facultad de Ciencias Forestales, de la Universidad Nacional de Misiones, Argentina. Busca aprovechar los taninos derivados de la corteza de pino (*Pinus* spp.) como base para adhesivos libres de formaldehído. Los taninos son compuestos polifenólicos que se clasifican en hidrolizables (derivados de ácidos gálico y eláxico) y condensados (proantocianidinas), estos últimos son los que predominan en las cortezas de coníferas. Los taninos presentan la capacidad de entrecruzamiento y pueden polimerizarse mediante calor o agentes reticulantes, formando estructuras aptas para aplicaciones adhesivas, representando una alternativa a los adhesivos sintéticos. Este estudio tuvo como objetivo cuantificar la concentración de ácido tánico en extractos de corteza de *Pinus* spp. mediante titulación redox con permanganato de potasio (KMnO_4), un método accesible y estandarizado. Se procesaron 15 g de corteza molida, infusionados en 100 mL de agua destilada mediante tratamiento en autoclave (1 h, 1,2 atm). El extracto filtrado fue analizado, siguiendo el método de Lowenthal-Proctor (adaptado de ISO 14088, 2019). Se preparó un blanco con 5 mL de índigo carmín (0.1% - 0.6%) + 200 mL de agua destilada, titulado con KMnO_4 (0,025 N-0,1 N) hasta el viraje de color. Se prepararon seis muestras con 5 mL de extracto + 5 mL de índigo carmín, titulándose bajo las mismas condiciones, igual que el blanco. La concentración de los taninos (mg) se calculó mediante la ecuación: $(V \text{ muestra} - V \text{ blanco}) \times N \times 4,2 \times \text{mg taninos}$, donde V es volumen gastado, N es la normalidad del KMnO_4 y 4,2 el factor empírico establecido por la norma ISO. Para el análisis de los resultados, se utilizó el paquete estadístico Infostat, obteniéndose los valores de análisis de varianza (ANOVA). Los valores mostraron contenidos de taninos entre 0,016% y 0,15%, inferiores a lo reportado para *Pinus taeda* de 0,5–2%, lo que indica la necesidad de optimizar la extracción. Se puede concluir que la titulación con KMnO_4 , es viable para cuantificar taninos en corteza de pino, pero requiere ajustes metodológicos para mejorar su precisión. Estos avances son críticos para estandarizar la producción de adhesivos basados en taninos, contribuyendo así a los objetivos de desarrollo sustentable (ODS) 9, Industria, innovación e infraestructura.

Palabras clave: taninos, adhesivos libre de formaldehído, *Pinus* spp.



Evaluación del crecimiento y sobrevivencia en campo de plantas procedentes de diferentes árboles semilleros de *Cedrela fissilis* Vell.

María Carolina Escobar Ortiz¹, Paola Guadalupe Alonso Roa¹, Giselle De Las Nieves Aquino Martínez¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Johana González¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: carolina.escobar@agr.una.py

El cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) es una especie característica del bosque alto de la Cuenca del Paraná, hoy amenazada por la explotación intensiva. El objetivo fue determinar el crecimiento y la sobrevivencia en campo de plantas procedentes de cuatro árboles semilleros de *Cedrela fissilis* Vell. Previo a la investigación en campo, las plantas fueron producidas en condiciones controladas de vivero, a partir de semillas. Las mismas, provenían de cuatro árboles semilleros seleccionados (CED 005, CED 009, CED 014 y CED 020), colectadas en el año 2021 en la Reserva Natural del Bosque Mbaracayú, Departamento de Canindeyú. Posterior a la producción en vivero, las plantas fueron llevadas a campo abierto, donde fueron distribuidas en 4 bloques al azar, utilizando cuatro plantas por cada árbol semillero, por cada bloque, totalizando 16 unidades experimentales por bloque. Las variables analizadas fueron el porcentaje de sobrevivencia(%S), además de la altura (cm y m) y el diámetro en la base del cuello (DBC, en mm) de las plantas. Se determinaron los porcentajes de sobrevivencia a los 1 y 7 meses después de la plantación (ddp), y los promedios de crecimiento en altura y DBC a los 1, 7, 17 y 32 meses. Para el crecimiento en altura y DBC se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Scott y Knott al 5% de probabilidad de error. La sobrevivencia inicial (a 1 mes) fue del 100% para los individuos de los árboles CED 014 y CED 020. A los 7 meses, la mayor sobrevivencia fue del semillero CED 009 (68,75%), seguido por CED 014 y CED 020 (62,5%) y CED 005 (56,25%). De acuerdo a los análisis estadísticos, las diferencias en crecimiento tanto en altura como en DBC son altamente significativas. En la primera medición (1 mes ddp), el promedio de altura fue de 38,16 cm para CED 014, seguido por CED 020 (33,34 cm), CED 009 (32,87 cm) y CED 005 (32,63 cm). Para el DBC, CED 014 presentó el mayor promedio (9,16 mm), seguido por CED 020 (8,36 mm), CED 005 (8,28 mm) y CED 009 (7,91 mm). En la segunda medición (7 meses ddp), el mayor crecimiento en altura fue observado en CED 009 con 43,13 cm, seguido por CED 020 (37,44 cm), CED 014 (33,06 cm) y CED 005 (32,83 cm). En DBC, también fue mayor para CED 009 (17,91 mm), seguido por CED 014 (14,05 mm), CED 020 (13,72 mm) y CED 005 (13,59 mm). A los 17 meses, el mayor promedio de altura fue de 1,58 m para CED 009, seguido por CED 005 (1,24 m), CED 020 (1,19 m) y CED 014 (1,14 m). El mismo orden se mantuvo para el DBC, con CED 009 alcanzando 44,08 mm. En la última medición (32 meses), las alturas promedio fueron de 1,85 m (CED 009), 1,60 m (CED 020), 1,25 m (CED 014) y 1,16 m (CED 005). Los valores de DBC fueron 38,30 mm (CED 009), 33,14 mm (CED 005), 31,79 mm (CED 014) y 24,07 mm (CED 020). Se concluye que los individuos procedentes del árbol semillero CED 009 en las mediciones de 7, 17 y 32 meses fueron los que presentaron mejor desempeño de sobrevivencia y crecimiento en campo.

Palabras clave: *Cedrela fissilis*, crecimiento en campo, sobrevivencia



Procesamiento digital de imágenes satelitales para la interpretación visual de plantaciones forestales en Caazapá, Paraguay

Diana Leticia Mieres Morel¹, Janet Villalba¹, Oscar Manuel Vera Cabral¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: mieresmoreldianaleticia@gmail.com

El presente trabajo tuvo como propósito aplicar técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales para la interpretación visual de plantaciones forestales ubicadas en el departamento de Caazapá, Paraguay. Se orientó a la identificación de coberturas forestales mediante el análisis visual y espectral de imágenes multispectrales provenientes de diferentes plataformas satelitales, como apoyo al monitoreo y la gestión forestal. El objetivo general fue determinar los criterios de interpretación visual y las firmas espectrales que permitieran identificar las plantaciones forestales en la zona de estudio. Para ello, se ejecutaron una serie de actividades organizadas en función a cuatro objetivos específicos. En primer lugar, se procedió al registro y descarga de imágenes satelitales gratuitas desde las plataformas Copernicus (Sentinel), USGS (Landsat) e INPE (CBERS). Posteriormente, se llevó a cabo el preprocesamiento de las imágenes, lo que implicó la creación de composiciones multibanda, la delimitación espacial de las plantaciones y la aplicación de filtros de color natural y falso color, con el fin de resaltar las características de la cobertura vegetal y facilitar su análisis visual. En la siguiente etapa, se calcularon las firmas espectrales correspondientes a distintos bloques de plantaciones forestales mediante el uso del software ArcGIS Pro, utilizando herramientas específicas de análisis de reflectancia. Este proceso permitió generar gráficos espectrales que representaron la respuesta diferencial de la vegetación en las bandas del espectro visible e infrarrojo cercano, facilitando la comparación entre diferentes rodales dentro del área de estudio. Finalmente, se elaboró una matriz comparativa que integró información clave como formas, descripciones texturales y cromáticas, muestras gráficas de las imágenes procesadas, criterios visuales utilizados e interpretación de las firmas espectrales observadas. Los resultados evidenciaron la utilidad de las plataformas satelitales y herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis, seguimiento y monitoreo de plantaciones forestales, destacando especialmente la resolución, frecuencia de actualización y calidad de las imágenes proporcionadas por Sentinel. Se concluye que la metodología empleada fue eficaz para caracterizar de manera precisa las plantaciones forestales en el departamento de Caazapá. Este trabajo constituyó un aporte técnico y metodológico significativo en la integración de la teledetección con la gestión forestal moderna.

Palabras clave: SIG, teledetección, firmas espectrales, multibanda



Caracterización de lluvia de semillas en diferentes estrategias de restauración forestal en la cuenca Rio Doce

Vanessa Yukari Yamamoto Fukuda¹, Ângelo Antônio Corrêa da Silva¹,
Guilherme Salgado Gritz¹, Débora Cristina Rother²

¹ Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Forestales. Piracicaba, Brasil.

² Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Ciências Forestales. São Carlos, Brasil.

Correspondencia: yukari@usp.br

La fragmentación de bosques tropicales ha dado lugar a paisajes remanentes aislados incrustados en matrices impermeables al flujo biológico. Contextualmente, se adoptan estrategias de restauración activa y pasiva para favorecer el avance de la sucesión ecológica en estos ambientes. Sin embargo, es esencial comprender las características cualitativas y cuantitativas de la dispersión de semillas e identificar posibles lagunas en el proceso. Así, el objetivo de este trabajo es entender la diversidad y abundancia de la lluvia de semillas entre ambientes, grupos funcionales de especies que se diferirá entre áreas, así como la comunidad arbórea cercana. La investigación se realizó dentro de un fragmento forestal del paisaje agrícola de Espírito Santo, región de la cuenca baja del Río Doce, Brasil, en tres áreas distintas: plantación total de plántulas (PT), regeneración natural asistida (RN) y bosque remanente (BR). En cada área se tenía 30 parcelas de 25 × 25 m donde se instalaron 1 colector de semillas de 1 m² distribuidas en el centro de la parcela, con 90 colectores en total. Adicionalmente, se hizo 1 subparcela de 1 m² adyacente a cada colector para el censo de plántulas y se realizó un censo de la comunidad arbórea en un radio de 5 m a partir del centro del colector, totalizando 77,5 m² en cada parcela. Las recolecciones se realizaron mensualmente a lo largo de un año. El material fue analizado en laboratorio y hubo la identificación de propágulos, conteo y clasificación de atributos funcionales. Para el análisis de los datos de abundancia se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (GLM) en el software R. Se registraron 14 mil propágulos, con un total de 89 morfoespecies. El ambiente que presentó mayor riqueza fue BR, con 56 morfoespecies, seguido de RN (41) y PT (30). El ambiente con mayor abundancia de propágulos fue RN, con 9 mil, seguido de PT (3 mil) y BR (2 mil). Con esto, se puede notar que la restauración forestal asistida y pasiva aún tienen una gran diferencia en relación a cantidad de especies, grupos funcionales, abundancia, y por esto las especies cerca también cambiaron mucho dependiendo del área. Por esto, aún hay la necesidad de investigaciones sobre cómo la restauración, principalmente de forma asistida, puede mejorar.

Palabras clave: dispersión de semillas, grupos funcionales, limitación de procesos, restauración asistida, restauración pasiva



Establecimiento de *Euterpe edulis* Mart. bajo diferentes condiciones de cobertura forestal en un bosque degradado del Alto Paraná

Fabio Junior Miskinich¹, María Victoria Vázquez Salamone¹, Sara Rodríguez¹, Haroldo Silva²

¹ Universidad Nacional de Concepción, Facultad de Ciencias Agrarias, Concepción. Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: juniormiskinich@gmail.com

El Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) es una ecorregión reconocida como una de las más diversas del planeta; a pesar de su significancia en el equilibrio ecológico, este bosque es uno de los más amenazados del planeta. El palmito (*Euterpe edulis* Mart.) es una especie no maderable endémica de Brasil, Argentina y Paraguay; se distingue por su empleo en la extracción de palmito, la parte superior del cogollo, práctica actual que ha ocasionado el corte desmedido de las poblaciones naturales. Sin embargo, esta misma especie es clave en iniciativas de restauración de bosques nativos en el BAAPA. A pesar de este potencial, son pocos los datos disponibles sobre la introducción y el manejo de *E. edulis* en bosques degradados en el Paraguay. El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cobertura forestal sobre la supervivencia y el crecimiento inicial de *E. edulis* en un bosque degradado del (BAAPA). El experimento se llevó a cabo entre mayo y octubre de 2023 en un área de 0,5 hectáreas del Centro Ambiental de Itaipú Binacional, ubicado en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná. Se utilizó un diseño completamente al azar con parcelas subdivididas en un esquema bifactorial, en el cual el primer factor correspondió al tipo de dosel (abierto y cerrado) y el segundo, a los seis momentos de evaluación (0, 30, 60, 90, 120 y 150 días), configurando así un arreglo factorial 2 x 6, con 12 tratamientos resultantes de la combinación de ambos factores. La recolección de datos se realizó en áreas circulares delimitadas bajo ambos tipos de dosel, en los intervalos mencionados. Se registraron las siguientes variables: número de plantines vivos, altura total y número de hojas vivas por planta. Los datos fueron analizados mediante la prueba de Fisher al 5% de probabilidad y, en caso de diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey al mismo nivel de significancia. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre tipos de dosel para las variables número de plantines vivos, número de hojas y altura total. Asimismo, no se observaron diferencias significativas a lo largo del tiempo en el número de plantines vivos ni en la altura. Sin embargo, el número de hojas vivas por planta mostró incrementos significativos con el paso del tiempo. Se concluye que, durante los primeros meses posteriores a la plantación, los plantines de *E. edulis*, no presentan respuestas diferenciadas al tipo de cobertura forestal, aunque sí evidencian un desarrollo progresivo en el número de hojas vivas a lo largo del periodo evaluado.

Palabras clave: BAAPA, dosel cerrado, dosel abierto, *Euterpe edulis*



Clasificación fitosociológica de los bosques ribereños en la cuenca baja del Río Paraguay

Christian Vogt¹, Fátima Piris da Motta¹, Luis Rodrigo Vargas¹, Juan Venancio Benítez Núñez², Isaura Cantero², Luis Jorge Oakley³

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias Agrarias, Cátedra de Botánica, Zavalla, Santa Fe, Argentina.

Correspondencia: cvogt@facen.una.py

Los bosques ribereños son formaciones que se desarrollan a lo largo de los cursos de agua y su dinámica depende de las crecidas y bajadas de las aguas. Además de su valor paisajístico, funcionan como corredores biológicos, albergan una gran biodiversidad, estabilizan los bordes de los cauces, reducen la erosión y la velocidad del agua y mantienen la calidad del agua. La deforestación, el avance de la frontera agrícola y ganadera, el impacto de urbanizaciones y grandes obras de infraestructura interrumpen la continuidad de estos bosques en su extensión a lo largo del cauce hídrico, generando la fragmentación y la pérdida de biodiversidad. El objetivo del presente trabajo fue clasificar las comunidades vegetales de los bosques ribereños de la cuenca baja del Río Paraguay, teniendo en cuenta la composición florística y las características estructurales y ecológicas de los mismos. El estudio está basado en 80 inventarios fitosociológicos (según el método de Braun-Blanquet) realizados en los años 2020 a 2025 en los departamentos Central, Ñeembucú y Presidente Hayes. Se instalaron parcelas temporales de 100 m² en vegetación fisonómicamente homogénea, teniendo en cuenta gradientes ambientales y el estado de conservación del área. En cada parcela se anotaron los datos estructurales y ecológicos y se elaboró un listado de las especies por estrato (arbóreo, arbustivo y herbáceo) con datos específicos de cada una de ellas: fenología, forma de vida y grado de cobertura según la escala ampliada de Braun-Blanquet. Para el análisis de los datos se utilizaron software especializados como TURBOVEG, JUICE y CANOCO. Se presenta una clasificación fitosociológica preliminar de las comunidades vegetales de los bosques ribereños presentes en la cuenca baja del Río Paraguay. Las principales comunidades encontradas son: A) Comunidad con *Salix humboldtiana*, B) *Croton urucurana* - *Sapium haematospermum*, C) *Microlobius foetidus* - *Sebastiania brasiliensis*, D) *Albizia inundata* - *Ocotea diospyrifolia*, E) *Albizia inundata* - *Muellera sericea*, F) *Inga uraguensis* - *Chloroluma gonocarpa*, G) *Melicoccus lepidopetalus* - *Pisonia aculeata* y H) *Gleditsia amorphoides* - *Achatocarpus praecox*. Las mismas se encuentran a lo largo de un gradiente florístico relacionado a un gradiente de humedad entre áreas bajas afectadas por inundaciones prolongadas y zonas más elevadas. Diferencias del relieve y características edáficas juegan un importante rol en la distribución de las especies, porque influyen en forma decisiva las sedimentaciones, el drenaje y la disponibilidad de agua. Estos resultados son fundamentales para entender mejor la dinámica sucesional de los bosques ribereños, definir los ecosistemas de referencia para futuros proyectos de restauración ecológica y promover medidas que apoyen los procesos de recuperación y el uso sustentable de estos ecosistemas.

Palabras clave: bosques ribereños, método fitosociológico, comunidades vegetales, especies características, gradiente ambiental



Evaluación de la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en el Departamento de Cordillera a través de modelos predictivos

Diana Alejandra Fleitas Sosa¹, Larissa Rejalaga Noguera², Romy Ortiz², Manuel Enciso², Edgar Catalino Martínez Cardozo²

¹ GeoFire Consultora. Ñemby, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: diasosa99@gmail.com

La situación climática actual ha desencadenado condiciones que intensificaron la ocurrencia y propagación de los incendios forestales derivando así en el desarrollo de incidentes incontrolables e inmensamente peligrosos que han afectado sin excepciones a todos los continentes, resultando de esta manera ser una de las problemáticas ambientales más importantes de las últimas décadas, y por esto es que con el propósito de diseñar planes de acción o respuesta para estos eventos se busca desarrollar modelos predictivos que sirvan como herramientas útiles para la toma de decisiones. En este trabajo se estableció como objetivo evaluar la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales según las condiciones bioclimáticas del departamento de Cordillera usando Sistemas de Información Geográfica; y los objetivos específicos fueron desarrollar un modelo predictivo de áreas probables para la ocurrencia de incendios forestales; generar un modelo predictivo de áreas críticas para la ocurrencia de incendios forestales; y determinar el grado de exactitud de los modelos. En la metodología empleada para la elaboración del modelo predictivo se consideró dos niveles de análisis, donde se utilizaron las variables de temperatura, precipitación, velocidad del viento, pendiente, cobertura vegetal y focos de calor; en el primer nivel se representó cinco categorías que fueron las áreas con nula, baja, media, alta y muy alta probabilidad; y en el segundo nivel se generó dos categorías que fueron las áreas críticas y las áreas no críticas para la ocurrencia de incendios forestales. Para el análisis e interpretación de los datos procesados y de los resultados obtenidos se utilizó un conjunto de herramientas de estadística inferencial, se buscó determinar la correlación existente entre las variables independientes (Temperatura, Precipitación, Velocidad del Viento y Pendiente) y la variable dependiente (Número de focos de calor) aplicando las fórmulas de la Correlación de Pearson y de la Correlación de Spearman según el tipo de dato. Y para validar el modelo se evaluó específicamente el Modelo de Áreas Críticas estimando la tasa de falsos positivos/negativos, tasa de verdaderos positivos/negativos, el nivel de sensibilidad, el nivel de especificidad y la prueba de exactitud del modelo mediante la estimación de la Curva característica Operativa del Receptor (ROC). El modelo predictivo de áreas probables presentó un 50,11% del territorio clasificado con muy altas probabilidades de ocurrencia de incendios forestales; dejando a las categorías de probabilidad alta y media con valores de 34,37% y 9,29% del área del departamento respectivamente. En el modelo predictivo de áreas críticas para la ocurrencia de incendios forestales se registró un 6,81% de superficie con probabilidad crítica de ocurrencia de incendios forestales. Y la evaluación del modelo predictivo de áreas críticas con la prueba estadística de la curva ROC generó un valor de área bajo la curva de 0,70 que evidenció que el modelo tuvo una aceptable capacidad predictiva. Con los resultados obtenidos en el estudio se pudo identificar la posibilidad de aplicación de esta metodología como herramienta para el desarrollo de planes de acción en torno a la prevención, control y mitigación de los incendios forestales en el Departamento de Cordillera.

Palabras clave: Incendios forestales, variables bioclimáticas, modelos predictivos, áreas probables, áreas críticas



Almacenamiento de Carbono en la biomasa de un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina*

Maura Isabel Díaz Lezcano¹, María Paz López Mereles¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹, Rubén Pérez¹, Romina Araceli Falcón Benítez¹, Andrea Melani Cañete Caballero¹, Paola Alonso¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

La estimación de biomasa y Carbono en especies forestales nativas constituye una herramienta clave para cuantificar su aporte a la mitigación del cambio climático. En este contexto, *Peltophorum dubium* (yvya pyta) y *Anadenanthera colubrina* (kurupa'y kuru), representan especies de interés en Paraguay debido a su valor ecológico y forestal. El objetivo de la presente investigación fue estimar el almacenamiento de Carbono en la biomasa de un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina*. Se realizó un inventario forestal en un rodal de *P. dubium* y *A. colubrina* establecido en el año 1990 en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, considerando todos los individuos con un DAP igual o mayor a 10 cm, midiendo diámetro a la altura del pecho, altura total y altura de fuste, considerándose el factor de forma propuesto por Hutchinson (0,775), densidad de la madera de las especies estudiadas (840 y 1030 kg/m³, respectivamente) y factor de expansión de biomasa de Wolf (3,4). La biomasa total almacenada fue estimada sumando la biomasa aérea y la radicular, para ello fueron utilizados los datos obtenidos con las mediciones a campo y las constantes extraídas de la literatura de referencia. Para la determinación del Carbono forestal se multiplicó el valor de la biomasa total por el factor de 0,5. Fueron medidos 67 árboles en total, equivalente a 319 individuos/ha. Los individuos de *Peltophorum dubium* presentaron diámetros entre 10 y 55 cm y altura total promedio de 18 m, mientras que los de *Anadenanthera colubrina* variaron entre 10 a 70 cm con altura total promedio de 15 m. El rodal almacenó un total de 589,18 t/ha de biomasa (550,33 t/ha aérea y 38,85 t/ha radicular), lo que equivale a 299,58 t/ha de Carbono. De esta cantidad, el 21% correspondió a *Peltophorum dubium* y el 79% a *Anadenanthera colubrina*, diferencia que se explica en parte por el mayor DAP promedio de esta última especie. Las plantaciones mixtas de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina* representan una alternativa forestal con potencial para mitigar los gases de efecto invernadero mediante el almacenamiento de Carbono en su biomasa.

Palabras clave: inventario forestal, kurupa'y kuru, yvya pyta, ecuaciones alométricas



Cronosecuencia del almacenamiento de Carbono en el Bosque Atlántico del Alto Paraná, Paraguay

Stella Amarilla¹, Fernando Casanoves^{2,3}, Alberto Yanosky¹, Rubén Caballero⁴, Laura Lombardo³, Carlos José Flores³

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad de la Amazonia, Doctorado en Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Colombia.

³ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.

⁴ Itaipú Binacional, División de Áreas Protegidas, Dirección de Coordinación Ejecutiva. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: stella.amarilla@agr.una.py

Los bosques subtropicales representan importantes reservorios de biomasa y Carbono, que deben ser estudiados en contextos locales y regionales para reducir la incertidumbre de su variación. El objetivo de la investigación fue estimar el almacenamiento de Carbono a través del tiempo (cronosecuencia), en Parcelas Permanentes de Monitoreo de la Biodiversidad del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA). El estudio se realizó en 14 parcelas permanentes de monitoreo (PP) ubicadas en áreas protegidas bajo la gestión de Itaipú Binacional y del Instituto Forestal Nacional (INFONA), con inventarios realizados entre 1994 y 2018 (24 años), totalizando 53 mediciones. Los análisis fueron realizados a través de modelos lineales mixtos para datos longitudinales, mediante InfoStat con R, donde los datos de Carbono en la biomasa aérea se sumaron para cada individuo en la parcela y cada uno de los años de evaluación para obtener la biomasa aérea viva a nivel de parcela. El número y la frecuencia de evaluaciones en el tiempo fue diferente para cada uno de los sitios y sus parcelas, pero el tamaño y la forma fue igual en las 14 parcelas (100 m × 100 m) totalizando 1 ha, divididas en 25 subparcelas de 20 m × 20 m (400 m²). En todos los inventarios realizados en los ocho sitios, el levantamiento de datos consideró individuos arbóreos con DAP ≥ 10 cm, aplicación de ecuaciones alométricas específicas para el BAAPA y fracción de Carbono 0,47 según IPCC. Se analizaron casos con variación, pérdidas y ganancias de biomasa y Carbono, entre mediciones. De las 14 PP, sólo dos de ellas (Limoy 2 e Itabo 2) registraron variación de biomasa de -2 Mg ha⁻¹ (en 19 años) y -48 Mg ha⁻¹ (23 años). En los demás casos se registraron ganancias de biomasa, la parcela Yrendy con 66 Mg ha⁻¹ (9.4 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en 7 años) y Limoy 1 también con 66 Mg ha⁻¹ (3,5 Mg ha⁻¹ año⁻¹ en 19 años). La parcela Itabo 3 con 32 Mg ha⁻¹ en 18 años, Carapá 26 Mg ha⁻¹ en 18 años, Tati Yupí 23 Mg ha⁻¹ en 21 años, Itabo 1 con 18 Mg ha⁻¹ en 23 años, Itabo 4 con 18 Mg ha⁻¹ en 18 años y la parcela Pikyry con 14 Mg ha⁻¹ en 5 años. La variación de biomasa en general a nivel de los sitios fue de 323 a 73 Mg ha⁻¹ (173 a 34 Mg C ha⁻¹) considerando los últimos años de medición. Estos resultados señalan valores similares o superiores de almacenamiento de Carbono reportados para la región y similares a valores promedios registrados para bosques secundarios del país. Todas las parcelas analizadas corresponden a bosques secundarios en estado de recuperación que evidencian un potencial de almacenamiento de Carbono importante, que debe ser mejorado con estrategias de manejo adaptativas, que optimice la capacidad ecosistémica del almacenamiento, con esquemas de monitoreo que mejoren las condiciones del bosque ante situaciones cambiantes. Además, nuevas líneas de investigación desde la ecología y la diversidad funcional de plantas para informar con mayor precisión de su contribución en la provisión de servicios ecosistémicos relevantes para el país.

Palabras clave: Biomasa, Carbono, manejo adaptativo, áreas protegidas, servicio ecosistémico



Determinación de las variables dasométricas de un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina*

Maura Isabel Díaz Lezcano¹, María Paz López Mereles¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Gustavo Adolfo Ayala¹, Esteban Isrrael Moreira Rivas¹, Oscar Sebastián Colmán Sosa¹, Mónica Belén González Maciel¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

Las variables dasométricas permiten describir la estructura del bosque, por lo que el análisis de éstas es esencial para evaluar el desarrollo estructural y productivo de especies forestales en las plantaciones. En este estudio se analizaron dos especies nativas del Paraguay: yvyra pyta (*Peltophorum dubium*) y kurupa'y kuru (*Anadenanthera colubrina*), ambas de la familia Fabaceae. Esta investigación tuvo por objetivo determinar las variables dasométricas de un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina*. Se realizó un inventario forestal en un rodal de *Peltophorum dubium* y *Anadenanthera colubrina* establecido en el año 1990 en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, considerando todas las especies forestales con un DAP igual o mayor a 10 cm, midiendo diámetro a la altura del pecho, altura total y altura de fuste, para la determinación de los valores de área basal, volumen de fuste y biomasa total, considerándose el factor de forma propuesto por Hutchinson (0,775), densidad de la madera de las especies estudiadas (840 y 1030 kg/m³, respectivamente) y factor de expansión de biomasa de Wolf (3,4). Se calcularon el área basal, el volumen de fuste y total, además de biomasa total con base a los datos colectados a campo y constantes extraídos de la literatura de referencia. En el inventario forestal realizado se observó que el DAP promedio de *Anadenanthera colubrina* (36,4 cm) fue mayor que el de *Peltophorum dubium* (25,6 cm), esto se vió reflejado en todas las variables dasométricas estudiadas. Las variables dasométricas determinadas en el rodal en estudio arrojaron los siguientes valores: área basal, 29,4 m²/ha, volumen de fuste de 177,47 m³/ha, volumen total de 414,19 m³/ha, y biomasa total de 608,23 t/ha. Los resultados obtenidos en el inventario forestal mostraron que *Anadenanthera colubrina* presentó los valores más altos en todas las variables dasométricas, esto pudo deberse a que su DAP promedio fue superior al de *Peltophorum dubium*, al igual que su altura total, volumen de fuste y biomasa total. Dados los valores dasométricos obtenidos se concluye que estas especies forestales nativas podrían constituir una alternativa para programas y proyectos de forestación y reforestación en Paraguay.

Palabras clave: DAP, área basal, volumen, especies forestales nativas



Determinación de las variables dasométricas de un rodal de *Amburana cearensis*

Maura Isabel Díaz Lezcano¹, María Paz López Mereles¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹, Rubén Pérez¹, Esteban Israel Moreira Rivas¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Gustavo Adolfo Ayala¹, Matias A. Acosta Machado¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

Amburana cearensis es una especie categorizada en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). La baja densidad poblacional de *A. cearensis* se debe principalmente a la deforestación de su ambiente natural y a la explotación de la que es objeto esta especie, sumado a su lento crecimiento, por ello, surge la necesidad de determinar sus variables dasométricas. La comprensión de las dinámicas de las masas forestales es fundamental para su correcta gestión y ordenación, en ocasiones no basta con un inventario cualitativo, siendo necesaria una valoración cuantitativa, mediante la estimación de variables dasométricas. En este contexto, estas variables son fundamentales para la gestión sostenible de los bosques, la evaluación de recursos forestales y la investigación científica. El objetivo de este estudio fue determinar las variables dasométricas de un rodal de *Amburana cearensis*. Se realizó un inventario forestal de un rodal de *Amburana cearensis* (trébol) en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Este rodal fue establecido en el año 1989 y cuenta con una superficie de 1500 m². Fueron medidos todos árboles con un DAP igual o mayor a 10 cm, midiendo diámetro a la altura del pecho, altura total y altura de fuste, para la determinación de los valores de área basal, volumen de fuste y biomasa aérea, considerándose el factor de forma propuesto por Hutchinson (0,775), densidad de la madera (600 kg/m³) y factor de expansión de biomasa de Wolf (3,4). El inventario forestal llevado a cabo permitió medir 46 individuos (307 individuos/ha), con un rango de DAP entre 10,3 y 36 cm, altura de fuste promedio de 3 m, y determinar las variables dasométricas siguientes: área basal igual a 10,2 m²/ha, volumen total y de fuste estimado 119,81 y 29,29 m³ t/ha, respectivamente. La biomasa aérea estimada fue de 59,72 t/ha. En conclusión, el análisis dasométrico del rodal de *Amburana cearensis* mostró una productividad forestal moderada, a su vez este estudio constituye un aporte para la adecuada comprensión de los procesos naturales su crecimiento con miras a diseño de estrategias en programas de conservación y restauración forestal.

Palabras clave: *Amburana cearensis*, especie en peligro de extinción, inventario forestal



Carbono almacenado en la biomasa de un rodal de *Amburana cearensis*

Maura Isabel Díaz Lezcano¹, María Paz López Mereles¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Gustavo Adolfo Ayala¹, Belén Arami Sánchez Apud¹, Sebastián David Cantero¹, Andrea C. Escobar Torres¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

El Carbono almacenado en la biomasa de los árboles, que incluye la biomasa aérea y subterránea, constituye un potencial de reserva de Dióxido de Carbono. En este contexto, el establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas del Paraguay, como *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. (trébol), constituye una alternativa para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero. El análisis de estos resultados es relevante a la hora de tomar decisiones en programas de restauración ecológica, manejo forestal sostenible y estrategias de compensación de emisiones. Este trabajo tuvo como objetivo estimar el almacenamiento de Carbono en la biomasa de un rodal de *Amburana cearensis*. Se realizó un inventario forestal de un rodal de trébol establecido en el año 1989 en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, considerando todos los individuos con un DAP igual o mayor a 10 cm, midiendo diámetro a la altura del pecho, altura total y altura de fuste, para la determinación de los valores de área basal, volumen de fuste y biomasa total, considerándose el factor de forma propuesto por Hutchinson (0,775), densidad de la madera estudiadas (600 kg/m³), factor de expansión de biomasa de Wolf (3,4), factor de conversión de biomasa a carbono (0,5) y dióxido de carbono equivalente (3,667). El rodal cuenta con una superficie de 1500 m². Las variables estudiadas fueron: Carbono aéreo, radicular y total, además del CO₂ eq. Se midieron 46 árboles (equivalente a 307 individuos/ha), con un promedio de diámetro de 19 cm y una altura total de 14 m. El valor estimado de contenido de la biomasa y el almacenamiento de Carbono forestal del rodal de *Amburana cearensis* fue de 63,94 y 31,97 t/ha respectivamente. El 93% de la biomasa total almacenada en el rodal corresponde a la biomasa aérea y el restante 7% atribuible a la biomasa radicular. El CO₂ eq estimado fue 117, 23 t/ha. A modo de conclusión, las plantaciones de especies forestales nativas del Paraguay como *Amburana cearensis* constituyen una alternativa para contribuir a la captura de dióxido de carbono y su almacenamiento en la biomasa, estableciéndose como sumidero natural.

Palabras clave: trébol, dióxido de carbono, inventario forestal



Evaluación de crecimiento de *E.urophylla* x *E. camaldulensis* con fines energéticos en parcela de restauración del paisaje forestal

Fatima Moreno¹, Irian Jesús Dolinzky Arrúa¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Victoria Rika Kubota², Haroldo Silva², Alexandra Perrone¹, Alba Liz González¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: fatimoreno03@gmail.com

En Paraguay, la deforestación y degradación de los bosques es una problemática actual, que conlleva a la pérdida de especies nativas y biodiversidad afectando de manera significativa el ciclo natural de estos ecosistemas. En este aspecto, la restauración del paisaje forestal funciona como una herramienta que puede permitir la recuperación de dichos ecosistemas devolviéndole funcionalidad y beneficio a las personas. Especies exóticas no invasoras pueden funcionar como especies facilitadoras en procesos de restauración forestal, ayudando a recuperar parte de la inversión realizada. Es por eso que se plantea como objetivo analizar el crecimiento del *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis* a los 48 meses en un modelo de restauración forestal establecido con fajas de conservación y aprovechamiento. La parcela experimental, localizada en Hernandarias, departamento de Alto Paraná, se encuentra a cargo de la división de Acción Ambiental de la Superintendencia de Gestión Ambiental de Itaipú Binacional. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El modelo de restauración se estructura en 5 bloques con 8 tratamientos distribuidos completamente al azar, donde cada unidad experimental mide 1.080 m², con fajas de conservación y producción. El estudio se centra en el tratamiento 2 conformado por el clon de *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis* (VM01) con fines energéticos dentro de las fajas de aprovechamiento. La evaluación del crecimiento de *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis* se realizó mediante la medición de variables dendrométricas como diámetro a la altura del cuello (DAC), altura total (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP) a los 48 meses de la plantación, donde se evaluaron los promedios. Los valores promedio para cada variable analizada fueron: DAC 202,90 mm; H 17,15 m; DAP 15,60 cm. Estos resultados demuestran que la especie *Eucalyptus urophylla* x *camaldulensis* podría presentar un crecimiento óptimo y acelerado en un periodo corto en cuanto a producción forestal se refiere, respecto a las variables dendrométricas estudiadas en esta investigación y podría dar un retorno económico rápido para compensar la inversión realizada en la implementación de un proyecto de restauración forestal. El análisis de variables de medición de las especies dentro de un modelo de restauración del paisaje forestal sugiere un resultado favorable en cuanto al crecimiento y desarrollo de esta especie con fines energéticos. No obstante, es fundamental mantener un monitoreo continuo de las variables dendrométricas, así como de otros factores a largo plazo, para evaluar de manera integral el impacto de dicha especie en las restauraciones forestales.

Palabras clave: restauración forestal, crecimiento, fines energéticos



Riqueza florística en tres zonas urbanas del Área metropolitana de Asunción, departamento Central del Paraguay

Pedro Fernando Sosa Lezcano¹, María Vera¹, María Elena Torres Ruíz Díaz¹,
María Belén Barreto Cáceres¹, Norma Cristina Araujo González¹, Yanina Duarte¹,
Griselda Inés Zárate Betzel¹, Violeta Ayala¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maridavera@gmail.com

La diversidad florística en áreas urbanas constituye un componente esencial para el equilibrio ecológico, la calidad ambiental y el bienestar social, especialmente en contextos de creciente expansión urbana. El departamento Central del Paraguay, se caracteriza por ser un mosaico de ecosistemas que incluyen cuerpos de agua, humedales, sabanas hidromórficas y formaciones boscosas, presenta zonas urbanas donde la vegetación natural coexiste con áreas intervenidas y espacios verdes recreativos. El presente estudio tuvo como objetivo analizar la diversidad y composición de familias botánicas en tres sitios ubicados en zonas urbanas del departamento Central del Paraguay: el barrio cerrado Ecos del Lago (Areguá), el Club Deportivo Mbiguá (Asunción), y el Parque Guasú Metropolitano (Luque) en el marco del Proyecto Biodiversidad Urbana de Asunción y Departamento Central medida a través de sus sonidos: una aproximación al estudio del paisaje sonoro. Se empleó la metodología de Evaluación Ecológica Rápida (EER) con apoyo en los criterios de clasificación vegetal de Mereles (2007) y Spichiger et al. (1991). Se realizaron recorridos y se establecieron estaciones de muestreo georreferenciadas en cada sitio de estudio. Durante los relevamientos se observaron y describieron las formaciones vegetales y se identificaron especies. En el listado general se clasificaron los especímenes en nativos y exóticos, aunque para el presente análisis se tuvieron en cuenta todas las especies. Esto permitió identificar las familias botánicas presentes en cada área y caracterizar las formaciones vegetales observadas, reconociendo patrones de transición entre vegetación acuática, vegetación costera palustre, sabanas y formaciones boscosas dispersas, condicionadas por factores como la hidrología, el uso del suelo y diferentes actividades antrópicas en las áreas. Estas áreas presentan distintos grados de intervención antrópica y variedad de ambientes, desde humedales y sabanas hasta formaciones boscosas urbanas, donde coexisten especies nativas y exóticas. Se observó una marcada predominancia de especies de la familia Fabaceae (23), especialmente en formaciones boscosas. Le siguieron en abundancia las Poaceae (18), dominantes en las formaciones palustres costeras, y las Asteraceae (14), presentes como vegetación pionera tanto en ambientes costeros como boscosos. En el análisis por sitio, en Ecos del Lago se registraron 90 especies distribuidas en 45 familias botánicas. En el Club deportivo Mbiguá se identificaron 63 especies pertenecientes a 25 familias, mientras que en el Parque Guasú Metropolitano se contabilizaron 56 especies agrupadas en 33 familias botánicas. También se observó la presencia de especies invasoras, en procesos de colonización específicamente con *Leucaena leucocephala* en el Parque Guasú Metropolitano. Este trabajo busca destacar la importancia de la conservación de la biodiversidad para el sostenimiento de servicios ecosistémicos en contextos urbanos.

Palabras clave: AMA, riqueza, sabanas, formaciones boscosas, vegetación pionera



Selección de materiales genéticos de *Eucalyptus grandis* y *Corymbia torelliana* para propagación clonal en vivero

Enrique Asterio Benítez León¹, Blanca Elizabeth Hospital Cardozo¹, Andrea Magali González Argimón¹, Lourdes González Soria¹, María Carolina Escobar Ortiz¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: ebenitezleon@agr.una.py

La selección de una planta matriz en el campo se realiza basado en características deseables y su vigor vegetativo, generalmente superior a otros árboles de la población, a partir de esta selección se constituirán los futuros clones. En el proceso de selección se consideran características como resistencia a enfermedades, forma rectilínea y ausencia de otras anomalías en el fuste, estos criterios varían de acuerdo a la finalidad. La selección adecuada es esencial para la obtención de clones de alta productividad y resistentes a condiciones adversas. El objetivo del trabajo fue evaluar la capacidad de formación de plantas madre de materiales seleccionados de *Eucalyptus grandis* y *Corymbia torelliana*. El trabajo se desarrolló en plantaciones ubicadas en el distrito de Cnel. Maciel (Caazapá). Fueron seleccionados árboles de *Eucalyptus grandis* y *Corymbia torelliana* (cuatro árboles de cada especie) para la obtención de brotes, formación de plantas madre en minijardín clonal y su posterior colecta y producción de plantas en el vivero. Se procedió a la selección de los árboles teniendo en cuenta características como: ausencia de signos de enfermedades y ataque de plagas, forma rectilínea y ausencia de otras anomalías en el fuste. Los árboles fueron apeados en octubre de 2019 y luego de 84 días se procedió a la colecta de brotes emitidos para su propagación en vivero. Con las plantas propagadas, se procedió a las podas de formación de las plantas madres en canaletones de fibrocemento, para inducir la emisión de brotes que posteriormente fueron colectados durante seis meses (~cada 30 días, de abril a septiembre de 2020). En esta etapa se utilizó, para cada especie, un diseño completamente al azar en factorial 4 x 6 (4 árboles de *E. grandis* y 4 de *C. torelliana*) y 6 periodos de colecta de minibrotes. Se evaluaron la sobrevivencia de brotes y el número de minibrotes producidos por planta madre. Fue utilizado un sustrato comercial a base de turba y cascarilla de pino compostada, al mismo fue agregado 5 g.L⁻¹ de fertilizante de liberación controlada. Para *E. grandis* se pudo observar que, de los cuatro árboles seleccionados en campo, solo tres emitieron brotes y fueron llevados a vivero. En relación al porcentaje de sobrevivencia de los minibrotes colectados en vivero, este varió entre 77% y 19%. Para *C. torelliana*, de los cuatro árboles seleccionados en campo solo dos emitieron brotes y fueron llevados a vivero. Para el porcentaje de sobrevivencia de los brotes en vivero, este varió entre el 39% y 5%. La producción de minibrotes para *E. grandis* varió entre 4,5 (material menos productivo) y 8,10 (material más productivo), esto distribuido en una producción promedio, mínimo de 0,98 y, máximo de 12,58 minibrotes, en las seis colectas realizadas. *C. torelliana* no logró emitir minibrotes adecuados para la producción de mudas. Con este trabajo, fue posible evidenciar que no todos los árboles seleccionados en campo para la especie *E. grandis* poseen capacidad para emitir brotes, mientras que los individuos seleccionados de la especie *C. torelliana* tiene bajo potencial de emisión de brotes.

Palabras clave: propagación clonal, *Eucalyptus*, *Corymbia*, vivero clonal, mudas forestales



Evaluación del biodeterioro de la madera de dos híbridos de *Eucalyptus* frente a la acción del hongo xilófago *Pleurotus ostreatus*

Jefferson Rolando Stumm Arias¹, Samuel Villalba¹, Verónica Villalba¹, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Rosalía Fernández¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: jstummarias@gmail.com

La biodegradación de la madera es un proceso natural con implicaciones ecológicas, económicas y tecnológicas. Aunque este fenómeno cumple un rol esencial en los ciclos biogeoquímicos, también representa un problema para las industrias que utilizan este material. Esto se debe a que organismos xilófagos, especialmente hongos, pueden deteriorar estructuras, muebles o productos de madera, generando pérdidas económicas significativas. La resistencia de la madera al ataque de estos organismos depende de factores climáticos, composición anatómica y su contenido de extractivos, los cuales varían entre especies. Por ello, comprender los mecanismos de degradación no solo es clave para prevenir daños en usos estructurales, sino también para desarrollar estrategias que equilibren su aprovechamiento y protección. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto protector del tratamiento químico con arseniato de cobre cromatado (CCA) y la durabilidad natural de la madera de los híbridos *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* y *Eucalyptus urophylla* × *E. camaldulensis* frente a la acción del hongo xilófago *Pleurotus ostreatus*, saprótrofo que se alimenta de madera causando una podredumbre blanca. Fueron analizadas maderas provenientes del departamento de Caazapá, Paraguay, de las que se extrajeron probetas con las dimensiones: 1,5 x 1,5 x 2 cm. El acondicionamiento de probetas fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Madera y Derivados de la Carrera de Ingeniería Forestal y la incubación del hongo sobre la probeta en el Laboratorio de semillas de la FCA/UNA. El hongo fue proveído por el Laboratorio de Micología de la FACEN/UNA. El diseño adoptado fue de carácter experimental factorial 2 x 2 completamente al azar con 5 repeticiones en cada tratamiento, teniendo en cuenta los dos híbridos de *Eucalyptus* y las dos condiciones de la madera que consistieron en madera natural y madera con producto preservante químico. La variable estudiada fue porcentaje de pérdida de masa luego de la exposición al hongo según el método de ensayo mencionado en la Norma Europea EN 113:1996, que se basa en desarrollar cepas de hongos en un medio de cultivo y poner en contacto con la madera durante 16 semanas. Se aplicó análisis de varianza con un 95% de probabilidad con el programa estadístico Statgraphics Centurion. La clasificación de los resultados se realizó en base a la norma ASTM D-2017 que clasifica las clases de resistencia frente a hongos. Los resultados indican que el T2 (E. urocam+CCA) obtuvo la media más baja de pérdida de masa 6,44% en comparación con los otros tratamientos, lo que sugiere una mayor resistencia al hongo. En cambio, el T3 (E. urograndis natural) y T1 (E. urocam natural) mostraron las mayores pérdidas de masa, sin diferencias significativas entre ellas con un 8,36% y 8,13% respectivamente. El T4 (E. urograndis+CCA) ocupó una posición intermedia con una pérdida de 6,93%. El análisis de varianza reportó que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados a la madera no así entre los híbridos. Esta investigación demuestra estadísticamente que el CCA aumenta de manera considerable la resistencia de la madera de los híbridos frente al ataque del hongo xilófago. Aunque no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los dos híbridos analizados, se observó un impacto beneficioso del tratamiento protector, siendo la aplicación de CCA en las muestras de *E. urophylla* × *E. camaldulensis* (T2) la que mostró la menor reducción de masa (6,44%) en comparación con las muestras de madera sin producto preservante (T1 y T3). De acuerdo a la norma ASTM D-2017 los resultados de los cuatro tratamientos corresponden a la categoría altamente resistente frente al hongo *Pleurotus ostreatus*.

Palabras clave: pérdida de masa, durabilidad natural, CCA, pruebas aceleradas



Evaluación de especies de cobertura en un modelo de restauración del paisaje forestal

Sahori Yegros¹, Claudia Guadalupe Salcedo Rivas¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Alba Liz González¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: sahominerva29@gmail.com

La restauración del paisaje forestal es una estrategia clave para recuperar áreas degradadas, además busca restaurar ecosistemas forestales auto sostenibles, capaces de ofrecer beneficios tanto para las personas como para la biodiversidad. Dentro de este proceso las especies de cobertura cumplen un rol estratégico cuando trabajamos bajo el enfoque de alta diversidad en grupos funcionales. Este método utiliza el grupo de especies de cobertura, las cuales poseen un buen crecimiento en altura y una copa amplia, proporcionando rápidamente sombra al área plantada o en regeneración; las especies de diversidad son todas las demás especies no incluidas en el grupo de cobertura. Es necesario elegir especies que realicen satisfactoriamente la función de cubrir el suelo en un corto espacio de tiempo, pero simultáneamente, mantengan este suelo cubierto por el mayor tiempo posible, proporcionando condiciones para que las especies finales de la sucesión y otras formas de vida se recluten dentro del área cubierta, ya sea en los casos en que estas especies se implantaron, o en aquellos en los que se regeneraron naturalmente. El objetivo de este estudio fue evaluar el área de copa de especies de cobertura utilizadas en un modelo de restauración forestal. El área de estudio se encuentra dentro de las parcelas experimentales de Itaipú Binacional, localizada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná. Dichas parcelas experimentales se encuentran bajo la responsabilidad de la División de Acción Ambiental de la Superintendencia de Gestión Ambiental de Itaipú Binacional. Esta iniciativa forma parte de las actividades de monitoreo desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la FCA-UNA. La parcela está estructurada en cinco bloques con ocho tratamientos distribuidos al azar, donde cada unidad experimental cuenta con 1.080 m². Para este estudio se tomó como referencia el tratamiento cinco, en el cual se encuentran plantadas especies nativas para fines energéticos, a fin de evaluar el área de copa de las especies de cobertura, entre las cuales se encuentran: El *Croton urucurana* (Sangre de drago), *Heliocarpus popayanensis* (Apeyva), *Mimosa bimucronata* var. *bimucronata* (Jukerí'i), *Schinus terebinthifolia* (Molle'i) y *Solanum granulosum-leprosum* Dunal (Hu'i moneha). Con los datos obtenidos de las mediciones que se realizaron a los 48 meses de la plantación se realizó un inventario donde se estimó el área de copa de dichas especies, llegando así a que la *Mimosa bimucronata* (Jukerí'i) se destacó por presentar el mayor promedio de área de copa, 14,2 m², consolidándose como una especie prometedora en términos de cobertura rápida y efectiva del suelo. Por otro lado, *Heliocarpus popayanensis* (Apeyva) mostró un desarrollo de copa considerablemente menor, 0,82 m², lo que sugiere un papel más limitado en esta función específica. Estos resultados refuerzan la importancia de seleccionar cuidadosamente las especies de cobertura, considerando no sólo su origen nativo y valor ecológico, sino también su funcionalidad dentro del proceso de restauración. A través de este estudio, se generó evidencia útil que puede orientar decisiones técnicas y fomentar modelos de restauración más eficaces y sostenibles para los ecosistemas degradados del Paraguay.

Palabras clave: área de copa, especies nativas, modelos de restauración forestal



Ecuaciones hipsométricas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay

Alejandra Micaela Mendoza Rober¹, Maria Laura Quevedo Fernandez¹, Haroldo Silva², Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Alexandra Perrone¹, Alexander Abdel Fleitas Saucedo¹, Luis Guillermo Estela Colmán¹, Victoria Kubota²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: almimerro01@gmail.com

Las ecuaciones hipsométricas constituyen una herramienta esencial en los estudios de dinámica y evaluación forestal, ya que permiten estimar la altura de los árboles a partir de variables de fácil medición, como el diámetro a la altura del pecho (DAP). Su aplicación permite optimizar el monitoreo del crecimiento de las especies introducidas, reduciendo el esfuerzo y los costos asociados a la medición directa de la altura, es por eso que el objetivo de este estudio fue ajustar, evaluar y seleccionar la mejor ecuación de altura para una plantación de *Eucalyptus* asociada a especies nativas en una Parcela Experimental de Restauración del Paisaje Forestal. El área de estudio perteneciente a Itaipú Binacional la cual se denomina “Modelos de restauración forestal para uso sostenible en la ecorregión del BAAPA, Paraguay” con una superficie de 2.700 m², se encuentra situada en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná en la ecorregión Bosque Atlántico del Alto Paraná. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Para la obtención de datos se realizó un raleo a los 36 meses de plantación donde fueron apeados 56 árboles híbridos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake x *E. grandis* W. Hill de forma sistemática seguida de selectiva (raleo mixto), los árboles fueron cubificados para la obtención de la altura total en metros y previamente con el inventario realizado fueron obtenidos los datos de diámetro a la altura del pecho. Con los datos obtenidos de la cubicación, fueron ajustados los modelos de Campos y Leite, Assmann y Linear. La ecuación que presentó mejor ajuste fue la de Campos y Leite arrojando valores como 0,33 para el coeficiente de determinación ajustado y 0,86 para el error estándar de la estimación. Las ecuaciones hipsométricas son herramientas esenciales en restauración forestal, ya que permiten estimar la altura de los árboles a partir del DAP, así como también facilitan el monitoreo del crecimiento y la estimación de biomasa y Carbono, por lo tanto, su uso optimiza el manejo técnico y contribuye a evaluar la recuperación ecológica del sitio, a su vez los resultados obtenidos son importantes ya que son uno de los primeros obtenidos en plantaciones de eucaliptos asociados con especies nativas para el país.

Palabras clave: estimación, altura, híbridos, ajuste



Diagnóstico del arbolado de la avenida y ciclovia Dr. Guido Boggiani, Asunción

Carmen Patricia Imas Alegre¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Ana Paola Gaona Agüero¹, Manuel Enciso, Mirtha Vera¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: anaaguerogaona@gmail.com

La avenida y ciclovia Dr. Guido Boggiani está ubicada estratégicamente en la ciudad de Asunción, constituye una importante infraestructura urbana que brinda funcionalidad y presta bienes y servicios a través del arbolado que contiene, siendo este el motivo de su necesaria valoración y gestión. El diagnóstico del arbolado debe regirse por criterios técnicos y de planeación. Por eso, es preciso reconocer la situación actual y los errores en el manejo de la arborización para que cualquier acción futura minimice estos efectos y pueda contribuir a contrarrestar los problemas ambientales y de paisaje. El objetivo del estudio fue diagnosticar el estado del arbolado de una parte de la Avenida y ciclovia Dr. Guido Boggiani de la ciudad de Asunción. Fueron registrados datos de una sección de 10 cuadras de la mencionada avenida y ciclovia dentro de las intersecciones de la Avenida Eusebio Ayala y RI 2 Ytororo. Se realizó la identificación botánica de los árboles considerando su origen (especies nativas o exóticas), midiéndose la altura total de cada individuo y su diámetro a la altura de pecho (DAP) a partir de 10 cm, además del registro de variables cualitativas como estado sanitario, conflicto con el entorno, porte del árbol y grado de afloramiento de raíz. Se registró un total de 349 individuos y 26 especies distribuidas en 13 familias botánicas, siendo la familia Fabaceae la más representativa. Además, la especie con mayor representación fue *Triplaris* sp. La clase de diámetro y de altura más representativa en ambos casos fue la clase II de DAP (20,1-30 cm) con 38,5% de individuos, y la clase II de altura (4,1-10 m) con 64% de los individuos. El estado sanitario bueno se reflejó en el 57% de los individuos con un vigor medio y saludable, y el estado regular en el 29% de los individuos que presentan en su mayoría un severo ataque por insectos, enfermedades o daños mecánicos afectando su arquitectura. Dentro del estado regular se ha registrado a la especie *Triplaris* sp. afectada por un fuerte ataque de termitas. El 80% de los individuos del área de estudio no se encuentra en conflicto con ningún elemento de la infraestructura urbana, tal como carteles y líneas de distribución de energía eléctrica. Respecto al porte del árbol, el fuste con mayor predominio fue de porte corto e irregular y se contempla en un 32% de los individuos. Por último, el 43% de los individuos presenta el grado de afloramiento de raíz ligero, observado cuando el pavimento presenta pequeñas grietas a causa de raíces poco profundas. Considerando la importancia de esta investigación se concluye que el arbolado del área de estudio se encuentra en un estado regular a bueno.

Palabras clave: arbolado, especies, altura, diámetro, variables cualitativas



Modelos matemáticos para estimación de volumen individual en un rodal de *Pinus taeda* L. en Itacurubí de la Cordillera, Paraguay

Fabián Gustavo Duré Domínguez¹, Lourdes Patricia Elias Dacosta¹,
Manuel Enciso¹, Mirtha Vera¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: patricia.elias@agr.una.py

Los modelos matemáticos constituyen herramientas fundamentales en el inventario forestal, ya que permiten estimar parámetros como el volumen individual a partir de variables de fácil medición, optimizando tiempo y recursos. El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad predictiva de modelos de volumen en un rodal de *Pinus taeda* L. de 23 años de edad. El registro de datos se realizó en un rodal de 3,15 hectáreas, ubicado en el Distrito de Itacurubí de la Cordillera, Paraguay. Se instalaron siete parcelas circulares de 500 m² registrándose el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de todos los árboles vivos. Para la construcción de los modelos se cubicaron 54 árboles distribuidos en nueve clases diamétricas, empleando el relascopio de Bitterlich. Se ajustaron 12 modelos matemáticos de volumen individual con corteza, incluyendo formas aritméticas y logarítmicas de una y doble entrada. La selección del mejor modelo se basó en el coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{aj.}$), el coeficiente de variación (CV%), el error estándar de la estimación (S_{yx}) y el análisis gráfico de residuos. Se pudo observar que los modelos analizados poseían un buen ajuste en cuanto a todos sus criterios. Los mismos fueron muy similares tanto para los modelos de una y dos entradas, así como para los aritméticos y logarítmicos. Para estimar el volumen individual con corteza de *Pinus taeda* L. del rodal estudiado fue seleccionado el modelo de Spurr forma logarítmica $\ln v = -10,10442 + 1,018366 \ln d^2 h$, considerando el buen ajuste del $R^2_{aj.}$ de 0,978, el S_{yx} de 0,03, un CV% de 9,4% y el análisis gráfico de los residuos. El modelo matemático seleccionado para la especie *Pinus taeda* L. en el lugar de estudio es una buena herramienta para generar valores eficientes de volumen individual ofreciendo una buena precisión para estimar dicha variable en relación a su diámetro y altura.

Palabras clave: *Pinus taeda* L., modelos matemáticos, volumen individual, tabla de volumen



Diagnóstico del arbolado en la plaza General Bernardino Caballero, San Bernardino, departamento de Cordillera

Dayhiana González Leite¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Manuel Enciso¹, Lidia Pérez de Molas¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: patricia.elias@agr.una.py

Las áreas verdes urbanas son sitios que brindan numerosos beneficios ecológicos, sociales y paisajísticos a la población. La ciudad de San Bernardino es caracterizada por tener gran cantidad de espacios verdes, no obstante, en los últimos tiempos se ha desarrollado un acelerado crecimiento urbano, construcciones de infraestructuras para la apertura de nuevos comercios, viviendas, lo que produjo una disminución de las áreas verdes. Ante esta situación resulta prioritario promover la conservación y gestión adecuada de la cobertura forestal urbana, para contrarrestar el deterioro ambiental provocado por el crecimiento urbano. La plaza Gral. Bernardino Caballero se encuentra ubicado en las calles Luis F. Vaché y 14 de mayo de la ciudad de San Bernardino, abarca una superficie de aproximadamente 1,91 ha, es un lugar muy visitado por lugareños y turistas debido a las actividades que se desarrollan en el lugar. El objetivo del estudio fue evaluar el estado del arbolado de la plaza General Bernardino Caballero. El trabajo de investigación fue de carácter descriptivo levantándose datos de variables cuantitativas y cualitativas de todos los árboles presentes con DAP ≥ 10 cm lo que incluyó el reconocimiento de las especies, considerando su origen (nativas o exóticas), mediciones de DAP y altura total, estado físico y sanitario, necesidad de poda, agresividad de las raíces y la interferencia de los árboles con los demás elementos urbanos. Se registró un total de 300 individuos pertenecientes a 47 especies distribuidas en 23 familias botánicas, siendo la familia Fabaceae la más representativa y la especie con mayor abundancia fue *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (tajy hu). Las clases diamétricas con mayor número de individuos se encontraron en la clase I (10 – 92 cm) con 288 individuos y la clase II (92,1 – 174,1 cm) con 9 individuos. En cuanto a la altura se presentaron mayor cantidad de individuos en las clases II (8,9 – 15 m) y III (15,1 – 21,2 m) con 213 y 56 individuos respectivamente. Con relación al estado físico del arbolado, se constató que el 44% de los individuos presentaron buen estado (fuste recto y sano, copa equilibrada y follaje vigoroso), por otra parte, el 51% de los individuos presentaron estado sanitario ligeramente afectado indicando que los árboles son ligeramente defoliados o poco vigorosos, el 95% requiere de poda por presentar algunos problemas y el 43% no presentó raíces expuestas. En cuanto a la interferencia de los árboles con los demás elementos urbanos se constató que el 42% se encuentra actualmente en contacto con otros elementos urbanos. Los resultados obtenidos demuestran que el estado general del área de estudio es regular a bueno, demostrando la importancia de un manejo adecuado de la arborización urbana para lograr maximizar los beneficios ambientales que los árboles proveen.

Palabras clave: especie, DAP, altura total, estado físico, estado sanitario



Estructura y diversidad de especies forestales en bosques degradados de la Ecorregión Bosque Atlántico del Alto Paraná, San Pedro, Paraguay

Alvaro Alberto Garcete Ovelar¹, Lourdes González Soria², Enrique Asterio Benítez León³, María Carolina Escobar Ortiz⁴

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y biodiversidad. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Dirección de Investigación. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: alvarogarcete3@gmail.com

Por sus funciones ecológicas, los bosques regulan la temperatura local, reducen la erosión del suelo, controlan el régimen de lluvias, favorecen la recarga de los acuíferos y preservan la biodiversidad. Los bosques del mundo son importantes para la sociedad en general por proveer insumos directos y materias primas industriales. El objetivo de la investigación fue conocer la estructura y diversidad de especies forestales en un área de bosques degradados de la ecorregión BAAPA. El área de estudios corresponde a bosques degradados de una propiedad privada. En base al Método Gentry (Sayre 2002), se delimitaron 8 parcelas rectangulares de 20 m x 10 m (200 m²), subdivididas en subparcelas de 5 m x 5 m (25 m²). Las unidades muestrales se ubicaron en dos sectores diferenciados como bloques A y B, en las coordenadas 23°57'05,03" S y 56°34'48,03" W (BA) y 23°54'54,13" S y 56°35'11,90" W (BB). Se registro un total de 891 individuos, pertenecientes a 30 familias, 7 géneros y 60 especies para el bloque A y un total de 283 individuos, pertenecientes a 15 familias, 3 géneros y 29 especies para el bloque B. Para el bloque A las especies con mayor importancia ecológica fueron, *Peltophorum dubium* (Yvyra pyta) (25,88%), *Parapiptadenia rigida* (Kurupa'y ra) (17,78%), *Pseudalbizzia niopoides* (Yvyra ju) (17,22%), *Esenbekia febrifuga* (Guatambumi) (14,00%), *Luehea divaricata* (Ka'a oveti) (13,39%). Mientras que para el bloque B las especies con mayor peso ecológico fueron *Balfourodendron riedelianum* (Guatambu) (53,36%), *Celtis iguanaea* (Juasy'y) (49,05%), *Astronium fraxinifolium* (Urunde'y para) (22,34%), *Trichilia pallida* (Cedrillo) (16,17%), *Inga uraguensis* (Inga guasu) (13,98%), *Myrocarpus frondosus* (Incienso) (13,27%), *Inga marginata* (Inga'i) (13,07%). El Índice Shannon-Weaner (IDSW) en los dos bloques (H' Bloque A=3,82; H' Bloque B=3,0), indica diversidad moderadamente alta, aunque el Bloque A es más diverso; así los valores del índice de Simpson (IDS), (H' Bloque A=0,03; H' Bloque B=0,07), indican que la diversidad es alta en ambos bloques. El coeficiente de Jaccard (Ij), arrojó una similitud de 25% entre el bloque A y B. Lo cual sugiere que las comunidades ecológicas de ambas áreas son diferentes en términos de composición de especies. De acuerdo a las distribuciones de las alturas y participación de las especies en ambos bloques, se concluye que los bosques se encuentran en etapa de sucesión, cumpliendo con el proceso natural de reclutamiento y establecimiento de especies. El coeficiente de similitud de Jaccard (J=25%), evidencia baja la similitud entre ambas comunidades (bloques A y B).

Palabras clave: regeneración, dinámica del bosque, índice de Shannon-Weaner, índice de Simpson, coeficiente de Jaccard



Dinámica de absorción de agua y respuesta germinativa de semillas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan colectadas en dos años diferentes

María Carolina Escobar Ortiz¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, Mirta Magdalena Irala Barrientos¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: carolina.escobar@agr.una.py

El agua desempeña un papel fundamental en los procesos de maduración y germinación de las semillas, presenta propiedades físicas que la caracterizan como un solvente biológico ideal. Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la dinámica de absorción y respuesta germinativa de dos lotes de semillas de *Parapiptadenia rigida*. Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de Semillas Forestales del Centro de Conservación de Recursos Genéticos Forestales de la Facultad de Ciencias Agrarias. Los dos lotes de semillas utilizadas en esta investigación proceden de la Ciudad de San Lorenzo, Departamento Central. Fueron colectadas en los años 2022 y 2023 y almacenadas en cámara de conservación a una temperatura de entre 3 a 5°C hasta el momento del ensayo. El diseño empleado en esta investigación fue completamente al azar, en un esquema factorial 2 x 5 representado por dos años de colecta (2022 y 2023) y 5 tiempos de imbibición (0, 6, 12, 24, 36) horas, totalizando así 10 tratamientos, que estuvieron representados por 4 repeticiones para el ensayo de germinación, donde se utilizaron 200 semillas por cada tratamiento y 2 repeticiones para la determinación del contenido de humedad (5 g de semillas cada una). Las semillas fueron embebidas en agua destilada por diferentes periodos de tiempo y acondicionadas en cámara tipo B.O.D. a temperatura constante de 25°C. El sustrato utilizado para el ensayo de germinación fue de papel de germinación humedecido con agua destilada y colocada en bolsas de polietileno para mantener la humedad. Las variables registradas fueron: contenido de humedad de las semillas (%H) al inicio y al finalizar cada tiempo de imbibición, porcentaje de germinación (%G) y el índice de velocidad de germinación (IVG). Los datos recolectados fueron procesados en una planilla electrónica de Microsoft Excel® y presentados en forma de gráficos y figuras. Se realizó un análisis de varianza con el software SISVAR® para evaluar el efecto de los tratamientos. En los casos donde existían diferencias significativas, se aplicó el test de Scott-Knott al 5% de probabilidad de error. Además, se llevaron a cabo análisis de regresión y correlación de Pearson entre las variables. Los lotes de semillas presentaron un comportamiento similar en cuanto a la absorción de agua, con valores más altos desde las 6 horas de imbibición. El lote de semillas del 2022 presentó mayor contenido de humedad con un porcentaje de 83,33% a las 36 horas de imbibición. El mayor porcentaje de germinación lo presentó el lote de semillas del 2023 (99%), mientras que el lote 2022 fue menor (63,4%). El IVG presentó variaciones en el lote 2022, mientras el contenido de humedad aumenta, la germinación disminuye. En el lote 2023 no se presentaron variaciones significativas en el IVG. En ambos lotes se observó una correlación positiva perfecta entre germinación (G) e índice de velocidad de germinación (IVG). La correlación con el contenido de humedad (CH) difirió entre lotes; en el lote 2022, se correlacionó negativamente, cuando el contenido de humedad aumenta la germinación y el IVG disminuyen. En cuanto al lote 2023, dichas correlaciones fueron positivas pero débiles, el contenido de humedad no influyó sobre la germinación e IVG. El tiempo de imbibición influye significativamente en la absorción de agua y en la germinación de semillas de *Parapiptadenia rigida*. Se puede afirmar que existe una relación entre el tiempo de absorción de agua y el porcentaje de germinación.

Palabras clave: *Parapiptadenia rigida*, inmersión, absorción de agua, humedad, germinación



Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Clon I144) a los 48 meses en parcela experimental de restauración del paisaje forestal

Sebastiam Ismael Fernández Smith¹, Fernando José Páez Tattón¹, Nadia Zamira Manzur Baez¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Haroldo Silva², Victoria Rika Kubota², Alexandra Perrone¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: smithsebasg@gmail.com

La restauración del paisaje forestal (RPF), se destaca como una estrategia clave para recuperar servicios ecosistémicos, revertir la degradación ambiental, promover la resiliencia de los ecosistemas forestales y además proveer de productos forestales en beneficio de las personas, atendiendo a la demanda actual en equilibrio con el medioambiente. En este sentido, especies exóticas no invasoras podrían servir de especies facilitadoras y proveer lucro a corto plazo como es el caso del híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Clon I144), el cual cobra una especial relevancia. Este tipo de especies no solo permiten obtener madera de calidad de forma sostenible, sino que también ofrece un incentivo económico que motiva a los productores a sumarse a los proyectos de restauración forestal. En este sentido, el establecimiento de modelos de RPF en fajas de conservación y producción cobra especial destaque. Por tal motivo, esta investigación tiene por objetivo evaluar el crecimiento de individuos de *Eucalyptus* spp. en la faja de aprovechamiento de un modelo de RPF establecido en una parcela experimental. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental contempla cinco bloques, cada uno constituido por ocho tratamientos dispuestos de manera totalmente al azar. El modelo de estudio está combinado por una faja de conservación (con especies de diversidad y cobertura) y otra faja de aprovechamiento, siendo esta última la que alberga los individuos de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, dispuestos en fajas de 3 x 3 metros, a estos individuos fueron realizadas 6 podas entre los 15 y 36 meses y un raleo a los 36 meses. A través del monitoreo de variables dendrométricas realizado a los 48 meses de la plantación se evaluaron el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del cuello (DAC) y altura (H). El análisis de las variables dendrométricas dieron como resultado que el DAP alcanzó un promedio de 19,28 cm. Por otro lado, el promedio de DAC obtenido fue de 21,92 cm. Con respecto a la altura, el promedio de los individuos fue de 17,94 m. Estos resultados no solo demuestran el potencial, la capacidad adaptativa y el vigor del *Eucalyptus* spp., en proyectos de restauración del paisaje forestal, sino también la importancia de incluirlos en estos propósitos, pues responden a la demanda actual de productos forestales y podrían proveer un retorno al productor que invierte en proyectos de restauración forestal.

Palabras clave: restauración forestal, altura, DAP, dendrometría



Oribátidos (Acari: Oribatida) en un bosque nativo semidegradado de la Reserva Guarapi

Marilia Araceli Salinas¹, Fatima Rios¹, Edgar Gaona Mena¹, Alina Rojas¹, Marian Andrea Villamayor Gavilán¹, Ariadna Ledesma Llanos¹, Esteban Andrés Benítez Doldán¹, Marcos Adrián Ortiz Cabrera²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Reserva Natural Guarapi. Paraguari, Paraguay.

Correspondencia: marilia.salin@agr.una.py

El conocimiento del Suborden Oribatida es escaso en el Paraguay a pesar de ser considerado el taxón más abundante en el suelo y de ser utilizado como indicador de las condiciones edáficas por su poca dispersión, gran abundancia, alto polimorfismo, ciclo de vida corto y su gran aptitud para la formación de nuevas especies. Además, en su mayor parte estos artrópodos utilizan los residuos orgánicos como alimento, teniendo un papel fundamental en el proceso de la descomposición. Los oribátidos presentan una alta sensibilidad a las perturbaciones antropogénicas, lo que genera una disminución considerable de su población. La Reserva Guarapi consta de 90 hectáreas protegidas de bosque con distintas especies de árboles como timbó (*Enterolobium contortisiliquum*), yvyra ju (*Pseudalbizzia niopoides*), kurupa'y kuru (*Anadenanthera colubrina*), yvyra pyta (*Peltophorum dubium*), guatambu (*Balfourodendron riedelianum*), samu'u (*Ceiba speciosa*), umbú (*Spondias tuberosa*), leucaena (*Leucaena leucocephala*) y tacuaras (*Guadua chacoensis*). El objetivo del presente trabajo fue obtener información sobre la diversidad de oribátidos presentes en la Reserva Guarapi. Para el desarrollo de esta investigación, se emplearon trampas de caída tipo pitfall los que consistían en un recipiente cilíndrico con abertura circular en la parte superior, que fue enterrada al ras del suelo. Una vez enterrados fueron llenados hasta la mitad de su capacidad con alcohol al 70%. Estas trampas fueron instaladas con una separación de 10 metros entre ellas. Fueron instaladas un total de 5 trampas, por colecta. Los ácaros fueron colectados cada 15 días en 3 ocasiones durante los meses de abril y mayo, totalizando 15 colectas, en un transecto. Las muestras colectadas fueron trasladadas al Laboratorio de Bioensayos Entomológicos del Área de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias e identificados a nivel familia, mediante las claves de Krantz y Walter (2009). Se realizó análisis de dominancia y abundancia de las familias encontradas. Los cálculos fueron realizados a través del programa ANAFU. Se recolectaron 36 individuos pertenecientes a 5 familias. Oppididae fue la familia más relevante en cuanto a número de especies con 17 individuos, seguido por Galumnidae con 9 ejemplares y Neoliodidae con 7 oribátidos. En menor cantidad se observaron las familias Scheloribatidae y Mochlozetidae con 2 y 1 ejemplares respectivamente. La familia Oppididae fue dominante y muy abundante. Las familias Galumnidae y Neoliodidae fueron dominantes y comunes. La familia Scheloribatidae fue no dominante y común. La familia Mochlozetidae fue no dominante y dispersa. Haciendo un análisis de las familias identificadas, se puede considerar que la zona evaluada se encuentra con poca perturbación antrópica, teniendo en cuenta la alta presencia de estos artrópodos.

Palabras clave: Oppididae, ácaros, bioindicador



Influencia del *Cajanus cajan* L. Millsp. en la sobrevivencia de especies nativas en un modelo de restauración forestal con fines energéticos

Claudia Guadalupe Salcedo Rivas¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Lidia Pérez de Molas¹, Alba Liz González¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Janet Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: clausalcedo00@gmail.com

La deforestación, degradación y fragmentación de los bosques transforma profundamente las características de estos y la funcionalidad de los ecosistemas, poniendo en peligro la biodiversidad, el almacenamiento de Carbono, la salud del suelo entre otros. La restauración del paisaje forestal (RPF) surge como una alternativa integral para recuperar la funcionalidad ecológica, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, equilibrando al mismo tiempo las necesidades humanas (económicas, sociales y culturales). En este contexto, la sobrevivencia de las especies implantadas es un indicador crítico del éxito de los modelos de RPF por ello, el uso de cultivos de servicio, particularmente leguminosas, mejora la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno y materia orgánica, favoreciendo así la sobrevivencia de las especies forestales. Este trabajo tiene el objetivo de evaluar la influencia del *Cajanus cajan* L. Millsp. (kumanda yvyrai) sobre la sobrevivencia de especies nativas en un modelo de restauración forestal con fines energéticos. El estudio se llevó a cabo en una parcela experimental a cargo de la División de Acción Ambiental de la Superintendencia de Gestión Ambiental de ITAIPU, denominada “Modelos de restauración forestal para uso sostenible en la ecorregión de BAAPA, Paraguay”, ubicada en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná. Esta iniciativa forma parte del monitoreo desarrollado por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental de la parcela cuenta con 5 bloques dispuestos completamente al azar, cada unidad experimental con una superficie de 1.080 m², divididas por fajas de conservación y fajas de aprovechamiento. Los tratamientos evaluados se diferencian en la faja de aprovechamiento donde el tratamiento A está compuesto de especies nativas energéticas y el tratamiento B de especies nativas energéticas con el uso del kumanda yvyrai como cultivo de servicio. Para la evaluación de la sobrevivencia de las especies implantadas se procedió al registro de todos los individuos por cada unidad experimental a los 48 meses de la plantación, calculada en valores porcentuales. Los principales resultados mostraron que 15 especies tienen mayor sobrevivencia en el tratamiento A y 6 especies tienen mayor sobrevivencia en el tratamiento B. Las especies con mayor porcentaje de sobrevivencia fueron *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Timbó) y *Solanum granulatum-leprosum* Dunal (Hu’i Moneha) con un 96% y 97,78% de sobrevivencia respectivamente en ambos tratamientos y las especies con menor porcentaje de sobrevivencia son *Jacaratia spinosa* (Aubl.) (Jakaratia) A. DC. y *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg (Chipa rupa) con un 20% y 11% respectivamente. Estos resultados son claves para optimizar futuras estrategias de restauración del paisaje forestal con el uso de cultivos de servicio, sugiriendo así la necesidad de seguir investigando las condiciones óptimas para cada especie, es así que se puede decir que el *Cajanus cajan* mostró un efecto variable en la sobrevivencia de las especies nativas, favoreciendo así a algunas y reduciendo el desempeño de otras pudiendo tener otros beneficios.

Palabras clave: cultivo de servicio, restauración del paisaje forestal, kumanda yvyrai



Evaluación de variables dendrométricas de un modelo de restauración con especies nativas de uso múltiple a los 4 años

Leyla María Almirón Serrano¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Alba Liz González¹, Alexandra Perrone¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: leylaalmiron@gmail.com

La alta demanda de madera, productos bioenergéticos y productos forestales no maderables existente en Paraguay y la presión que esto genera sobre los bosques nativos impulsa a buscar nuevas alternativas de modelos sostenibles con incentivos para los productores. El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento de variables dendrométricas a los cuatro años de un modelo para la restauración del paisaje forestal con especies nativas de uso múltiple en el distrito de Hernandarias, Paraguay. La investigación se realizó dentro de la parcela experimental de Restauración Forestal de Itaipú Binacional, localizada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. La parcela fue instalada en el año 2021, bajo un diseño de bloques completamente al azar, conformada por 8 modelos de restauración del paisaje forestal. Cada unidad experimental cuenta con una superficie de 1.080 m², totalizando 40 unidades experimentales distribuidas en las 5,9 ha del terreno. Para este estudio se evaluó el modelo número 8 que cuenta con especies nativas de uso múltiple distribuidas en dos fajas; una de producción y otra de conservación. En la faja de producción fueron plantadas 9 especies siendo, (6 maderables, 3 con fines energéticos) y se encuentra planificada la plantación de *Euterpe edulis* para el año 2025. La faja de conservación está compuesta por dos grupos funcionales con especies de cobertura y diversidad. Los datos fueron recolectados mediante un inventario, donde se midieron todas las especies de las unidades experimentales, dejando a 2 individuos en cada línea antes de la faja de aprovechamiento, con la finalidad de reducir la influencia del efecto borde. Se utilizaron cintas métricas para medir la cobertura de copa, calibres digitales para el DAC y varas alimétricas para la altura. Entre las maderables se destaca a *Peltophorum dubium* con 80,29 mm promedio de DAC y una altura promedio de 460 cm, seguido de *Cordia trichotoma* con 293,80 cm de altura promedio. Dentro de las energéticas, *Myracrodruon urundeuva* se destacó entre las demás especies con un DAC, altura y área de cobertura de copa en promedio de 111,65 mm; 477,33 cm y 10,04 m² respectivamente. En la faja de conservación entre las especies de cobertura, *Croton urucurana* con 203,87 mm en promedio de DAC, 681,58 cm de altura destacó ante *Mimosa bimucronata* que alcanzó un promedio de 203,21 mm de DAC; 505,26 cm de altura y 29,94 m² de área de cobertura de copa. Entre las especies de diversidad *Lithraea molleoides* obtuvo un mayor desempeño con 74 mm de DAC; 344 cm de altura y 4,12 m² de área de cobertura de copa en promedio. Estos resultados demuestran que las especies *Peltophorum dubium*, *Myracrodruon urundeuva*, *Croton urucurana* y *Lithraea molleoides* presentan un promedio de crecimiento importante y pueden servir como especies de interés ante futuros proyectos de restauración.

Palabras clave: parcela experimental; modelos sostenibles; restauración del paisaje forestal



Indicadores biológicos de conservación: nematodos del suelo en reservas forestales y áreas productivas del chaco paraguayo

Jazmín Belén Duré Paiva¹, Diego Quenhan¹, Andrés José Armadans Rojas¹,
Montserrat Pedrozo¹, Claudia Rolón², Beatriz Benítez², Ana Rivarola²

¹ Universidad San Carlos. San Lorenzo, Paraguay.

² Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: jazmin.dure@usc.edu.py

El presente estudio se desarrolló en una propiedad agroganadera ubicada en el distrito de Mariscal Estigarribia, Chaco paraguayo, con el objetivo de evaluar el potencial de las comunidades de nematodos del suelo como indicadores de biodiversidad y conservación en zonas de reserva forestal y áreas productivas. En este ecosistema semiárido, caracterizado por su alta diversidad biológica y creciente presión sobre los bosques nativos, la salud del suelo se posiciona como un eje central en la sostenibilidad de los sistemas agroganaderos. Se realizó un muestreo aleatorio de 14 puntos de muestreo, diferenciados según uso del suelo (cultivos, ganadería y reservas naturales). Las muestras se realizaron, siguiendo un recorrido en zigzag y extrayendo una muestra compuesta por 15–20 submuestras por punto de muestreo a 20 cm de profundidad con una repetición por punto. Se procesó 100 cm³ de suelo mediante el método de flotación centrífuga en solución de sacarosa modificada de Jenkins (1964), en la Clínica Vegetal de la Universidad San Carlos (Asunción, Paraguay). La identificación de nematodos fitoparásitos y de vida libre se realizó con microscopio invertido, evaluando rasgos morfológicos y morfométricos y contrastando con claves taxonómicas y literatura especializada. Los análisis se centraron en la comparación de diversidad funcional entre fitoparásitos (*Gracilacus*, *Helicotylenchus*, *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Scutellonema*, *Xiphinema* y *Tylenchorhynchus*) y grupos de vida libre: bacteriófagos (*Rhabditis*, *Acrobeles*), fungívoros (*Aphelenchus*, *Aphelenchoides*) doryláimidos (*Dorylaimus*) y predadores (*Mononchus*), calculando índices de diversidad de Shannon, equidad y dominancia. Los resultados revelaron que las zonas de reserva forestal albergaron una mayor diversidad de nematodos de vida libre, lo que refleja una red trófica edáfica más compleja y estable. Estos grupos funcionales están asociados a ecosistemas con menor perturbación antrópica, como los bosques nativos y cortinas forestales, los cuales funcionan como reservorios de biodiversidad del suelo. En contraste, las zonas productivas presentaron un incremento significativo en géneros fitoparásitos como *Meloidogyne* y *Tylenchorhynchus*, indicando un desequilibrio biológico asociado a la presión agrícola. El índice de Shannon para los nematodos de vida libre fue superior en las reservas ($H' = 2,94$) que en las áreas productivas ($H' = 2,85$), mientras que los fitoparásitos mostraron valores más altos en suelos manejados intensivamente. Estos patrones confirman el valor ecológico de las reservas forestales en la conservación de la biodiversidad edáfica y su función clave en la regulación biológica. Los hallazgos respaldan la importancia de integrar estrategias de conservación del bosque nativo dentro de los sistemas agroproductivos del Chaco, no solo como fuente de servicios ecosistémicos visibles (sombra, regulación hídrica), sino también como soporte de comunidades microfaunísticas fundamentales para la salud del suelo. Promover paisajes funcionales con mosaicos de bosques y áreas productivas puede fortalecer la resiliencia ecológica frente al cambio climático y a las amenazas fitosanitarias.

Palabras clave: bosque nativo, microbiota del suelo, nematodos, Chaco paraguayo, Indicadores funcionales



Ecuaciones alométricas para *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* en parcela experimental de restauración del paisaje forestal, Paraguay

Luis Guillermo Estela Colmán¹, Maria Laura Quevedo Fernandez¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Felicia Elizabeth Zárate Céspedes¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Alexander Abdel Fleitas Saucedo¹, Alexandra Perrone¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: estcolguille@gmail.com

El ajuste de ecuaciones alométricas para la estimación de biomasa aérea es una herramienta clave en estudios de dinámica y monitoreo forestal, ya que permite estimar la biomasa de árboles en pie mediante variables dasométricas de fácil medición como el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total, evitando el uso de métodos destructivos. Estas ecuaciones optimizan el tiempo y los recursos necesarios en campo, además de facilitar el seguimiento del crecimiento de las especies y la estimación del Carbono almacenado. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo ajustar, evaluar y seleccionar la ecuación alométrica más adecuada para estimar la biomasa aérea en la faja de aprovechamiento de un modelo de Restauración Forestal con *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, establecida junto a especies nativas. El área de estudio perteneciente a Itaipú Binacional se encuentra situada en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. La unidad experimental de restauración considerada está compuesta por dos fajas: una de conservación, con especies de cobertura y diversidad, y otra de aprovechamiento, compuesta por un híbrido de eucalipto. Este estudio se centró exclusivamente en la faja de aprovechamiento, en el cual se evaluaron cinco unidades experimentales con una superficie total de 2.700 m². La recolección de datos se llevó a cabo a los 36 meses de la plantación mediante un raleo mixto (sistemático, seguido de selectivo), que permitió evaluar 56 individuos del híbrido de eucalipto para el análisis destructivo. Los árboles fueron divididos en sus componentes (fuste, ramas y hojas), los cuales fueron pesados en campo para determinar el peso fresco. A su vez, se tomaron muestras representativas de cada componente para ser secadas en estufa en laboratorio, obteniendo así el peso seco y permitiendo calcular la biomasa aérea por individuo mediante la relación peso fresco/peso seco, con estos datos, se ajustaron tres modelos alométricos para estimar biomasa aérea. Su comparación se basó en criterios estadísticos: R² (coeficiente de determinación), R²aj. (R² ajustado), Syx (error estándar) y Syx% (error porcentual), con el objetivo de seleccionar el modelo más preciso para estimaciones no destructivas. Los resultados mostraron que el Modelo 2 fue el más adecuado para los compartimentos fuste, ramas y biomasa aérea total, al presentar los valores más altos de R² (0,5602; 0,6712; 0,6234) y los menores errores. Para el compartimento hojas, aunque el ajuste fue bajo en general, el Modelo 1 tuvo un desempeño levemente superior. En conclusión, el Modelo 2 se considera el más apropiado para estimar la biomasa aérea total y de los principales compartimentos del híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* en este sistema de restauración, recomendándose su uso en futuras evaluaciones no destructivas.

Palabras clave: biomasa, aprovechamiento, modelos alométricos, carbono



Morfología foliar de especies forestales de un bosque del Cerrado del Parque Nacional Cerro Corá

Bethania Guadalupe Duarte Sosa¹, Larissa Giselle Arrua Tullo¹, Lourdes González Soria¹, Enrique Asterio Benítez León¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, Lidia Pérez de Molas¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: bethaniaduart.s@gmail.com

La morfología foliar de las especies forestales es un rasgo funcional fundamental que refleja la adaptación de las plantas a las condiciones ambientales de su entorno. Las hojas varían ampliamente entre especies, especialmente en las angiospermas; esta diversidad puede ser resultado de una fuerte presión ejercida por factores ambientales que también influyen en la estructura y composición de las comunidades vegetales, especialmente en gradientes altitudinales. La morfología foliar permite a las especies optimizar su desempeño ecológico, por tanto, analizar las características foliares puede proporcionar informaciones valiosas para comprender la organización funcional de las comunidades forestales y las adaptaciones que les permiten persistir en ambientes diversos y contrastantes. El objetivo de esta investigación fue analizar la morfología foliar de especies forestales de un bosque del Cerrado en Parque Nacional Cerro Corá y las posibles relaciones de adaptación que reflejan. Se utilizaron datos de una parcela permanente de monitoreo ubicada en las coordenadas 22° 39' 15" S 56° 00' 26" W. Se clasificó las especies en función del tipo de hoja (simple o compuesta). Acorde a bibliografía especializada, se identificó la participación por familia botánica según el tipo de hoja predominante y se relacionó los tipos de hojas con posibles adaptaciones ecológicas. Se trabajó con 24 familias botánicas, conformadas por 49 especies forestales, de acuerdo a estudios previos realizados en el año 2017. Los datos se organizaron en una matriz y fueron procesados utilizando planillas electrónicas y tabla dinámica. Se consideraron las variables de número de especies por familia y la relación proporcional de familias en relación al total, así como el tipo de hoja por familia. La familia con mayor cantidad de especies fue Fabaceae con 11, seguidas de las familias Meliaceae, Sapindaceae y Bignoniaceae con cuatro especies cada una. De las 49 especies identificadas, 51% presentaron hojas compuestas y 49% presentaron hojas simples. Las hojas compuestas fragmentan la superficie foliar, facilitando la disipación del calor, reduciendo el daño por viento o fuego, y mejorando la penetración de luz en el dosel, lo cual representa una ventaja en ambientes abiertos y variables como los bosques del Cerrado. En contraste, las hojas simples implican una menor inversión estructural y mayor eficiencia hídrica, útiles en contextos de estacionalidad climática. La alta participación de hojas compuestas podría evidenciar adaptaciones funcionales clave frente al estrés térmico y/o lumínico. La presencia de hojas simples sugeriría estrategias centradas en la economía del agua y en la reducción del costo energético. Otras características como el grupo ecológico al que pertenecen las especies y estrategias adaptativas como cutícula gruesa, consistencia y tricomas, podrían aportar más datos para la comprensión de las relaciones en la comunidad. La coexistencia de ambos tipos de hoja refleja respuestas adaptativas complementarias ante las condiciones climáticas predominantes del Cerrado, que podrían estar revelando respuestas ante el estrés ambiental. Este trabajo aporta información clave sobre la ecología funcional de las especies presentes en el Cerrado y ofrece una base para orientar acciones de manejo y restauración ecológica frente a escenarios de cambio climático.

Palabras clave: adaptaciones, especies nativas, áreas protegidas, ecología forestal



Análisis financiero de una plantación de *Eucalyptus* spp. con fines energéticos destinada a calderas industriales en la región de Cruce Guaraní, departamento de Canindeyú

Victoria Alejandra Silva González¹, Jesús Denisar Henz Morel¹, María Laura Quevedo Fernández²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Agronómica. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: denizardhenz@gmail.com

La creciente demanda de fuentes de energía renovable ha impulsado el desarrollo de plantaciones forestales destinadas a la producción de madera con fines energéticos. En este contexto, el *Eucalyptus* spp. se posiciona como una especie estratégica, destacándose por su rápido crecimiento, alta productividad y notable adaptabilidad en el Paraguay. Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad económica de una plantación de *Eucalyptus* spp. destinada a la producción de madera verde para su uso en calderas industriales, en la región de Cruce Guaraní, departamento de Canindeyú. Los datos fueron proporcionados por una empresa del citado departamento. El costo total de establecimiento fue de 1.100 US\$ por hectárea, incluyendo la preparación de terreno, plantación inicial, control de hormigas, control de malezas y la reposición del 10% de mudas. La plantación presenta una densidad de 1.666 plantas por hectárea, con un espaciamiento de 3 x 2 metros. Mediante la elaboración de un flujo de caja, se estimó el ingreso por hectárea al final de un ciclo productivo de 7 años. Se proyectó una producción de 280 toneladas de madera verde por hectárea, con un precio promedio de venta de 0,04 US\$/kg. Para efectos de referencia, se utilizó la tasa de cambio vigente en mayo de 2023, de 7.300 guaraníes por dólar. El costo de cosecha y transporte fue de 0,02 US\$/kg. Los indicadores económicos obtenidos muestran lo siguiente: el Valor Actual Neto (VAN) fue positivo, alcanzando los 653,8 US\$, lo que indica que la inversión inicial se recupera y, además, se genera un excedente económico. La Tasa Interna de Retorno (TIR) fue del 18,44%, superando la tasa de interés de referencia del 9,75%. Asimismo, la Relación Beneficio/Costo (R B/C) calculada en 1,05 revela que por cada US\$ invertido se obtienen 1,05 US\$, lo que refuerza la rentabilidad del proyecto. Finalmente, el Valor Periódico Equivalente (VPE) ascendió a 94,78 US\$, confirmando la generación de valor económico neto en términos actuales. En conjunto, los resultados permiten concluir que la plantación de *Eucalyptus* spp. con fines de producción de madera verde constituye una opción económicamente viable y sostenible dentro del contexto forestal paraguayo. Bajo un manejo técnico adecuado, este modelo productivo puede desempeñar un papel clave en la diversificación de la matriz energética industrial del país, además de generar ingresos significativos para productores y empresas forestales.

Palabras clave: biomasa forestal, calderas industriales, eucalipto, energía



Evaluación de árboles de borde en un modelo de restauración forestal establecido con *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* en la faja de aprovechamiento

Fernando José Páez Tattón¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Alexandra Perrone¹, Sebastiam Ismael Fernández Smith¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Alba Liz González¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: paeztf01@gmail.com

La restauración del paisaje forestal busca la recuperación del funcionamiento ecológico y el mejoramiento del bienestar humano en paisajes deforestados o degradados y puede incorporar una o más actividades aliadas junto con la restauración ecológica. Un modelo de Restauración Forestal en fajas con especies de conservación y fajas con especies de aprovechamiento puede ser considerada como una actividad aliada. El eucalipto siendo una especie exótica no invasora, establecido en fajas de aprovechamiento se presenta como una especie de rápido retorno económico el cual puede ser atractivo para productores que busquen llevar a cabo este proceso de restauración. Dentro de las plantaciones forestales, se pueden encontrar diferentes variaciones estructurales, como los árboles de borde, que pueden influir en el volumen obtenido de la plantación. El presente estudio compara variables dendrométricas en áreas de borde de faja de aprovechamiento con el interior de una plantación de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (Clon I144) en el contexto de la Restauración del Paisaje Forestal. La parcela experimental está bajo la responsabilidad de la División de Acción Ambiental, perteneciente a la Superintendencia de Gestión Ambiental de la Itaipú Binacional, ubicada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental contempla cinco bloques constituidos por ocho tratamientos dispuestos de manera totalmente al azar y establecidos en fajas de aprovechamiento y conservación, la diferencia entre tratamientos radica en la faja de aprovechamiento, en este trabajo estaremos evaluando el tratamiento con eucalipto con fines maderables en la faja de aprovechamiento, la cual originalmente contaba 4 líneas de 10 árboles por faja, totalizando en esta evaluación 40 árboles por unidad experimental con un espaciamiento de 3x3 m. Pero sin embargo, además de ser sometido a 6 podas, también a los 36 meses fue sometido a un raleo mixto con 65 árboles raleados al 33,3%. En esta evaluación realizada a los 48 meses fueron estudiados 80 árboles de borde y 53 árboles internos, siendo que dos ejemplares fueron muertos. Los parámetros evaluados para este trabajo fueron diámetro de altura del pecho (DAP), diámetro a la altura del cuello (DAC) y altura (H) a los 48 meses desde la plantación inicial. En la línea de borde, los árboles presentaron un ligero aumento en las variables con 19,5 cm de DAP; 22,7 cm de DAC y 18,04 m de altura. En cambio, en el área interna de la faja presentó un promedio en DAP de 18,4 cm; 20,00 cm de DAC; 17,80 m de altura. Los resultados evidencian que efecto borde influye en variables de crecimiento en el contexto de una plantación establecida como parte de un modelo de restauración del paisaje forestal en fajas. Lo que nos lleva a pensar que son necesarios estudios adicionales sobre la conveniencia de establecimiento de líneas dobles y también es necesario evaluar el efecto de la faja de aprovechamiento sobre la faja de conservación.

Palabras clave: restauración del paisaje forestal, eucalipto, variables dendrométricas



Smart Campus: primeros pasos de la construcción de la plataforma Smart Campus de la Universidad Nacional de Asunción, Campus San Lorenzo

Sofía Eliane Duarte González¹, Matias Leguizamón¹, Elías Figueredo², Larissa Rejalaga Noguera³, Iván Castillo⁴, Viviana Forneron⁵, Romy Ortiz¹, Edgar Catalino Martínez Cardozo⁴

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad Politécnica. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ingeniería. San Lorenzo, Paraguay.

⁵ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Diseño y Arte. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: sofyorklm@gmail.com

El término Ciudad Inteligente posee muchas definiciones. Sin embargo, la mayoría apunta a alcanzar un desarrollo urbano sostenible a través del manejo óptimo de los recursos, ofreciendo una mejor calidad de vida a los ciudadanos. Este trabajo constituye el primer acercamiento en la construcción de un campus inteligente, o Smart Campus, aplicando el concepto anterior al Campus de la Universidad Nacional de Asunción (UNA), utilizando softwares del entorno Esri: ArcGIS Pro, Survey123, ModelBuilder, ArcGIS City Engine, entre otros. El objetivo principal fue el de construir un primer prototipo de plataforma virtual de navegación 2D y 3D del campus, para lo cual se obtuvieron capas vectoriales de la infraestructura, se realizaron catastros forestales, se realizó el modelado 3D de un edificio piloto, se diseñó una base de datos y se construyó la plataforma web. La obtención de capas vectoriales de la infraestructura de la UNA se realizó con el software ArcGIS Pro, con el método de digitalización sobre pantalla, se utilizó como referencia una fotografía aérea del campus tomada en el año 2020 con un drone eBee X de 1,5 cm de resolución espacial. Se desarrolló un modelo de datos relacional adaptado a la estructura del campus, integrando entidades académicas, edificios, departamentos, entre otras, mediante claves y relaciones. El diseño del modelo se realizó con la herramienta ModelBuilder de ArcGIS Pro. Posteriormente, se emplearon formularios inteligentes creados con Survey123 para la recolección en campo de información asociada a estas entidades. Finalmente, el proyecto fue alojado en una plataforma interactiva mediante ArcGIS Web Experience, facilitando el acceso desde cualquier dispositivo. El primer piloto de catastro forestal se realizó en los alrededores del decanato de la Facultad Politécnica, con la aplicación Survey123. Se creó un formulario en el que se recogió la información de las especies, para su posterior representación en 3D en el software ArcGIS Pro. Por último, se modeló en 3D el Edificio de Aulas I, de la Facultad de Ciencias Agrarias, a partir de planos antiguos del mismo, utilizando licencias de estudiante de los softwares AutoCAD, AutoCAD Architecture y Fusion, de Autodesk. Con este trabajo se construyó exitosamente el primer prototipo de la plataforma Smart Campus, obteniéndose capas vectoriales de infraestructura de todo el Campus, un modelo de datos relacional versátil, las primeras pruebas exitosas de catastro forestal y el primer modelo 3D detallado de un edificio de la UNA realizado dentro del proyecto.

Palabras clave: smart city, smart campus, SIG, Esri



Caracterización técnica y ajuste de ecuaciones de ahusamiento aplicadas a una plantación forestal de *Eucalyptus* spp., departamento de Caazapá, Paraguay

Gerardo Agustin Mora Muñoz¹, Maria Laura Quevedo Fernandez¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Lourdes Patricia Elias Dacosta¹, Joao Paulo Sardo Madi², Alexandra Perrone¹, Micaela Maciel¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidade Federal de Mato Grosso. Mato Grosso, Brasil.

Correspondencia: laura.quevedo@agr.una.py

La caracterización técnica de una plantación forestal permite planificar, ejecutar y evaluar correctamente todas las etapas del establecimiento y manejo, asegurando su éxito productivo y económico. Las ecuaciones de ahusamiento son fundamentales para modelar la forma de los árboles, lo cual es crucial para una gestión forestal efectiva, mediante ello se puede estimar el volumen de madera en cualquier punto a lo largo del fuste, a partir de las variables de diámetro de la sección y altura total, esto permite una mayor eficacia en la obtención de volumen de los subproductos del árbol. El objetivo general de este estudio fue caracterizar técnicamente una plantación forestal de *Eucalyptus* spp. y determinar la mejor ecuación de ahusamiento aplicada a la misma. Esta investigación se llevó a cabo en una empresa forestal localizada en el distrito de Moisés Bertoni, departamento de Caazapá, cuyos tipos de suelos predominantes son del orden Ultisol e Iceptisol. Se realizó un cuestionario al encargado de la plantación forestal de manera a obtener datos del manejo de esta. Fueron cosechados y cubitados con el método relativo 37 árboles del clon *Eucalyptus urophylla* x *E. camaldulensis* con 10 años de edad y diámetros entre 4,9 y 29,1 cm considerando la distribución normal. Para ello, se realizó previamente la clasificación diamétrica mediante el método de distribución normal con datos existentes de inventarios de parcelas temporales ya instaladas en la zona de estudio, siendo las mismas de forma circular con una superficie de 400 m². Se ajustaron tres modelos de ahusamiento que fueron Kozak, Polinomio de 5° grado y Max y Burkhardt, se evaluaron utilizando criterios estadísticos como el coeficiente de determinación ajustado, el error estándar de la estimación y el gráfico de residuos, siendo el modelo que presentó mejor ajuste de ahusamiento el de Max y Burkhardt con un R²aj. de 0,98 y 7,45% de error estándar de la estimación. La plantación forestal fue establecida y manejada siguiendo métodos que aseguran el desarrollo adecuado de la misma. De los tres modelos de ecuaciones de ahusamiento presentados, el que mejor se ajustó a los datos de la plantación fue el de Max y Burkhardt, seguido por el polinomio de quinto grado y en tercer lugar la ecuación de Kozak.

Palabras clave: cubicación, clasificación diamétrica, gestión forestal



Morfología de frutos de especies arbóreas de un bosque del Cerrado del Parque Nacional Cerro Corá: Indicios sobre interacciones clave

Larissa Giselle Arrua Tullo¹, Lourdes González Soria², Enrique Asterio Benítez León³, María Carolina Escobar Ortiz⁴, Lidia Pérez de Molas², Bethania Guadalupe Duarte Sosa¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Bosques y biodiversidad. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Dirección de Investigación. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: arrualarissa6@gmail.com

Las variaciones morfológicas de los frutos, como la forma, el tamaño y el color, son resultado de la evolución adaptativa. El fruto es la estructura constituida por uno o más ovarios maduros, luego de la fecundación, tiene la función de proteger las semillas en desarrollo y en la mayoría de los casos, aquellos que contienen nutrientes y minerales son parte de la dieta de la fauna. La morfología de frutos examina las características externas, las estructuras y el desarrollo de los frutos, esas estructuras pueden estar asociadas o ser esenciales en la dispersión de semillas. Mediante la clasificación de frutos, se pueden identificar especies clave para la conservación y desarrollar estrategias para restauración ecológica, por ejemplo. Un rasgo funcional aparentemente simple como el tipo de fruto puede desvelar indicios útiles sobre interacciones interespecíficas y estrategias de adaptación. El objetivo de este trabajo fue analizar la clasificación de frutos de especies arbóreas presentes en un bosque del Cerrado del Parque Nacional Cerro Corá y las posibles interacciones clave. Se utilizaron datos de una parcela permanente de monitoreo ubicada en el Parque Nacional Cerro Corá, departamento de Amambay, en las coordenadas 22° 39' 15" S; 56° 00' 26" W. Se clasificaron las especies en función al tipo de fruto. Se trabajó con las 48 especies arbóreas, determinadas hasta especie. Los datos se organizaron en una matriz y se analizaron descriptivamente. Según los resultados, las especies arbóreas en el bosque estudiado presentan mayormente frutos del tipo cápsula (29,2%), drupas (18,8%), bayas (10,4%) y vainas (10,4%). Les siguen en orden de importancia los frutos del tipo legumbre (8,33%), esquizocarpo (6,25%), folículo (4,16%) y aquenio (4,16%). Los tipos menos abundantes son sincarpio, pseudosámara, sámara y pixidio, que presentan 2,08% de participación cada uno. La alta proporción de cápsulas sugiere una tendencia a dispersión abiótica (anemocoria o autocoria). Una participación elevada de drupas y bayas, por su parte, evidencia dependencia de dispersión zoocórica. Las vainas y legumbres, características de la familia Fabaceae, pueden tener dispersión autocórica, anemocórica y zoocórica. Aunque menos representados, los esquizocarpos, folículos y aquenios, presentan variadas estrategias de dispersión, como anemocoría, hidrocoría y zoocoría, en el caso de los aquenios epizocoría. Esto también proporciona indicios sobre las características del bosque y su estado sucesional y adaptaciones. La morfología de los frutos de las especies arbóreas evidencia una estrategia de sobrevivencia y continuidad de las especies arbóreas y su relación con la fauna. El bosque analizado tiene una variada diversidad de estrategias de dispersión. Se percibe proporcional dependencia de interacciones planta – animal y eficiencia para dispersión abiótica. Esta diversidad puede ser clave para la resiliencia y el mantenimiento de la biodiversidad en un ecosistema como el Cerradón. Los resultados aportan al conocimiento funcional de la flora del Parque Nacional Cerro Corá para los procesos de conservación y restauración.

Palabras clave: Cerradón, síndrome de dispersión, restauración, área protegida



Valoración económica del Carbono almacenado en ocho modelos de restauración del paisaje forestal a los 36 meses en Paraguay

Alexander Abdel Fleitas Saucedo¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Lidia Pérez de Molas¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Alba Liz González¹, Jorge Daniel González Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: laura.quevedo@agr.una.py

Para asegurar el éxito de las acciones de restauración forestal, deben monitorearse diversos descriptores, entre ellos la biomasa y el carbono almacenado, los cuales cumplen un rol fundamental para mitigar los efectos del cambio climático además de su rol potencial como incentivo económico para las acciones de restauración forestal; resultando el monitoreo y su posterior valoración, claves para alcanzar dicho éxito. Es por eso que este estudio tuvo como objetivo estimar, valorar y comparar el contenido del Carbono almacenado en diferentes modelos de restauración forestal en una parcela experimental perteneciente a Itaipú Binacional, localizada en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná, Paraguay. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. La parcela experimental cuenta con 40 unidades experimentales de 1.080 m² cada una, dispuestas en un diseño de bloques al azar (5 bloques, 8 tratamientos). Los tratamientos corresponden a modelos que poseen 2 fajas, una de conservación, realizada con el método de selección de especies por grupos funcionales, y una de aprovechamiento, con especies nativas en algunos modelos y exóticas en otros modelos, para fines maderables, energéticos y de usos múltiples. La recolección de datos se realizó a los 36 meses post-plantación, midiendo el diámetro a la altura del pecho y la altura total. La estimación de la biomasa se basó en ecuaciones alométricas, tanto para los individuos implantados como para los individuos de la regeneración, y, distintas para las especies nativas y exóticas; en cuanto al almacenamiento de Carbono, se calculó utilizando la metodología del IPCC, el CO₂ equivalente mediante relaciones estequiométricas y la valoración mediante precios de mercado. El análisis estadístico mostró diferencias significativas en el almacenamiento de Carbono entre los modelos, siendo los modelos con híbridos de *Eucalyptus* spp. (modelo 1 y modelo 2) los que mostraron un notable potencial para la captura de carbono con 7,6 y 8,9 t.ha⁻¹, y un valor económico entre 154,5 y 393,2 US\$.ha⁻¹, destacándose como opciones valiosas para proyectos de compensación de carbono. Los modelos con *Eucalyptus* spp. como especies facilitadoras son una opción prometedora para la captura de Carbono, lo que los convierte en modelos viables para la restauración forestal y su implementación futura más allá del contexto experimental.

Palabras clave: restauración forestal, biomasa, grupos funcionales



Determinación de la energía germinativa de las semillas de *Yvyra pytã* (*Peltophorum dubium*)

Lorena Paola Paredes Sotelo¹, María Fernanda Ortiz dos Santos¹,
Stella Mary Martínez¹

¹ Universidad Nacional de Pilar, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural. Pilar, Paraguay.

Correspondencia: lorenaparedes734@gmail.com

El presente estudio, desarrollado en el año 2024, evalúa la energía germinativa de las semillas de *Peltophorum dubium* (*Yvyra pytã*), una especie arbórea nativa del Paraguay con alta relevancia ecológica, ambiental y económica. Es ampliamente utilizada en programas de reforestación, recuperación de ecosistemas y restauración de áreas degradadas, debido a su adaptabilidad y valor como componente del bosque nativo. Aunque presenta una germinación relativamente buena y sencilla, resulta necesario contar con información sobre su respuesta en distintas condiciones ambientales para optimizar su propagación. Comprender el comportamiento germinativo de sus semillas resulta esencial para garantizar plantines vigorosos y mejorar los índices de supervivencia en campo. Por ello, el objetivo principal fue determinar la energía germinativa de las semillas de *Peltophorum dubium*, definida como la capacidad de iniciar la germinación en condiciones controladas, reflejando su vigor, viabilidad y calidad fisiológica. Las semillas fueron recolectadas de seis árboles padres y sembradas inmediatamente tras ser extraídas del fruto, sin almacenamiento previo. El ensayo se realizó en un invernadero, utilizando cuatro cajas de tomate recicladas de madera fina (machimbre), con arena blanca como sustrato, previamente esterilizada térmicamente. La duración del ensayo fue del 18 de junio al 8 de agosto de 2024, con observaciones diarias y registro de emergencias. El pico más alto de emergencia se produjo el 23 de junio, con un incremento de 81 plántulas respecto al día anterior, a una temperatura ambiente de 20°C. Los resultados corresponden a valores promedios obtenidos de cuatro repeticiones. El poder germinativo alcanzado fue del 54,25%, considerado aceptable para especies forestales nativas bajo condiciones similares. Esta información ofrece una base técnica para mejorar las estrategias de producción en viveros y planificar calendarios de siembra. Se recomienda profundizar en estudios que evalúen tratamientos pre-germinativos, rangos de humedad, tipos de sustrato y diferentes regímenes de temperatura, a fin de elevar la eficiencia de germinación. En conclusión, el estudio aporta información clave sobre la calidad fisiológica de las semillas de *Peltophorum dubium*, fortaleciendo los procesos de conservación, restauración ambiental y desarrollo sostenible en Paraguay, especialmente en zonas que requieren recuperación forestal urgente.

Palabras clave: *yvyra pytã* (*Peltophorum dubium*), germinación de semillas, reforestación, especies nativas, emergencia de plantines



Riqueza, gremios tróficos y uso de hábitats por aves en paisajes forestales del sureste del Paraguay

Rebeca Isabel Irala Melgarejo¹, Jesús Cabrera², Claudia Rolón¹, Laura Rodríguez¹

¹ Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: rebeca.iram@gmail.com

La conservación de la biodiversidad en paisajes productivos depende de la configuración espacial y del manejo responsable de los hábitats. Forestal Sylvis desarrolla actividades forestales con plantaciones de diferentes variedades de Eucalipto en tres propiedades (Cordillerita, Paraguarí; Piro'y y Loma Linda, Caazapá) ubicadas en el sureste del Paraguay, donde se han implementado Líneas de Base de biodiversidad como parte de sus compromisos con el estándar Forest Stewardship Council (FSC). Este estudio analiza la composición de aves, sus gremios tróficos y el uso de hábitats como insumo para apoyar la planificación forestal. Se registraron un total de 145 especies de aves en tres propiedades (Cordillerita, Piro'y y Loma Linda) evaluadas entre octubre de 2024 y mayo de 2025. Las especies fueron clasificadas según el hábitat utilizado, siendo estos: bosque, sabana, bosque ribereño, borde, plantación forestal, y humedal, gremio trófico ($n=11$) y por sus categorías de conservación, Apéndices CITES y endemismo. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon y Simpson, y de similitud de Jaccard para riqueza de especies y gremios. Los resultados muestran que las sabanas y bosques presentan la mayor riqueza de especies (75 y 64 respectivamente), seguidos por bosque ribereño (41 spp.) y bordes (36 spp.). Las plantaciones forestales de Eucalipto albergaron 22 especies, incluyendo insectívoros, frugívoros y omnívoros. En total, se registraron 21 especies CITES y tres endémicas del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA). Cordillerita presentó el valor más alto de diversidad (Simpson = 0,9875), seguida de Piro'y (0,9868) y Loma Linda (0,98). La similitud de gremios tróficos fue más alta entre Cordillerita y Piro'y (Jaccard = 0,88), mientras que Loma Linda mostró menor similitud (Cordillerita vs Loma Linda = 0,53). Estos resultados sugieren que la diversidad de aves está fuertemente influenciada por la presencia de hábitats nativos como sabanas, bosques ribereños y bordes, los cuales deben ser priorizados en el diseño del paisaje dentro de las planificaciones forestales. Las plantaciones de Eucalipto, aunque menos ricas en especies, contribuyen a la conectividad si están integradas en un mosaico que conserva remanentes naturales. Se recomienda mantener y restaurar estos elementos naturales para maximizar la funcionalidad ecológica del paisaje forestal.

Palabras clave: aves, plantaciones forestales, FSC



Efecto de la fertilización nitrogenada invernal de pastizales nativos en diferentes sistemas silvopastoriles

Jorge Daniel Caballero¹, Jakelina Paiva de Acosta², Cinthia Carolina Scappini Cardozo², Enrique Asterio Benítez León¹, Javier Ovidio Paiva², Julio Salas¹, Luis Alonso¹, Adriana Torres López²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: daniel.caballero@agr.una.py

Los sistemas silvopastoriles (SSP) son una forma de uso múltiple del suelo que integran de manera planificada y sostenible árboles, pasturas y animales en una misma unidad productiva. Este enfoque agroforestal combina la producción ganadera con el aprovechamiento forestal y la conservación de los recursos naturales, generando interacciones beneficiosas entre los componentes del sistema. En los SSP, los árboles proporcionan sombra y abrigo a los animales, reducen el estrés térmico y mejoran el bienestar animal. Además, contribuyen a la protección del suelo contra la erosión, mejoran la infiltración del agua y capturan carbono, favoreciendo la mitigación del cambio climático. Asimismo, estos sistemas permiten diversificar la producción y aumentar la resiliencia frente a condiciones climáticas adversas. Uno de los principales desafíos de los SSP es mantener o mejorar la calidad forrajera del campo nativo, especialmente en regiones donde las pasturas naturales presentan baja fertilidad. En este contexto, la fertilización nitrogenada cobra especial relevancia, ya que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento vegetal. Su aplicación puede incrementar la disponibilidad de biomasa, mejorar el valor nutritivo del forraje y favorecer la producción animal, sin necesidad de sustituir el campo nativo por especies introducidas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de pastizales nativos fertilizados en invierno bajo un sistema tradicional (pleno sol) y dos configuraciones de SSP (hileras simples e hileras dobles) al tercer año de implantación. El experimento se realizó en el distrito de Iturbe, departamento de Guairá, durante un ciclo de 45 días de duración, entre el 6 de agosto y el 21 de septiembre de 2024. Se utilizó un diseño factorial 3x2, con tres sistemas: PS (Pleno Sol), SSP-HS (Silvopastoril con Hilera Simple, formato 8x2) y SSP-HD (Hilera Doble, formato 2x2+16), ambos con una densidad de 625 árboles/ha; y dos tipos de fertilización: SF (sin fertilización) y CF (con fertilización, 150 kg/ha de urea, equivalente a 69 kg de nitrógeno), con cuatro repeticiones por tratamiento. La especie arbórea utilizada fue *Eucalyptus* spp. y la forrajera, una pradera nativa dominada por *Paspalum notatum*. Se evaluaron las siguientes variables: altura (ALT), cobertura (COB), producción de materia verde (PMV) y materia seca (PMS). Los datos fueron analizados mediante ANAVA y prueba de Tukey al 5% de significancia. Los resultados indicaron que no hubo diferencias en ALT y COB entre sistemas, con promedios de 9,5 cm y 75%, respectivamente. Sin embargo, la PMV y PMS fueron significativamente mayores en PS y SSP-HD, con promedios de 487 y 125 kg/ha, sin diferencias entre ellos. En cuanto a la fertilización, se observaron diferencias significativas en todas las variables a favor del tratamiento con fertilización (ALT: 22,9 cm; COB: 93,2%; PMV: 1667 kg/ha; PMS: 508 kg/ha). Se concluye que el sombreado más intenso en el SSP-HS reduce la productividad forrajera, mientras que la fertilización nitrogenada mejora significativamente el rendimiento del campo nativo.

Palabras clave: pradera nativa, producción forrajera, sistemas integrados



Aplicación de urea en pasto Marandu y su efecto sobre el rendimiento forrajero en sistemas silvopastoriles durante el periodo invernal

Jorge Daniel Caballero¹, Jakelina Paiva de Acosta², Cinthia Carolina Scappini Cardozo², Enrique Asterio Benítez León¹, Javier Ovidio Paiva², Tania Fariña¹, Ignacio Achon Forno¹, Fabrizio Jesús Obelar Camperchioli¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Caazapá, Paraguay.

Correspondencia: daniel.caballero@agr.una.py

Los sistemas silvopastoriles (SSP) integran árboles, forrajes y animales en un mismo espacio de manera sostenible, permitiendo una producción ganadera compatible con la conservación de los recursos naturales. La incorporación de árboles ofrece múltiples beneficios, como sombra para el ganado, reducción del estrés térmico, mejora del microclima, protección del suelo y captura de carbono. Cuando se utiliza *Urochloa brizantha* cv. Marandu como especie forrajera en estos sistemas, es fundamental garantizar condiciones adecuadas para su desarrollo, ya que su productividad puede verse afectada por la competencia con los árboles o por la disponibilidad limitada de nutrientes. En este sentido, la fertilización nitrogenada resulta clave, ya que el nitrógeno influye directamente en el crecimiento, el valor nutritivo y la producción de biomasa del Marandu, especialmente en suelos de baja fertilidad. Un manejo adecuado del nitrógeno en SSP puede optimizar el rendimiento forrajero y mejorar la eficiencia del sistema productivo en su conjunto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu con fertilización durante el periodo invernal, bajo un sistema tradicional (pleno sol) y dos configuraciones de sistemas silvopastoriles (hileras simples e hileras dobles), al tercer año de implantación. El experimento se realizó en el distrito de Iturbe, departamento de Guairá, y tuvo una duración de un ciclo de crecimiento de 45 días, entre el 6 de agosto y el 21 de septiembre de 2024. Se utilizó un diseño factorial 3x2, con tres sistemas (PS, SSP-HS y SSP-HD) y dos tipos de fertilización (SF y CF). Los sistemas fueron: PS = Pleno Sol, SSP-HS = Sistema Silvopastoril con Hilera Simple (formato 8x2), y SSP-HD = Sistema Silvopastoril con Hilera Doble (formato 2x2 + 16), ambos con una densidad de 625 árboles por hectárea. Los tratamientos de fertilización fueron: SF = Sin fertilización (testigo) y CF = Con fertilización (150 kg/ha de urea, equivalente a 69 kg de nitrógeno), con cuatro repeticiones por tratamiento. La especie arbórea utilizada fue *Eucalyptus* spp.. Se evaluaron las variables: altura de la pastura (ALT), cobertura (COB), producción de materia verde (PMV) y materia seca (PMS). Los datos fueron analizados mediante ANAVA y prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error. Los resultados mostraron que no hubo interacción significativa. Al comparar los sistemas, no se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables, con valores promedio de ALT = 19,4 cm, COB = 76,6%, PMV = 404 kg/ha y PMS = 149 kg/ha. Por otro lado, al comparar el efecto de la fertilización, se encontraron diferencias significativas en todas las variables a favor del tratamiento con fertilización, con valores promedio de ALT = 37,6 cm, COB = 76,6%, PMV = 2254 kg/ha y PMS = 625 kg/ha, en comparación al no fertilizado, con valores de PMV = 404 kg/ha y PMS = 149 kg/ha. Se concluye que los sistemas de producción evaluados no afectaron significativamente las variables productivas, mientras que la fertilización nitrogenada tuvo un efecto positivo significativo sobre la productividad del pasto Marandu en el periodo invernal.

Palabras clave: producción forrajera, sistemas integrados, *Urochloa brizantha*



Biomasa, carbono y dióxido de carbono almacenado en una plantación de *Eucalyptus* spp.

Maura Isabel Díaz Lezcano¹, Gustavo Adolfo Ayala¹, María Paz López Mereles¹, Pablo Vidal Godoy Bray¹, Estefania Mercedes Godoy Riquelme¹, Rubén Pérez¹, Oscar Sebastián Colmán Sosa¹, Mónica Belén González Maciel¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

Paraguay enfrenta importantes desafíos ambientales, como la deforestación, la erosión del suelo y la degradación de los recursos naturales. En este contexto, el establecimiento de plantaciones forestales surge como una estrategia clave para mitigar estos problemas, promoviendo prácticas sostenibles que contribuyan a la conservación del suelo, el agua y la biodiversidad. En particular, las plantaciones de eucalipto tienen un papel fundamental en la mitigación de los gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono (CO₂). Los eucaliptos son capaces de almacenar grandes cantidades de carbono en su biomasa aérea, que incluye el tronco y la copa. El objetivo de la presente investigación fue estimar el contenido de biomasa, carbono y dióxido de carbono almacenado en una plantación de *Eucalyptus* spp. El estudio se realizó en una parcela de ensayo silvopastoril con *Eucalyptus* spp. en el Campus Universitario de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo. Las actividades llevadas a cabo contaron con el financiamiento de los fondos de incentivo a la investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Convocatoria 2023. Se estableció una parcela de 10.200 m² donde se midió el diámetro a la altura del pecho y la altura total de cada árbol y se estimó la biomasa y el Carbono mediante ecuaciones alométricas. La parcela establecida estaba compuesta por individuos de distintas especies de *Eucalyptus* spp. En el censo se registraron 213 individuos. El listado de especies registradas se describe a continuación: *Eucalyptus dunnii*, *E. citriodora*, (actualmente *Corymbia citriodora*), *E. cloeziana*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. paniculata*, *E. camaldulensis*, *E. urophylla* y *E. microcorys*. Se halló un área basal de 29,65 m².ha⁻¹, los valores de DAP promedio fueron de 38 cm, y un volumen total de 473,05 m³.ha⁻¹. La biomasa total estimada fue de 61,07 t.ha⁻¹, el carbono forestal 30,5 t.ha⁻¹, y el dióxido de carbono equivalente 111,8 t.ha⁻¹. La plantación de *Eucalyptus* spp, del Campus Experimental de la FCA UNA constituye un importante depósito de carbono, capturando dióxido de carbono a través de su biomasa.

Palabras clave: eucalipto, gases de efecto invernadero, mitigación



Análisis multitemporal de cambios en la cobertura vegetal en la Reserva Ecológica Banco San Miguel y Bahía de Asunción

Ruth Liliana Sánchez Altamirano¹, Lourdes González Soria², Pamela Beatriz Cáceres de Martínez³

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal, Bosques y biodiversidad. San Lorenzo, Paraguay.

³ Investigadora Independiente. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: ruthliliana.96@gmail.com

La Reserva Ecológica Banco San Miguel y Bahía de Asunción, amparada por la Ley N° 2715/05 como Área Silvestre Protegida, con la categoría de manejo de Reserva Ecológica, ubicada en las cercanías del centro histórico de Asunción, abarca una superficie total de 601,74 ha (variable según la cota), siendo 300 ha tierra firme. Posee una relevancia ecológica significativa al servir como refugio para aves migratorias y conformar un corredor biológico que conecta los ecosistemas ribereños con la Región Occidental. Sin embargo, su localización estratégica también representa una presión constante debido al desarrollo urbano informal, la presencia de comunidades vulnerables, atracaderos de barcas, depósitos de carga, inseguridad y vertederos ilegales, factores que comprometen la integridad ambiental del sitio. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar los cambios en la cobertura vegetal de la reserva en un periodo anual, mediante el uso de imágenes satelitales multitemporales Sentinel-2A y herramientas de sistema de información geográfica. Esta evaluación permite la identificación de áreas con pérdida, ganancia o estabilidad de vegetación, y constituye una base técnica valiosa para apoyar la gestión y conservación del área. Han sido seleccionadas imágenes Sentinel-2A correspondientes al mes de abril de los años 2024 y 2025, con nubosidad menor al 10%. Se ha calculado el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para detectar variaciones en la vegetación entre ambos periodos. A partir de allí, fueron reclasificadas y definidas cinco categorías de cambio: ganancia significativa, ganancia moderada, sin cambio, pérdida moderada y pérdida severa. Luego, se han calculado las superficies correspondientes a cada clase de cambio utilizando la calculadora de campos en QGIS. Posteriormente, se ha aplicado un método de clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud, definiéndose tres clases temáticas principales: agua, cobertura vegetal y zona desarrollada (viviendas, astilleros, caminos, suelos desnudos). La asignación de estas clases se ha sustentado en los valores de NDVI, donde los valores cercanos corresponden a cuerpos de agua, los valores positivos altos indican cobertura vegetal y los valores intermedios se asocian a zonas desarrolladas. Los resultados revelan una pérdida severa de cobertura vegetal en 15,22 ha y una pérdida moderada en 49,03 ha, localizadas principalmente en la franja ribereña, áreas pavimentadas y caminos internos cercanos a las viviendas. Estas estimaciones muestran una alta correspondencia con los valores obtenidos a partir del cálculo de superficies de la clasificación supervisada, lo que refuerza la validez del análisis multitemporal realizado. Los patrones espaciales identificados evidencian la necesidad de fortalecer estrategias de monitoreo y restauración en las zonas con mayor impacto. En conclusión, el análisis multitemporal basado en imágenes satelitales y herramientas de sistemas de información geográfica han demostrado ser una metodología efectiva para detectar y cuantificar cambios en la cobertura vegetal. Los hallazgos refuerzan la necesidad de aplicar políticas de gestión ambiental sostenibles y establecimiento de monitoreo continuo, con el fin de conservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que provee esta valiosa reserva urbana.

Palabras clave: cobertura vegetal, sistemas de información geográfica, sentinel, clasificación supervisada



Diversidad de aves en paisajes forestales como indicador del valor de conservación en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Ybycuí, Paraguay

Rebeca Isabel Irala Melgarejo¹, Jesús Cabrera², Claudia Rolón¹, Laura Rodríguez¹

¹ Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Ambiental. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: rebeca.iralam@gmail.com

Los paisajes productivos que conservan fragmentos de vegetación nativa pueden desempeñar un rol clave en la conservación de la biodiversidad, especialmente cuando se insertan en zonas de alta prioridad ecológica, como lo es la zona de amortiguamiento (ZA) del Parque Nacional Ybycuí (PNY), una de las áreas protegidas más importantes del Bosque Atlántico del Alto Paraná en Paraguay. Las aves, uno de los grupos mejor estudiados en esta unidad de conservación, funcionan como bioindicadores efectivos del estado ecológico del paisaje. Este estudio evaluó la diversidad de aves en la propiedad Cordillerita, ubicada en el distrito de Ybycuí, Departamento de Paraguarí, como indicador del valor de conservación de áreas productivas de *Eucalyptus* spp. certificadas por el Forest Stewardship Council (FSC) inmerso en un mosaico de hábitats que incluye sabanas, bosques ribereños, bordes de plantaciones y humedales identificados a través de una Línea de Base Ambiental. Los relevamientos ornitológicos se realizaron del 17 al 21 de enero de 2025 mediante 24 puntos de conteo. Se registraron 80 especies de aves, entre ellas, una especie clasificada como Amenazada a nivel nacional (*Geotrygon violacea*, MADES 2019), 11 especies incluidas en los Apéndices de CITES, tres endémicas del Bosque Atlántico del Alto Paraná, lo que resalta el valor de conservación del sitio. Las sabanas y los bosques ribereños concentraron la mayor riqueza (55 y 38 especies, respectivamente), mientras que las plantaciones forestales registraron 15 especies. Presentó un índice de diversidad de Shannon de 4,39 y un índice de Simpson de 0,9875, los cuales indican una comunidad diversa y equitativa. El análisis de similitud entre hábitats mediante el índice de Jaccard mostró alta complementariedad entre sabanas y bosques ribereños (0,39), y entre bosques y bordes (0,36), lo cual sugiere que estos ambientes comparten comunidades de aves y podrían beneficiarse de una conectividad funcional. En contraste, las plantaciones forestales y los humedales mostraron menor similitud con otros hábitats (<0,25), reflejando ensamblajes más particulares o especializados, o que presentaron menor cantidad de unidades de muestreo. Se destaca la importancia de la evaluación de biodiversidad para la planificación de paisajes de producción forestal, dado que puede mantener vegetación nativa como componentes esenciales de la matriz, para asegurar procesos ecológicos clave y garantizar la persistencia de especies sensibles, si se manejan bajo estándares sostenibles. Se resalta la proximidad de esta propiedad privada al Parque Nacional Ybycuí, lo que refuerza la importancia estratégica de su manejo, el cual integra la conservación de la biodiversidad en estos paisajes productivos.

Palabras clave: aves, Parque Nacional Ybycuí, plantaciones forestales, FSC



Incendios forestales en Paraguay: evolución histórica y desafíos del manejo integral del fuego

Gabriela Aguilera¹, Jorge González¹

¹ Instituto Forestal Nacional. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: aguileragabi98@gmail.com

El uso del fuego ha formado parte de las prácticas culturales e históricas del territorio paraguayo, asociado al desarrollo de actividades agropecuarias y de subsistencia. No obstante, con el paso del tiempo, su uso ha evolucionado hacia un manejo descontrolado que ha generado impactos ambientales de gran magnitud, convirtiéndose en un problema crítico para los ecosistemas. En las últimas décadas, Paraguay ha experimentado un aumento progresivo en la recurrencia, intensidad y extensión de los incendios forestales, intensificado por factores como el cambio climático, fenómenos de sequía prolongada, el uso indiscriminado del fuego, y la expansión de la frontera agropecuaria. Solo en el año 2023, se reportaron más de 1,2 millones de hectáreas afectadas por incendios, lo que representa una grave amenaza para la biodiversidad, los recursos forestales y la seguridad de las comunidades rurales (INFONA, 2023). El presente trabajo tiene como objetivo analizar la evolución histórica de los incendios forestales en Paraguay, así como los avances institucionales y técnicos implementados a través del enfoque de manejo integral del fuego, identificando los principales desafíos actuales para la conservación de los bosques y la biodiversidad. La metodología utilizada consistió en una revisión documental de fuentes normativas, institucionales y técnicas vinculadas al manejo del fuego, complementada con el análisis descriptivo de datos históricos. Además, se incorporaron estudios de caso de experiencias piloto implementadas que incluyen acciones de prevención, conformación de cuadrillas forestales, capacitación comunitaria y educación ambiental. Los resultados muestran un incremento notable de los incendios forestales entre los años 2015 y 2024, con años especialmente críticos como 2019 y 2020. La promulgación de la Ley N° 6818/2021, que establece el marco legal para el Manejo Integral del Fuego, ha permitido el fortalecimiento institucional mediante la creación de la Red de Manejo Integral del Fuego (RedMIF), el desarrollo del Portal de Manejo del Fuego, la formación de personal técnico y operativo, así como campañas educativas. Sin embargo, persisten importantes desafíos, como la escasa articulación entre municipios, la débil participación estructurada de las comunidades locales y la falta de financiamiento sostenido para acciones de prevención y respuesta. Se concluye que el abordaje del fuego en Paraguay requiere consolidar una visión ecosistémica, territorial y participativa, integrando tecnología, educación ambiental y saberes locales. Esto permitirá fortalecer la gobernanza del fuego y avanzar hacia una gestión forestal resiliente y sostenible que proteja los bosques y la biodiversidad del país.

Palabras clave: manejo del fuego, incendios forestales, biodiversidad, conservación, Paraguay



Efecto de la cobertura de copa de *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze var. *bimucronata* en un modelo de restauración del paisaje forestal

María Antonella Valdez Escurra¹, Luis Guillermo Estela Colmán¹, Nadia Zamira Manzur Báez¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Alba Liz González¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Haroldo Silva²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: anttonellavaldezz@gmail.com

La restauración del paisaje forestal (RPF) en áreas degradadas enfrenta el desafío de seleccionar especies que no solo sean resilientes, sino que también mejoren las condiciones microambientales para favorecer el establecimiento de la vegetación nativa. En este contexto, *Mimosa bimucronata* (DC.) Kuntze var. *bimucronata*, una especie arbórea de la familia Fabaceae, presenta características particulares que podrían influir en el éxito de los proyectos de RPF. Esta especie se distingue por su extensa ramificación basal y una copa densa y cerrada, características que generan un sombreado intenso y podrían afectar negativamente la supervivencia de especies nativas con mayores requerimientos lumínicos o menor tolerancia a la sombra. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cobertura de copa de *M. bimucronata* sobre la supervivencia de especies nativas en un modelo de RPF implementado en la región del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA). La investigación se llevó a cabo en parcelas experimentales establecidas por ITAIPU Binacional en el distrito de Hernandarias, Paraguay. Las unidades experimentales de 36 m x 30 m cada una y fueron establecidas durante el primer semestre de 2021, por lo que al momento del estudio las plantaciones tenían 48 meses de desarrollo. El diseño experimental consistió en cinco bloques al azar, donde se monitoreó la supervivencia de especies nativas bajo y fuera de la influencia de *M. bimucronata*. Se realizó un muestreo sistemático mediante transectos trazados en los ejes X e Y, así como en diagonal, identificando y registrando todos los individuos presentes. Los resultados demostraron un efecto diferenciado de la cobertura de *M. bimucronata* sobre las especies evaluadas. *Alchornea glandulosa* (chipa rupa) fue la más afectada, con una supervivencia de 26,67% bajo su copa frente a 75,00% en áreas libres, una diferencia de 48,33%. *Balfourodendron riedelianum* (guatambú) también mostró una reducción significativa de 26,67%. *Myrocarpus frondosus* (incienso), *Handroanthus heptaphyllus* (lapacho negro) y *Astronium fraxinifolium* (urunde'y para) presentaron diferencias menores (6,67%; 11,82% y 13,33% respectivamente). *Jacarati'a spinosa* (jagarati'a) y *Schinus terebinthifolia* (molle'i) no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere una mayor tolerancia a la sombra. Aunque se trabajó a escala de parcela, estos resultados aportan datos clave que pueden ser considerados en estrategias de planificación de RPF a nivel de paisaje, especialmente en lo referente al uso estratégico de especies pioneras como *M. bimucronata* para facilitar o limitar el establecimiento de otras.

Palabras clave: competencia por luz, especies pioneras, interacciones interespecíficas, tolerancia a la sombra



Efecto de las inundaciones sobre los parámetros morfológicos de Guajayvi (*Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S. Mill.)

María Esther Riveros Pineda¹, Sara Beatriz Guillen Hermosa², Manuel Enciso², Lourdes Patricia Elías Da Costa², Enrique Asterio Benítez León², Juan Venancio Benítez Núñez¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: mariariveros594@gmail.com

El Guajayvi (*Cordia americana* L.) es una especie forestal nativa originaria de América tropical, es un árbol de porte medio caracterizado por su corteza rugosa, que crece en zonas de bosques ribereños y posee una gran importancia económica, ecológica y cultural por sus aplicaciones maderables, medicinales y ornamentales. Una de las principales limitaciones para su manejo sostenible es la escasa información disponible sobre su tolerancia a condiciones de inundación, siendo necesario comprender el efecto de estas condiciones adversas que permita el establecimiento de programas de reforestación, restauración de zonas degradadas, la conservación de la especie y el manejo de la biodiversidad de forma sostenible. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de las inundaciones prolongadas en los parámetros morfológicos de la especie Guajayvi. El experimento se realizó en el Vivero Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción entre los meses de agosto a octubre de 2019. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: tres tiempos de inundación: 14 días, 28 días, 81 días y un tratamiento testigo de riego diario con drenajes. Cada tratamiento contó con 4 repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales, con 6 plantas por unidad, la población estudiada fue de 96 plantas de Guajayvi de 120 días de edad. Para las variables evaluadas se tuvieron en cuenta los parámetros morfológicos correspondientes a crecimiento en altura, diámetro de tallo y número de hojas. Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Los resultados indicaron que la especie presenta cierto grado de tolerancia a la inundación, sin embargo, a los 81 días bajo condiciones anegadas, se observaron efectos negativos, como la disminución del crecimiento en altura, aumento de grosor del diámetro como posible respuesta a la falta oxígeno y la disminución del número de hojas que mostraron signos de estrés. En las condiciones en que se realizó el experimento, se puede afirmar que, de acuerdo a los resultados obtenidos, se permitió conocer el límite de las inundaciones que la especie pueda soportar, ayudaría en la implementación de prácticas de manejo que favorezca al desarrollo y supervivencia en ambientes sensibles a esta condición.

Palabras clave: *Cordia americana*, reforestación, inundación, altura, hojas



Desarrollo inicial de especies forestales plantadas para restauración ecológica de bosques del Cerrado, Concepción – Paraguay

Karen Mariel Mora Acosta¹, Lourdes González Soria², Enrique Benítez León³,
María Carolina Escobar Ortiz⁴

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Bosques y biodiversidad. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Dirección de Investigación. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: moraacosta421@gmail.com

El Cerrado es una ecorregión, que solo está en Sudamérica, en Paraguay ocupa 15.575 km², correspondientes a mosaicos de vegetación arbórea, arbustiva y de pastizales que adoptan diferentes conformaciones, en suelos sueltos. Está amenazada por la ganadería y los incendios que, si bien son parte necesaria de la ecología de sus ambientes, son cada vez más frecuentes e intensos. Se busca restaurar un Cerradón en un área que fue utilizada para ganadería hasta el 2023 ubicada en el distrito de Sargento José Félix López, departamento de Concepción, en las coordenadas 22°34'44.21" S, 56°50'27.87" W. El objetivo fue evaluar el desarrollo inicial de especies forestales plantadas para restauración ecológica de bosques del Cerrado. La misma está sometida a restauración activa con técnicas de nucleación en una superficie de 11 ha. Fueron utilizadas plantas de 9 especies nativas diferentes, seleccionadas en vivero de acuerdo con criterios de calidad sanitaria y morfológica (hojas sanas, tallo recto, buena proporción parte aérea), con altura promedio de 0,30 m. Se instalaron 28 núcleos, compuestos por 100 individuos, con distanciamiento de 2 m x 2 m. Para la implantación se eliminó la pastura exótica superficialmente y se plantó en hoyos de 20 cm de diámetro, con profundidad variable (acorde al tamaño del cepellón). Treinta días después de la plantación se aplicó fertilizante (formulación NPK 6-26-6). Esta primera evaluación se hizo a los dos meses de la plantación, en el mes de febrero de 2025. Se evaluó: cantidad de ramas, altura y estado fitosanitario de todas las especies plantadas. Los resultados indicaron que, la supervivencia varió entre 96 y 100% para todas las especies. De las nueve especies implantadas, *Cordia americana* y *Parapiptadenia rigida* fueron las que más ramas desarrollaron, con 36 y 33 ramas, mientras que *Handroanthus impetiginosus* (8), *Amburana cearensis* (5) y *Pterogyne nitens* (5) mostraron los valores más bajos. En cuanto al crecimiento en altura, las especies que presentaron la mayor cantidad de individuos en los rangos más altos fueron *Cordia americana* (92,37%), *Myracrodruon urundeuva* (81,59%) y *Amburana cearensis* (80,76%) las cuales se hallaron en el rango 0,31 a 0,90 m. Los problemas fitosanitarios encontrados en mayor porcentaje fueron el ataque por insectos y la presencia de clorosis foliar: *Cordia americana* (42,7%), *Handroanthus impetiginosus* (32,2%) y *Amburana cearensis* (30,8%) fueron las especies con mayor incidencia de ataque de insectos. A su vez, *Cordia americana* (20,7%) y *Handroanthus impetiginosus* (17,1%) fueron las especies con mayor porcentaje de clorosis, las demás especies presentaron menos del 7% de clorosis. Este análisis temprano indica que existe desarrollo y sensibilidad a factores bióticos diferenciado entre especies. El estudio aporta elementos para seleccionar adecuadamente las especies, según su comportamiento temprano y sanidad. Estos aspectos influyen en su adaptabilidad y eficiencia en el sitio.

Palabras clave: Cerrado; cerradón; ecorregión; restauración activa; técnicas de nucleación



Errores en la medición de trozas, seccionadas mediante Harvester, en la cosecha de una plantación forestal

Oscar Manuel Vera Cabral¹, Sebastián David Cantero¹,
Rubén Darío Pérez de la Gracia¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: oscar.vera@agr.una.py

La cosecha forestal constituye una fase muy importante de la producción de madera a partir de plantaciones. La mecanización de la cosecha ofrece ventajas técnicas, ambientales, sociales y financieras. El Paraguay, se destaca por la incorporación reciente del Harvester, cuya tecnología permite perfeccionar el empleo de recursos, el desempeño operativo y el aumento de calidad. En cuanto a la calidad de los productos, el dimensionamiento preciso de las trozas procesadas, así como el registro y sistematización de las variables: diámetro, largo y volumen, son claves para la optimización de la producción, al disminuir pérdidas derivadas de la mensura y el cumplimiento de criterios de calidad de la materia prima foresto industrial. El objetivo del presente estudio fue: la identificación, valoración y análisis de los errores de medición de trozas producidas con Harvester. Los datos fueron colectados en una plantación de *Eucalyptus grandis*, con 25 años, proveniente de semillas del departamento de San Pedro; cosechada con el sistema cut to length o CTL, con Harvester y Forwarder. El tractor forestal Harvester estaba constituido por una máquina base a orugas marca Caterpillar 320, con un cabezal Waratah, HTH622B. El corte forestal produjo las trozas siguientes: C-I: troza basal y supra basal, 6,15 m de largo y hasta 17 cm en punta fina, para laminado (preferentemente) o aserrado; C-II: troza supra basal superior, podado o no, 3,75 m de largo y hasta 19 cm en punta fina, para aserrado; y C-III: troza superior de copa, con largo 5 m y sin diámetro mínimo, para biomasa energética. Para determinar los errores de medición se tomaron los datos de una muestra de 758 trozas, registrados por la computadora de a bordo del tractor, equipada con sistema de control y medición TimberRite H-15, que proveyó las variables de largo, los diámetros basales y de punta fina, en metros (valores esperados, VE). La determinación de los valores observados (VO), fue en el mismo orden de procesamiento, donde se obtuvieron en secuencia las mismas variables de las trozas ya apiladas en el suelo. El error de medición fue determinado mediante la diferencia del VO y VE, expresándose en términos absolutos y relativos. Los errores de medición han mostrado diferencias significativas preponderantemente en el largo y diámetro de trozas superiores (C-II y C-III), con promedio del 0,2% (s=0,1 %) y 0,5% (s=0,3 %). El error de determinación del volumen de trozas basales y suprabasales en promedio de 0,1% (s=0,01%) y 0,3% (s=0,2%). El factor influyente en los errores de medición y dimensionamiento de las trozas ha sido la edad, volumen individual de trozas, grosor de corteza, forma de la sección de los fustes, así como la presencia y tamaño de ramas. Los errores de sub y sobredimensionamiento determinados pueden incidir en pérdidas en la cuantificación y registro de la producción, así como falta de cumplimiento de estándares de calidad de la materia prima.

Palabras clave: error de medición, cosecha forestal, harvester



Comunidades degradadas, bosques olvidados: una visión para la restauración

Marcos Ulises Hernández Reyes¹

¹ Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.

Correspondencia: ulisesmhrs@gmail.com

La comunidad de El Rosario se ubica en Tlaxco (Tlaxcala), en la Sierra Volcánica Transversal de México, donde predominan bosques templados de pino, encino y oyamel. Estos bosques son esenciales para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos locales. No obstante, Tlaxcala ha perdido gran parte de su cobertura forestal: actualmente solo el 17% del territorio está cubierto por bosques (9% primario), mientras que el 72% se dedica a la agricultura. El municipio de Tlaxco (que incluye El Rosario) es uno de los cinco con mayor superficie boscosa en el estado, pero exhibe degradación evidente: la deforestación (por tala, incendios e insectos) ha provocado la extinción local de cientos de árboles. Este contexto resalta la necesidad de restauración ecológica en la comunidad. El objetivo fue evaluar el grado de degradación de los bosques templados en El Rosario Tlaxco, Tlaxcala y diseñar estrategias de restauración ecológica participativa. Se busca identificar las causas y magnitud de la deforestación local, así como proponer acciones para recuperar la cobertura arbórea y los servicios ecosistémicos asociados. - Análisis multitemporal de imágenes satelitales (LANDSAT) para cuantificar cambios en la cobertura forestal del ejido El Rosario. - Inventarios de campo en parcelas representativas (registro de especies arbóreas, regeneración natural y biodiversidad remanente). - Entrevistas semiestructuradas a ejidatarios y líderes locales sobre prácticas de uso del suelo, incendios y plagas. - Revisión de registros históricos del plan de manejo forestal del ejido y de proyectos previos de reforestación. - Elaboración de un plan de restauración basado en la integración de resultados y la participación comunitaria. El análisis multitemporal reveló una reducción clara de la cobertura boscosa local, consistente con la pérdida estatal de aproximadamente 13.000 hectáreas entre 2016 y 2021. Los inventarios de campo indicaron baja regeneración de las especies arbóreas dominantes (pino y oyamel) en áreas intervenidas y una mayor fragmentación de los parches forestales. La fauna nativa también se vio afectada, reflejo de la pérdida de hábitats naturales causada por la deforestación. Sin embargo, la comunidad ha iniciado acciones restaurativas: en 2023 se plantaron 1.000 árboles y brigadas locales combaten plagas forestales como el gusano descortezador, la cual se ha vuelto de principal importancia en las acciones de saneamiento, ya que afectó 3.238 ha en 2022, en la actualidad aún se encuentra latente, no se cuentan con estimaciones de la cobertura total afectada, las brigadas se mantienen al tanto de su expansión, llevando a cabo acciones de control como tala controlada, que han resultado efectivas para la disminuir la presencia del gusano descortezador. La restauración ecológica en El Rosario representa una oportunidad concreta para recuperar servicios ecosistémicos clave como la regulación hídrica y la captura de carbono, así como estrategias para conservar la biodiversidad local, al tiempo que se fortalece el vínculo entre comunidad y bosque. Se recomienda continuar con estrategias mixtas de reforestación activa, conservación de parches remanentes y fortalecimiento de capacidades locales para un manejo adaptativo del paisaje.

Palabras clave: restauración ecológica, deforestación, biodiversidad, bosques templados, Tlaxcala



Análisis comparativo del proceso de conversión de madera rolliza de eucalipto, en trozas y fustes a chips

José Rolando Avalos Céspedes¹, Oscar Manuel Vera Cabral¹, Hugo Armando Barúa Acosta¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.
Correspondencia: oscar.vera@agr.una.py

Los sistemas de cosecha forestal empleados para producir biomasa con fines energéticos, poseen implicancias operacionales diferenciales muy reconocidas, en cuanto a las maquinarias, procesos, los costos resultantes y otras cuestiones técnicas claves, tales como el formato de la madera rolliza o biomasa producida y destinada al astillado para su transporte. Este estudio determinó y comparó los parámetros operacionales, los costos de operación y de producción de chips a partir de 2 tipos de madera rolliza de *Eucalyptus* spp., clasificada como: trozas cortas (TC) y fustes enteros (FE), transformados mediante un conjunto de maquinarias constituido por una chipeadora marca LIPPEL, de 285 HP y un tractor CASE de 130 HP con una grúa y garra hidráulica, encargada de la alimentación. Los datos fueron obtenidos en la empresa ASISMED Forest, localizada en el departamento de Caazapá. La madera rolliza en formato FE y TC, fueron cosechadas de distintos rodales mediante 2 diferentes sistemas de cosecha forestal (Sistema Full tree y Sistema Cut-to-length), apiladas para el secado por un lapso de 90 días al borde de los caminos. Para los cálculos se obtuvo una muestra conformada por varios ciclos de trabajo del conjunto de maquinarias para el chipeado. Los ciclos de trabajo estuvieron definidos como el tiempo destinado para la carga y llenado de la caja de carga de un camión especializado para el transporte de chips, mediante la chipeadora. El cronometraje realizado fue del tipo: tiempos continuos, donde se fueron registrados unas 30 horas de trabajo, sobre las cuales se realizó un estudio de tiempos y movimientos que permitió determinar la duración promedio de los ciclos de trabajo (tiempo de carga de camión con chips), la eficiencia operacional (EO) y la productividad (Pr). Los costos fueron calculados utilizando el método contable, que requirió el empleo de datos referentes a costos de campo y precios de mercado. Los resultados arrojaron valores de 78% de EO y una Pr de 18,91 t por hora; trabajando con TC; así también una EO de 84%, con una Pr de 20,4 t por hora, chipeando FE. El costo horario u operacional fue de 142 U\$ por hora, con un costo de producción de 7 U\$ por tonelada, para el trabajo con TC; en contrapartida, se obtuvo un costo horario u operacional de 182 U\$ por hora y un costo de producción de 10 U\$ por tonelada para el trabajo con FE. Se concluye que el mejor formato, o más óptimo para el chipeado es el de fustes enteros, debido a que favorece un mejor desempeño del conjunto de maquinarias en la operación de chipeado y carga de camiones. Los costos más elevados calculados en la operación con FE, pueden ser ampliamente solventados mediante los costos que ofrece el sistema Full tree, para la cosecha de biomasa energética.

Palabras clave: chipeado, trozas cortas, fustes enteros, costo operacional, tiempos y movimientos



Evaluación de la sobrevivencia de especies forestales en un modelo de restauración del paisaje forestal con Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.)

Fatima Paz Arami García González¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Luis Guillermo Estela Colmán¹, Fernando José Páez Tattón¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional, Hernandarias.

Correspondencia: garciafatty013@gmail.com

La Yerba Mate presenta características ideales para la restauración, como su capacidad para crecer en suelos degradados, su tolerancia a las sequías y su valor económico. En cambio, es necesario evaluar su efectividad como especie de aprovechamiento en la Restauración del Paisaje Forestal, teniendo en cuenta que existe muy poca información al respecto, que pueda ser utilizada para la planificación y evaluación de proyecto comunitario, así como también evaluar otras especies nativas. El objetivo de este estudio fue evaluar la sobrevivencia de las especies arbóreas plantadas en un modelo de Restauración Forestal con Yerba Mate como especie de aprovechamiento en un ensayo experimental de restauración del paisaje forestal perteneciente a Itaipú Binacional, en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná, Paraguay. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. En la parcela experimental donde fue realizada la evaluación mencionada fueron instalados 5 bloques completamente al azar, con 8 tratamientos, los cuales se encuentran divididos en franjas de aprovechamiento y conservación, siendo el tratamiento 7, objeto de este estudio. El relevamiento de datos fue realizado a los 48 meses de instalación de la parcela experimental, a partir de su instalación en 2021. Este tratamiento incluyó franjas de aprovechamiento y conservación en las que se introdujeron 17 especies nativas, seleccionadas por su función ecológica como especies de cobertura y de diversidad. Entre las especies evaluadas se destacan: *Heliocarpus popayanensis* (Apeyva), *Annona neosalicifolia* (Aratiku), *Alchornea glandulosa* ssp. *Iricurana* (Chipa rupa), *Inga uraguensis* (Inga guasu), *Lithraea molleoides* (Chichita), *Solanum granuloseprosum* (Hui moneha), *Mimosa bimucronata* (Jukeri'i), *Dahlstedtia muehlbergiana* (Ka'a oveti), *Croton urucurana* (Sangre de drago) y *Enterolobium contortisiliquum* (Timbo), las cuales alcanzaron un 100% de sobrevivencia en todos los bloques. En contraste, especies como *Jacaratia spinosa* (Jakaratiá) y *Campomanesia xanthocarpa* (Guavira pytã) presentaron las tasas más bajas de sobrevivencia. La Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) mostró una tasa de sobrevivencia de 60,45% posterior a la reposición de 100% de los individuos, lo que indica un desempeño moderado en las condiciones edafoclimáticas del sitio. Estos resultados evidencian que, si bien la combinación de especies fue parcialmente favorable, algunas especies nativas demostraron un alto potencial para su inclusión en futuros proyectos de restauración del paisaje forestal, mientras que otras requieren un estudio más detallado para confirmar su adaptabilidad y desempeño a largo plazo.

Palabras clave: sobrevivencia, restauración, parcela, paisaje, aprovechamiento, tratamiento, especie, franjas, conservación



Potencial maderero y de regeneración de un bosque nativo en el distrito de Cerro Cora, departamento de Amambay

Miguel Bernal Álvarez¹, Lourdes Patricia Elias Dacosta¹, Manuel Enciso¹, Mirtha Vera¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: patricia.elias@agr.una.py

El conocimiento sobre el potencial de especies maderables con valor comercial y la regeneración de las mismas brindan información valiosa a la hora de extraer los recursos del bosque de forma racional. La investigación se llevó a cabo en el bosque nativo del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias que se encuentra en el Distrito de Cerro Corá, Departamento de Amambay. El objetivo del trabajo fue determinar el potencial maderero y de la regeneración del bosque. El área total del bosque es de 77 hectáreas y se utilizaron 10 unidades de muestreo de 700 m² cada una, estas unidades corresponden a parcelas que ya fueron instaladas para trabajos anteriores. Las variables registradas fueron, especie, altura comercial y total, diámetro a la altura del pecho (5 a 9,9 cm para latizal alto y 10 cm en adelante para árbol), forma del fuste, tipo de bifurcación y estado sanitario. Se determinó el número de clases diamétricas para luego clasificar las especies de importancia comercial según el DMC (diámetro mínimo de corta) considerando la normativa nacional vigente. También se calculó el volumen y área basal por parcela y por hectárea considerando las clases diamétricas. Fueron registrados 623 individuos para una hectárea, donde 273 corresponden al latizal alto. Del total de individuos por hectárea 217 tienen valor comercial. Considerando todas las especies, la mayor cantidad de individuos registrados presentan fustes rectos, sin bifurcaciones y se encuentran en estado sano. El área basal por hectárea del total de especies fue de 28,19 m², mientras que el volumen total y comercial por hectárea fue 357,8² m³ y 165,51 m³ respectivamente. En cuanto a las especies con valor comercial el área basal por hectárea fue 15,91 m² y el volumen total y comercial por hectárea fue 212,46 m³ y 109,67 m³ respectivamente. Para las especies que cumplen con el DMC se registró un volumen total por hectárea de 191,45 m³ y 96,32 m³ para volumen comercial por hectárea, siendo la especie *Aspidosperma polyneurom* Müll. Arg. la que presenta mayor volumen total y comercial. Considerando los resultados obtenidos es conveniente realizar un monitoreo del bosque de forma permanente a fin de conocer la dinámica del mismo respecto al ingreso y mortalidad de todas las especies en especial de regeneración.

Palabras clave: especies nativas, potencial maderero, volumen



Biomasa remanente en la postcosecha, potencialmente aprovechables producidas por plantaciones de *Eucalyptus* en áreas bajas drenadas del departamento de Caazapá, Paraguay

Oscar Manuel Vera Cabral¹, Ruth Liliana Sánchez Altamirano¹, Jorge Daniel Paiva Ávalos¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, San Lorenzo, Paraguay.
Correspondencia: oscar.vera@agr.una.py

Las plantaciones forestales en campos naturales bajos, drenados, del departamento de Caazapá, para producción múltiple de madera sólida y biomasa energética, generan rastrojos de cosecha que comprende la fracción no utilizable por las forestoindustrias. La cantidad de rastrojos resultantes es dependiente del sitio y la intensidad de utilización o aprovechamiento y esto a su vez es favorecido por la deficiente capacidad de soporte de los suelos para la operación de maquinarias que deben transitar sobre vías conformadas por residuos y la escasa demanda industrial de los compuestos que conforman los rastrojos debido a limitaciones tecnológicas de la industria local para obtener energía a partir de su utilización. El objetivo del presente estudio fue medir a campo la biomasa remanente, posterior a la cosecha de plantaciones de *Eucalyptus* instaladas en campos naturales bajos, drenados. Los datos fueron obtenidos en áreas cosechadas por una empresa local, que contenían volúmenes totales de entre 200 a 215 m³/ha, a los 8 años de edad y 1.250 árboles por ha aproximadamente. La cosecha fue realizada mediante el sistema cut-to-length, con harvester y forwarder, que produjeron 3 tipos de surtido de trozas. La metodología consistió en un inventario por muestreo de la biomasa remanente, medida en campo posterior a la cosecha mecanizada. Para esto se emplazaron sistemáticamente 20 unidades muestrales de 200m². La ubicación consideró el ancho del frente de corte y extracción de las maquinarias, así como la vía de operación de las mismas, constituida por los residuos del procesamiento. El material en estado verde y semiseco fue colectado minuciosamente dentro de cada muestra y pesado con precisión de 0,5 kg mediante balanzas péndulas de gran capacidad. Posteriormente fue establecida su composición básica, discriminando y clasificando las hojas, ramas, fustes y corteza. Mediante sub muestras, se determinó en laboratorio el contenido de humedad de cada componente, secando las sub muestras en estufa hasta peso constante. Los resultados arrojaron un promedio de 20,4 t.ha⁻¹ (s=7,8) de biomasa residual en estado húmedo y un promedio de 17,4 t.ha⁻¹ (s=1,8) materia seca; distribuidas geográficamente en el campo con un 85% colocadas directamente sobre la vía de operación de máquinas y el 15% restante sobre las demás fajas del frente de corte utilizado por los tractores. Los valores constituyen importantes cuantías de residuos que pueden llegar a conformar el 35% de la producción total de madera cosechada. La determinación de los niveles de cosecha y residuos remanentes en la producción forestal es la base para el análisis del balance energético, de los costos y los beneficios del aumento de la intensidad de aprovechamiento. Intensificar el uso de residuos de cosecha mejorará la eficiencia energética de la producción, producirá ventajas en la interfase cosecha forestal y la silvicultura; incidirá en el manejo del fuego y potenciales incendios, así como en el flujo y stock del carbono. Las estrategias para lograr esto, se centran en la incorporación de tecnología de cosecha forestal y uso industrial de la biomasa considerada como residuo.

Palabras clave: biomasa energética, nivel de aprovechamiento, eficiencia y balance energético



Estimación del Carbono almacenado en el arbolado urbano de la ciclovia de San Lorenzo, Paraguay

Sol Flores¹, Lourdes Patricia Elias Dacosta¹, Maria Laura Quevedo Fernandez¹, Larissa Rejalaga Noguera¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: patricia.elias@agr.una.py

Los árboles en zonas urbanas son pulmones verdes que regulan la temperatura del ambiente, minimizan y mitigan la contaminación que se produce en estas áreas y por este motivo son de vital importancia para la salud. Es necesario contar con datos locales sobre la capacidad de almacenamiento de Carbono en las especies forestales específicamente en la ciclovia de San Lorenzo, ya que es considerado un pulmón verde de uso frecuente por adultos y niños. El objetivo del trabajo fue estimar el contenido de Carbono almacenado en el arbolado urbano en la ciclovia de San Lorenzo, Central. Se identificaron especies nativas y exóticas para determinar la composición florística existente en el predio, el cual cuenta con un área de 7 hectáreas. Se registraron datos de todos los individuos con un DAP ≥ 10 cm en adelante, se tomaron datos de variables como especie, diámetro a la altura del pecho y altura total. Para la determinación de la biomasa fue aplicado el método indirecto. Para las especies nativas se utilizaron ecuaciones alométricas desarrolladas a nivel nacional y para las especies exóticas se realizaron cálculos de área basal y volumen. Para el cálculo de biomasa se utilizó datos de densidad de la madera y el factor de expansión de biomasa (1,74). Fueron excluidas del cálculo de biomasa y Carbono las especies frutales y palmas (seis especies), ya que el estudio se centró en las especies forestales para la determinación del Carbono. Se registró un total de 1415 individuos pertenecientes a 27 familias botánicas y 69 especies. Las familias más abundantes fueron Bignoniaceae, Fabaceae y Myrtaceae. Las especies con mayor predominancia fueron *Handroanthus heptaphyllus*, *Eucalyptus* sp. y *Peltophorum dubium*, donde se ha registrado mayor biomasa y Carbono en las dos últimas especies mencionadas. La biomasa por hectárea para las especies nativas dio como resultado un valor de 43,93 t/ha y un valor de Carbono almacenado de 21,78 t/ha, El valor de biomasa para las especies exóticas fue de 142,89 t/ha y el valor de carbono almacenado de 71,45 t/ha. Los resultados obtenidos demuestran que los árboles urbanos del área estudiada proporcionan un beneficio ambiental importante representado por su papel como sumidero de carbono.

Palabras clave: composición florística, arbolado, carbono, ecuación alométrica



Viabilidad económica de un modelo de restauración forestal establecido en fajas de conservación y aprovechamiento con *Eucalyptus* spp.

Alexander Abdel Fleitas Saucedo¹, Maria Laura Quevedo Fernandez¹, Haroldo Silva², Victoria Kubota², Oscar Manuel Vera Cabral¹, Jorge Daniel González Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: alexander.fleitas.py@gmail.com

La restauración de ecosistemas forestales deforestados y degradados constituye una herramienta clave para enfrentar el cambio climático y recuperar servicios ecosistémicos, siendo necesario desarrollar modelos económicamente viables que integren la conservación con la producción forestal. Este trabajo tuvo como objetivo estimar la viabilidad económica de un modelo de restauración forestal establecido en fajas de conservación y aprovechamiento con *Eucalyptus* spp. El estudio se realizó utilizando datos provenientes de una parcela experimental perteneciente a Itaipú Binacional ubicada en el distrito de Hernandarias, Alto Paraná, Paraguay. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. La metodología se basó en la recopilación de información silvicultural y económica a través de planillas de campo y encuestas a prestadores de servicios, evaluando los costos e ingresos generados hasta el primer raleo a los 36 meses, además se proyectó la productividad de la faja de aprovechamiento del modelo de restauración utilizando el software SisEucalipto. Entre las actividades realizadas y valoradas se encuentra la preparación de suelo en área total, la plantación, la fertilización, el control de malezas y hormigas, así como 6 podas, y un raleo mixto semi-mecanizado al 33,3%. Los datos de volumen fueron obtenidos mediante el método de Smalian a partir de 56 árboles, correspondiente a 25,18 m³.ha⁻¹ o 11,55 toneladas y fueron valorados mediante los resultados obtenidos de la encuesta de valor pago por productos. Los valores actualizados hasta los 36 meses con una tasa de descuento al 9,75% fueron 12.607.307 Gs/ha para los costos y 2.360.579 Gs/ha para los ingresos, resultando en una diferencia de -10.246.727 Gs/ha. El ingreso obtenido por la venta del producto (leña) corresponde a 18,72% de los costos hasta los 36 meses del proyecto. Por otra parte, en un horizonte de 10 años y con productos esperados como leña, madera para aserrado y laminado, se proyectaron indicadores económicos positivos: VAN=10.162.745 Gs/ha, TIR=18,72%, R B/C= 1,26 y VPE=1.636.218 Gs/ha/año. Los valores obtenidos de la venta del primer raleo resultan insuficientes a la hora de cubrir los costos iniciales de la restauración, siguiendo el enfoque de grupos funcionales con fajas de aprovechamiento con *Eucalyptus* spp. en su composición florística. Sin embargo, estos no corresponden a la totalidad de productos de posible obtención ya que podría evaluarse la venta de carbono u otros servicios ecosistémicos.

Palabras clave: indicadores económicos, Costo de la restauración, grupos funcionales



Conservación de biodiversidad y conectividad funcional en paisajes productivos: evidencia desde un sistema de monitoreo participativo de fauna

Nora Martínez¹, Andrea Parra¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: nora.martinez@paracel.com.py

Paracel cuenta con 193.000 ha de tierras propias en donde el 54% corresponde a plantaciones de eucalipto, el 42% a áreas de conservación y el 4% a otros usos. Las propiedades se encuentran en los departamentos de Concepción y Amambay en la Ecorregión Cerrado según la clasificación de Dinerstein et al. (2017) en una zona de transición con las Ecorregiones Chaco Húmedo y Bosque Atlántico. El desarrollo de las plantaciones forestales se basa en una microplanificación liderada por un equipo multidisciplinario que integra criterios ambientales, técnicos, económicos y sociales. Dentro de este enfoque, se garantiza la conservación de formaciones boscosas identificadas como Cerradones, Bosque Alto y Bosque Ribereño, en cumplimiento de la legislación vigente. Además, se conservan otras formaciones abiertas como las sabanas del Cerrado, en sus diferentes fitofisionomías. Esta planificación territorial da lugar a un paisaje productivo en mosaico que combina áreas de conservación y producción. Este trabajo evalúa la funcionalidad ecológica de un paisaje productivo en mosaico a partir del análisis de registros de fauna obtenidos mediante un sistema de monitoreo participativo, con el objetivo de evidenciar el uso de la matriz productiva por parte de especies silvestres. La metodología implementó un sistema innovador de registros participativos de ocurrencia ocasional y georreferenciados, los cuales fueron reportados por colaboradores de la empresa a través de fotografías y/o videos. Posteriormente estos fueron sistematizados y validados por el equipo del Área Ambiental. Como resultado de los reportes del año 2024 se obtuvieron 335 registros de fauna de los cuales el 46% corresponde a mamíferos, el 29,5% a aves, el 21,4% a reptiles y el 2,6% a anfibios. El análisis geoespacial de los registros permite evidenciar la utilización combinada de áreas productivas y de conservación por parte de la fauna silvestre. Esta distribución espacial sugiere que la matriz productiva podría estar siendo utilizada como zona de tránsito o desplazamiento, mientras que las áreas de conservación funcionarían como hábitats núcleo donde las especies desarrollan actividades esenciales de su ciclo biológico, como la reproducción, el refugio o la alimentación prolongada. Si bien predominan los registros de especies con mayor plasticidad ecológica, también se reportaron, aunque con menor frecuencia, especies asociadas a hábitats específicos como *Pipile grayi*, *Alipiopsitta xanthops*, *Chrysocyon brachyurus* y *Ozotoceros bezoarticus*. Estos hallazgos refuerzan la importancia de conservar hábitats clave dentro de matrices productivas activas. En este contexto, el enfoque de planificación adoptado por Paracel demuestra que la producción silvícola puede integrarse con la conservación de biodiversidad, tal como lo evidencian los resultados obtenidos. En conjunto, estos resultados permiten concluir que el paisaje productivo evaluado presenta funcionalidad ecológica.

Palabras clave: biodiversidad, matriz productiva, fauna, conservación, paisaje



Diagnóstico del estado de los árboles localizados en la avenida Mariscal López de Asunción

Karen Diana Morales Méndez¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Oscar Manuel Vera Cabral¹, Manuel Enciso¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: patricia.elias@agr.una.py

La evaluación del estado de la arborización urbana en avenidas aplicando el inventario cuali-cuantitativo permite dimensionar si existen conflictos leves o graves que generan los árboles presentes, para luego proponer la adecuación de las prácticas de gestión. La avenida Mariscal López es una de las avenidas principales de la ciudad de Asunción que presenta una visible importancia en cuanto a la cantidad de árboles presentes o relacionados a esta vía de circulación. El objetivo del presente trabajo fue realizar un diagnóstico del estado de la arborización urbana de la avenida Mariscal López de la ciudad de Asunción. Se registraron datos de las especies forestales presentes en la avenida mencionada (entre las intersecciones de las avenidas Madame Lynch y San Martín) específicamente en el paseo central y las veredas. Se registró origen, diámetro a la altura de pecho (DAP), altura (h), estado sanitario, conflictos con el entorno y porte del árbol. Se identificaron 403 individuos ubicados en el paseo central y 36 árboles en ambas veredas de la avenida. Los mismos pertenecen a 25 especies de árboles. Existe mayor cantidad de especies nativas (59%) sobre las exóticas (41%). La especie más abundante tanto en el paseo central como en las veredas fue *Handroanthus heptaphyllus*. La altura promedio en el paseo central fue de 6,6 m y en las veredas presentó un valor de 9 m, en tanto, la estructura diamétrica en el paseo central varió entre 20,1 a 30 cm y en las veredas entre 30,1 a 50 cm. El conflicto en las veredas fue con el cableado eléctrico en un 67%, en tanto en el paseo central el 6% registró contacto con el cableado. Respecto a las raíces emergentes se dio en mayor cantidad en las veredas. El 73% de los árboles se encuentra con un estado sanitario bueno. Respecto al porte del árbol en las veredas y en el paseo central el 5 y 6% de los árboles se encuentran en estado óptimo, y el 39 y 44% de los árboles se encuentran en estado bueno. En base a los resultados obtenidos sobre el estado del arbolado, se determinó que gran parte de los ejemplares ubicados tanto en la acera principal como en las veredas requiere sustitución, debido al riesgo que representan para la integridad física de las personas y la posibilidad de ocasionar daños materiales.

Palabras clave: arborización urbana, equilibrio general, conflicto



Comparación del crecimiento de *Eucalyptus urophylla* × *E. camaldulensis* (Clon VM-01) entre árboles de borde y centro en una parcela experimental de Restauración del Paisaje Forestal

Irian Jesús Dolinzky Arrúa¹, Leyla María Almirón Serrano¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lidia Pérez de Molas¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Gonzalo Daniel Espínola González¹, Fernando José Páez Tattón¹, Haroldo Silva²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Itaipu Binacional. Hernandarias, Paraguay.

Correspondencia: iriandolinzky@gmail.com

La restauración de paisajes forestales deforestados o degradados es un desafío prioritario en Paraguay, especialmente en la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná. En este contexto, la incorporación de especies de rápido crecimiento como *Eucalyptus* spp., en combinación con especies forestales nativas en fajas de conservación y aprovechamiento, representa una estrategia prometedora para lograr reducir el impacto económico de un proyecto de restauración. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto que el área de borde de las fajas podría causar en la faja de aprovechamiento compuesto por clones *Eucalyptus urophylla* × *E. camaldulensis* (VM01) en un modelo de Restauración Forestal. La parcela experimental localizada en el distrito de Hernandarias, departamento de Alto Paraná, se encuentra a cargo de la División de Acción Ambiental de la Superintendencia de Gestión Ambiental de Itaipú. Esta iniciativa forma parte de las actividades desarrolladas por el grupo de investigación en Restauración del Paisaje Forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. El diseño experimental está compuesto por cinco bloques con ocho tratamientos distribuidos al azar, donde todos los modelos se encuentran establecidos en fajas alternadas de conservación y aprovechamiento diferenciadas en las fajas productivas. Para este estudio nos centramos en el Tratamiento 2, que está compuesto en su faja de aprovechamiento por eucalipto con fines energéticos en la faja de producción, y especies nativas de cobertura y diversidad en la faja de conservación. Considerando todos los bloques, la faja de aprovechamiento cuenta en total con 110 individuos en el centro y 190 en el borde, distribuidos en 38 y 22 individuos en cada unidad experimental, respectivamente. Se utilizaron las variables dendrométricas de altura total (Ht), diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro a la altura del cuello (DAC), para evaluar y comparar los promedios. Los datos obtenidos demostraron que los árboles ubicados en los bordes presentaron mayor altura, DAP y DAC en comparación con los del centro. Los eucaliptos presentes en el centro de los tratamientos registraron un promedio de altura de 13,132 m, un DAP de 14,75 cm y un DAC de 17,64 cm, mientras que los establecidos en los bordes alcanzaron promedios ligeramente mayores siendo, 13,710 m de altura, 14,80 cm de DAP y un DAC de 17,74 cm. Esto nos da a entender que existe influencia de las condiciones que reciben los árboles de borde.

Palabras clave: variables dendrométricas, DAP, DAC, altura total



Modelos matemáticos para estimación de volumen comercial de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze de una plantación no manejada en katueté, Paraguay

Milo Anibal Recalde¹, Lourdes Patricia Elias Dacosta¹, Ana Paola Gaona Agüero¹, Hugo Armando Barúa Acosta¹, Oscar Manuel Vera Cabral¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: anaaguerogaona@gmail.com

La *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, conocida como Pino Paraná, es una especie muy admirada del Paraguay por su importante papel ecológico, y reconocida por su característica figura. Es importante conocer la forma de crecimiento de esta especie para poder llevarla a un nivel de producción y entender su comportamiento en estado natural, esto para tomar decisiones estratégicas para su manejo. El objetivo del trabajo fue ajustar modelos matemáticos para volumen comercial con corteza de una plantación no manejada de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze por medio de análisis de regresión. Este estudio se realizó en la plantación de 30 años localizada en el distrito de Katueté en el Departamento de Canindeyú. Las variables de medición fueron registradas en el año 2019, siendo las mismas: DAP, altura comercial, volumen comercial con corteza. Las unidades muestrales fueron 40 árboles que fueron cubrados por el método de Smalian procedentes de una clasificación diamétrica ya elaborada. Para la evaluación de los modelos matemáticos se analizaron los criterios estadísticos dados por el coeficiente de determinación ajustado, el error estándar de la estimación, el coeficiente de variación, valor de F (derivado del análisis de varianza de la regresión) y el análisis gráfico de los residuos. Los volúmenes estimados fueron calculados mediante 10 modelos matemáticos. Comparando todos los modelos, se observó que en los parámetros estadísticos se destaca el modelo de Prodan ($\ln v = -11,1807 + 2,0011 \cdot \ln d + 0,0338 \cdot \ln^2 d + 2,1273 \cdot \ln h - 0,2965 \cdot \ln^2 h$) pues presentó mayor coeficiente de determinación ajustado (0,977), menor coeficiente de variación (7,11%), así como un menor error estándar de la estimación, donde el gráfico de residuos mostró una distribución aleatoria alrededor de cero, sin patrones evidentes, lo que indica un buen ajuste del modelo. El modelo de Shumacher -Hall ($\ln v = -9,60632 + 2,23924 \cdot \ln d + 0,58761 \cdot \ln h$) y el modelo de Stoate ($v = -0,04603 + 0,00037 \cdot d^2 + 3,16864 \cdot d^2 h - 0,00267 \cdot h$) presentaron también un coeficiente de determinación ajustado alto, un error estándar bajo, un coeficiente de variación bajo y el valor F significativo. El modelo matemático seleccionado para la especie *Araucaria angustifolia* es un insumo fiable para estimar el volumen individual a través del registro de variables de fácil medición como diámetro y altura.

Palabras clave: cubicación, modelos matemáticos, volumen comercial, *Araucaria angustifolia*



Análisis preliminar de tipos de frutos y síndromes de dispersión de 100 árboles del Chaco paraguayo con miras a la restauración de paisajes

Lidia Pérez de Molas¹, Christian Vogt¹, Fátima Mereles Haydar², Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Enrique Asterio Benítez León¹, Lourdes González Soria¹, María Carolina Escobar Ortiz¹, María Laura Quevedo Fernández¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

² Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: lidia.perezmolasm@agr.una.py

Los tipos de frutos y los síndromes de dispersión de los mismos, representan un valioso recurso que asegura la perduración de las especies en el tiempo, pues constituyen los propágulos por excelencia para sostener la biodiversidad, la dinámica del bosque y la restauración de ecosistemas degradados. Los mismos son inherentes a cada especie arbórea en particular y es el resultado de la evolución de millones de años en respuesta a las condiciones del medio y la presencia en el hábitat de agentes dispersores de origen diverso que interactúan entre sí. A nivel país, el aspecto de la fenología reproductiva, representada por la floración y la fructificación de especies arbóreas y sus mecanismos de dispersión han sido poco registrados y estudiados hasta hoy. El objetivo del trabajo fue determinar los tipos de frutos de 100 especies arbóreas del Chaco paraguayo y sus mecanismos de dispersión. El listado florístico fue elaborado con datos provenientes de las 19 Parcelas Permanentes de Monitoreo de la Biodiversidad de 1 ha (100 m x 100 m) instaladas y medidas entre 2001-2015, en los departamentos de Alto Paraguay, Boquerón y Presidente Hayes, donde fueron medidos todos los árboles con DAP \geq 10 cm, y otros registros realizados en el marco de diversos proyectos de investigación. Comprenden especies del Bosque xerófito, Bosque mesoxerófito semicaducifolio de *Schinopsis balansae*, Matorral de médanos, Cerrados y Bosques ribereños. Los tipos de frutos y los síndromes de dispersión fueron clasificados mediante la literatura especializada y observaciones in situ. Los resultados muestran una gran variedad de frutos, predominando los secos (59%) como lomento, folículo, cápsula, aquenio, legumbre y sámara, entre otros, sobre los carnosos (49%) como bayas, drupas, legumbres carnosas y sincarpes carnosos. El análisis de los síndromes de dispersión muestra, la predominancia de especies con dispersión zoócora (61%), seguido de la anemócora (36%) e hidrócora (3%). Cabe destacar que algunas especies presentan el síndrome de autocoria, en donde la planta madre se encarga de abrir el fruto al madurar y liberar las semillas como *Senegalia praecox* y *Anadenanthera macrocarpa*, que dependiendo de la forma y tamaño de las mismas pueden dispersarse ya sea por hormigas, viento o por las aves. También es importante destacar a los frutos indehiscentes que presentan generalmente el síndrome de dispersión endozoócora, como *Libidibia paraguariensis*, *Neltuma alba* y *Neltuma nigra*. Como conclusión se destaca la importancia del papel de la fauna silvestre en la dispersión de los frutos y el establecimiento exitoso de las especies arbóreas en su ambiente natural y el papel fundamental que cumple además otro agente de gran importancia en el Chaco como lo es el viento.

Palabras clave: parcelas permanentes de monitoreo; árboles del Chaco; fenología reproductiva; restauración forestal



Aplicación de biochar de residuos del aserrío de *Pinus tecunumanii* en la producción de plántulas de la misma especie

Mariacnet Gonzales Guanilo¹

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales, Lima, Perú.

Correspondencia: 20170425@lamolina.edu.pe

La investigación evalúa el uso de biochar, elaborado a partir de residuos del aserrío de *Pinus tecunumanii*, como componente de sustrato en la producción de plántulas de la misma especie en vivero. El objetivo es agregar valor a los residuos maderables generados en Oxapampa (Pasco, Perú), donde la especie constituye la principal materia prima de los aserraderos locales. El estudio se enmarca en los principios de economía circular y se relaciona con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N° 12: Producción y consumo responsable. El biochar es un material carbonoso obtenido por pirólisis lenta, cuyas propiedades físicas y químicas favorecen la retención de humedad, la aireación y la disponibilidad de nutrientes, además de contribuir a la captura de gases de efecto invernadero como CO₂ y N₂O. En este contexto, se plantea su incorporación como insumo de sustratos, aprovechando residuos de la misma especie para cerrar el ciclo productivo y promover un enfoque de bioeconomía circular. El experimento se diseñó bajo un esquema Completamente al Azar (DCA), con cuatro concentraciones de biochar (0%, 12,5%, 50% y 75%), mezcladas con tierra, arena y tierra micorrizada en proporción 3:2:0,5. Se emplearon dos tipos de envases disponibles en la zona: bolsas y tubetes de polietileno de 125 mL. Cada tres semanas se registraron atributos morfológicos (altura, diámetro del cuello, biomasa aérea y radicular) e índices de calidad de plántula, entre ellos índice de robustez, relación tallo/raíz, índice de lignificación, relación altura/longitud de raíz e índice de Dickson. La caracterización físico-química de los residuos y del biochar, así como el análisis de los sustratos, se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria La Molina mediante metodologías estandarizadas (ASTM, TAPPI). Los datos serán procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre tratamientos. La hipótesis de trabajo plantea que la germinación y el crecimiento de *Pinus tecunumanii* presentan diferencias significativas en función de las concentraciones de biochar obtenidas de los residuos del aserrío. Los resultados de este estudio aportarán evidencia científica sobre el aprovechamiento sostenible de residuos forestales en la producción de plántulas de alto valor, fortaleciendo las prácticas silviculturales en la fase inicial de crecimiento. Asimismo, ofrecen una alternativa para reducir la presión ambiental generada por desechos maderables, optimizar el uso de recursos y contribuir a la competitividad del sector forestal. A nivel global, esta propuesta se alinea con iniciativas de mitigación del cambio climático, promoción de la bioeconomía y la reforestación sostenible en el Perú y nivel internacional.

Palabras clave: biochar, economía circular, residuos forestales, vivero, *Pinus tecunumanii*



Caracterización de la población de Coleópteros coprófagos y necrófagos en un área en proceso de restauración ecológica, Alto Paraná, Paraguay

Yhara Arami Ríos González¹, Lourdes González Soria², Fernando Cubilla³, Enrique Asterio Benítez León⁴, María Carolina Escobar Ortiz⁵

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Bosques y biodiversidad. San Lorenzo, Paraguay.

³ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

⁴ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Silvicultura y Ordenación Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

⁵ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Dirección de Investigación. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: riosyhara@gmail.com

Los bosques ribereños cumplen un rol clave en la regulación hídrica y actúan como filtros naturales que moderan la temperatura y la insolación, además de que albergan una alta biodiversidad. Los indicadores biológicos permiten evaluar la calidad ambiental por su capacidad de reflejar cambios en el entorno. Según la Ley Paraguay N°4241/2014, es obligatorio restaurar los bosques protectores con especies nativas, en caso de degradación o remoción. El objetivo de la investigación fue caracterizar la población de coleópteros coprófagos y necrófagos presentes en un área sometida a restauración ecológica. El sitio de estudio se localiza en el distrito de Minga Guazú, Alto Paraná, que cuenta con un segmento de arroyo sin nombre (acorde a la cartografía nacional oficial), cuya cobertura boscosa fue eliminada y se encuentra en proceso de recuperación mediante la instalación de un modelo de restauración activa con técnicas de nucleación. El sitio referido cuenta con 9 ha de superficie y en el momento de la instalación de los núcleos, en el año 2020, se encontraba dominada totalmente por gramíneas exóticas. Los núcleos fueron conformados por 10 a 20 individuos de especies forestales nativas, plantados a un distanciamiento 2m x 2m. Se aplicó un diseño correspondiente a muestreo probabilístico por conglomerados consistentes en la selección de 10 núcleos en los cuales se instalaron dos trampas tipo pitfall por núcleo, totalizando 20 trampas con dos tipos de cebos, siendo 10 trampas con intestino vacuno y 10 trampas con heces de cerdo de producción tradicional, cuya dieta no incluyera balanceado comercial. Dichas trampas se distribuyeron siguiendo una forma de zigzag, con un distanciamiento de 24 a 30 m unas de otras. Los insectos que cayeron en cada trampa fueron recolectados y llevados al laboratorio de entomología de la FACEN para su clasificación taxonómica utilizando equipos de laboratorios y claves de identificación para su categorización, de acuerdo con el gremio ecológico correspondiente. En el estudio se registró 514 individuos, distribuidos en 14 especies, pertenecientes a las subfamilias Staphylinidae, Silphidae, Histeridae y Scarabaeidae. Del total de especies de escarabajos halladas, el 64,29% corresponde coprófagos, el 21,43% a necrófagos y un 14,29% corresponden a copro-necrófagos (comportamiento trófico mixto). Ya que la estructura y complejidad del hábitat influyen directamente en la abundancia y riqueza de escarabajos, se justifica su utilización como indicadores biológicos para evaluar la efectividad de la restauración, ya que sitios con heterogeneidad de especies y cobertura arbórea, facilitan la generación de microhábitats y la recuperación funcional del ecosistema. La presencia y abundancia de los grupos de coleópteros encontrados podrían indicar el avance del proceso de restauración, ya que corresponden a especies que normalmente se encuentran en bosques.

Palabras clave: técnicas de nucleación, bosque ribereño, indicadores biológicos, restauración ecológica, coleópteros



Evaluación del contenido de carbono y biomasa aérea mediante el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) en ecosistemas productivos del chaco

Magalí Noemí Duré Dávalos¹, Claudia Rolón², Beatriz Benítez², Alice Balbuena¹, Ana Rivarola¹

¹ Universidad San Carlos. San Lorenzo, Paraguay.

² Fundación Moisés Bertoni, Programa de Investigación y Ciencias. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: magali.dure@usc.edu.py

La cuantificación del carbono en ecosistemas productivos del Chaco es fundamental para evaluar su papel en la mitigación del cambio climático y promover una gestión ambiental sostenible. Ante la vulnerabilidad de los ecosistemas del Chaco paraguayo, caracterizados por un uso intensivo del suelo, surge la necesidad de aplicar metodologías precisas que permitan estimar la biomasa y el carbono vegetal. El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre el contenido de carbono aéreo y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con el fin de generar un modelo de estimación a partir de sensores remotos en ecosistemas productivos del Chaco paraguayo. Se combinaron datos de campo obtenidos en 29 parcelas circulares distribuidas en áreas de reserva y cortinas forestales, donde se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de los árboles. La biomasa aérea fue calculada mediante la ecuación alométrica general propuesta por Chave et al. (2005) para bosques secos tropicales, y el carbono estimado como el 47% de dicha biomasa. A partir de imágenes Sentinel-2 se generó el NDVI, que refleja la densidad de vegetación. Se construyeron modelos de regresión entre los valores de NDVI y el carbono estimado en campo, obteniéndose un modelo lineal con $R^2 = 0,71$ y error cuadrático medio (RMSE) de 5,2 tC/ha, que fue aplicado sobre todo el mapa NDVI para generar una cartografía continua de carbono por hectárea. El modelo permitió identificar áreas de mayor acumulación de carbono asociadas a fragmentos bien conservados de bosque seco chaqueño, dominado por especies leñosas como el quebracho y el palo santo, así como una disminución progresiva en zonas intervenidas o con menor cobertura arbórea. Esta aproximación permite orientar decisiones de manejo, priorizar acciones de conservación y establecer líneas base para monitorear proyectos de restauración ecológica y captura de carbono. La metodología empleada, basada en sensores remotos y ecuaciones alométricas, constituye una alternativa viable y accesible para generar análisis preliminares del contenido de Carbono en regiones de difícil acceso, que pueden complementarse con evaluaciones detalladas a escala de campo. Así, el estudio aporta herramientas eficientes para la planificación ambiental sostenible y la conservación de los ecosistemas del Chaco paraguayo.

Palabras clave: biomasa aérea, carbono, NDVI (Índice Normalizado de Vegetación), reserva forestal



Percepción de los pobladores aledaños (Colonia María Auxiliadora) respecto al Parque Nacional Cerro Corá

Laiana Paredes¹, Cristian David Franco Caballero¹, Nelson Lesmo¹, Sixto Barreto Pérez¹, Isabelino Lezcano¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Pedro Juan Caballero, Paraguay.

Correspondencia: laiana.paredes@agr.una.py

El Parque Nacional Cerro Corá (PNCC) constituye un conjunto de ecosistemas únicos para la región (roquedales, acantilados, cerrados, cerradones, bosque en galería y pastizales), que posee un alto valor paisajístico, protege especies de la flora endémica y fauna amenazada, a más de colindar con varias colonias cuya comprensión poblacional del entorno le permite interactuar con el mismo (percepción). El objetivo de esta investigación fue determinar la percepción de los pobladores de la Colonia María Auxiliadora (CMA) respecto al PNCC, enmarcando un enfoque descriptivo y transversal. La recolección de datos primarios se realizó mediante una encuesta estructurada, diseñada en Google forms, distribuida por WhatsApp con un muestreo dirigido. En la primera fase con prueba piloto a 15 familias (15%) para validación y luego a 51 (85%). Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes) cuyos resultados muestran que la principal ventaja percibida de residir cerca del PNCC corresponde al valor ambiental (88,2%) seguido de los beneficios ecológicos, económicos y recreativos. No obstante, también se señalaron desventajas como encuentros con animales salvajes, riesgo de incendios forestales y limitaciones en servicios básicos. Si bien el ecoturismo aparece como un potencial emergente (21,6%), su desarrollo aún resulta incipiente por falta de planificación estratégica y promoción adecuada, así como la baja cantidad existente de guías especializados. Asimismo, se destaca una elevada conciencia ambiental en la CMA, reflejada en la adopción de prácticas sostenibles como la reutilización de materiales (62,7%) y el reciclaje de basuras (56,9%). El 51% de los encuestados manifestó participación en voluntariado ambiental, lo que evidencia cohesión social y compromiso con la conservación. La autosuficiencia alimentaria también resaltó, ya que el 43,1% de las familias mantiene huertas propias y consume productos locales, fortaleciendo la economía comunitaria y reduciendo la huella ecológica. Existe una percepción positiva de los pobladores de la CMA respecto al PNCC por lo que se recomienda fortalecer la educación ambiental y el turismo sostenible.

Palabras clave: percepción comunitaria, conservación ambiental, Parque Nacional



Presencia de especies de la Región Oriental en un bosque mesoxerofítico chaqueño: evidencia de transición florística en el Departamento Central, Paraguay

Oscar Armando Feltes González¹, María Vera¹, Lidia Pérez de Molas², Jhon Mongelos¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Laboratorio de Recursos Vegetales. San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: maridavera@gmail.com

El Bosque Mesoxerofítico Semi-caducifolio del Chaco Húmedo constituye una formación vegetal de transición con alta riqueza florística, ubicada entre las regiones fitogeográficas chaqueña y oriental del Paraguay. A pesar de su importancia ecológica, estos remanentes boscosos se encuentran fuertemente presionados por la expansión agrícola, industrial y urbana. Este estudio se llevó a cabo en la Estancia Kuña Porã, Compañía Ypeka'ẽ, distrito de Villeta (Departamento Central), con el objetivo de caracterizar la composición arbórea de un remanente forestal representativo de dicha formación. Se instaló una parcela permanente de 1 hectárea (100 m × 100 m), subdividida en 25 subparcelas de 400 m². Se registraron la especie, el diámetro a la altura del pecho (DAP), así como otras variables estructurales (abundancia y frecuencia), de todos los individuos con DAP igual a 10 cm. Se censaron un total de 601 individuos, pertenecientes a 30 especies, 25 géneros y 16 familias botánicas. La familia más diversa fue Fabaceae, con seis especies representativas: *Gleditsia amorphoides* (yvope), *Holocalyx balansae* (yvyra pepe), *Libidibia paraguariensis* (guajakán), *Microlobius foetidus* ssp. paraguensis (yvyra ne), *Parapiptadenia rigida* (kurupa'y ra) y *Peltophorum dubium* (yvyra pyta). En cuanto a los valores de abundancia, los más altos corresponden a: *Cordia americana* (64 individuos), *Terminalia triflora* (51 individuos), *Sebastiania ramosissima* (26 individuos) y *Myrcianthes pungens* (24 individuos). En cuanto a la frecuencia, las especies con mayores valores fueron *Cordia americana* (92), *Terminalia triflora* (84), *Myrcianthes pungens* (56) y *Sebastiania ramosissima* (48). La dominancia alcanzó un valor total de 19,58 m²/ha, las especies con los más altos valores corresponden a: *Cordia americana* con 1,97 m²/ha y *Terminalia triflora* con 1,73 m²/ha. La mayoría de las especies encontradas son características del bosque chaqueño mesoxerofítico. Sin embargo, se detectó también la presencia significativa de especies higrófilas típicas de la Región Oriental del Paraguay, tales como *Chrysophyllum marginatum* (pykasu rembi'u), *Cordia americana* (guajayvi hu), *Myrcianthes pungens* (guaviju), *Sebastiania ramosissima* (yvyra kamby) y *Terminalia triflora* (guajayvi say'ju). Estas especies suelen encontrarse en bosques en galería o ambientes más húmedos, y su aparición en el área de estudio se asocia con la existencia de sectores anegables dentro del remanente. Este patrón refuerza la hipótesis de una composición florística mixta y transicional. Los resultados evidencian el valor ecológico de los fragmentos boscosos del sur del Chaco Húmedo, que actúan como zonas de interfase florística entre dos regiones biogeográficas. En concordancia con lo planteado por Spichiger et al. (2011), el presente trabajo confirma la coexistencia de elementos xerófilos y mesófilos en esta región y subraya la necesidad de conservar estos relictos forestales, tanto por su singularidad florística como por su papel en la conectividad ecológica regional.

Palabras clave: bosque chaqueño, Región Oriental, transición florística, especies higrófilas



Mapeo de la dispersión Espacial del Dióxido de Nitrógeno emitido por una fábrica de Biocombustibles en el Distrito de Paraguari, Paraguay

Dahiana Carolina Acosta Benítez¹, Larissa Rejalaga Noguera¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: dahiacarolina@gmail.com

A nivel mundial la contaminación del aire representa un problema severo, contaminantes como el dióxido de nitrógeno (NO_2) resultan peligrosos para la población como para el medio ambiente ya que la exposición a los mismos puede acarrear consecuencias que van desde leves efectos en el sistema respiratorio o incluso mortalidad prematura. La producción de energía (biocombustibles) en Paraguay es una actividad relativamente nueva por lo que supone un avance positivo hacia la disminución de emisiones de gases contaminantes producidos por la utilización de combustibles fósiles como matriz energética. Si bien los biocombustibles emiten menos contaminantes a la atmósfera de igual forma generan un impacto en el medio social y ambiental. La dispersión de los contaminantes está influenciada por complejos factores como ser las variaciones del clima y las condiciones topográficas del lugar. Como Paraguay no cuenta con suficientes estaciones de control para llevar un registro de los cambios diarios se optó para esta investigación recurrir a los sistemas de información geográfica y a los datos proporcionados por satélites exclusivos para el monitoreo atmosférico ya que proporcionan datos inclusive en tiempo real facilitando así la modelación. Este estudio presentó el mapeo de la dispersión espacial y concentración del Dióxido de Nitrógeno (NO_2), emitida desde una fábrica de biocombustibles, ubicada en el departamento de Paraguari, distrito de Paraguari, Paraguay. Para obtener los resultados se aplicó el modelo de dispersión Gaussiana para fuentes puntuales de manera a estimar la concentración del contaminante utilizando datos de la estación meteorológica más cercana al área de estudio y también se recurrió a fuentes secundarias, de manera a complementar toda información. La representación espacial del contaminante Dióxido de Nitrógeno para todo el distrito se realizó utilizando Sistemas de Información Geográfica por medio de una herramienta de análisis llamada Distancia Inversa Ponderada (IDW) que es matemática (determinista) donde se asumen que los valores más cercanos están más relacionados que otros con su función y de esa manera obtener las concentraciones estimativas. También se analizó las imágenes satelitales del Dióxido de Nitrógeno capturadas por el satélite Sentinel 5 Precursor. La aplicación del modelo fue aplicada para el mes de julio del año 2019 con distancias de 100 a 1000 metros de la planta industrial teniendo en cuenta dos días representativos del mes, siendo estos los días 21 y 27 donde se presentaban marcadas diferencias de temperatura. Las máximas concentraciones ocurren a partir de los 1000 metros de la fuente emisora, pero, las mismas estarían dentro de los parámetros establecidos por normativas extranjeras puesto que Paraguay no cuenta con una Resolución donde se establezcan parámetros de Calidad de Aire para fuentes fijas.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, mapeo de la dispersión, dióxido de nitrógeno, biocombustibles.



Captación de carbono en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el distrito de Coronel Oviedo

Aide Huespe¹, Edgar Frutos²

¹ Universidad Católica. Asunción, Paraguay.

² Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Extensión Agraria, Departamento de Manejo de suelo, Agua y Bosque. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: deroaaide@gmail.com

El cambio climático plantea desafíos globales que requieren respuestas concretas, entre ellas la reducción de emisiones y la captura de carbono atmosférico. En este contexto, Paraguay, gracias a su riqueza forestal, presenta un alto potencial para proyectos de reforestación con fines de mitigación ambiental. *Eucalyptus grandis*, por su rápido crecimiento y capacidad de adaptación, se perfila como una especie clave en este tipo de iniciativas. El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el dióxido de carbono (CO₂) captado por plantaciones de *Eucalyptus grandis* en parcelas del distrito de Coronel Oviedo, Departamento de Caaguazú, contribuyendo así al cumplimiento de compromisos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y el Acuerdo de París, que promueven la reducción de emisiones y el aumento de sumideros de Carbono. El estudio se desarrolló en una superficie de 30 hectáreas, divididas en 30 Parcelas de Muestreo Permanente (PMP) de 333,33 m² cada una, donde se evaluó un total de 2.700 individuos. La zona de estudio presenta un clima cálido con temperaturas medias de 28–32°C y precipitaciones anuales de 1.200 – 1.600 mm, sobre suelos francos con texturas variables entre arcillosas y arenosas. Se aplicaron fórmulas dasométricas para calcular parámetros clave como área basal, volumen de fuste, biomasa aérea y subterránea, carbono almacenado y CO₂ capturado. En este contexto, “tdm” se refiere a tonelada de materia seca. Los árboles de *Eucalyptus grandis*, con una edad promedio de 5 años, presentaron una altura media de 7,2 m y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 6,37 cm. El área basal promedio fue de 0,0032 m², con un volumen de fuste de 0,0106 m³ por árbol y una biomasa total estimada de 0,00405 tdm/m³. A partir de estos datos, se estimó una captura promedio de 0,0148 toneladas de CO₂ por árbol. A nivel de parcela, la captación fue de 0,2972 toneladas de CO₂, mientras que por hectárea se estimaron 8,9172 toneladas. En el total de las 30 hectáreas analizadas, se calculó una captura de 267,51 toneladas de CO₂, lo que demuestra el potencial de los sistemas forestales implantados como sumideros de Carbono. Los árboles, con 5 años de edad, presentaron 7,2 m de altura y 6,37 cm de DAP. Se estimó una captura de 0,0148 t de CO₂ por árbol y 267,51 t en total, confirmando el potencial de estas plantaciones como sumideros de Carbono, estas plantaciones de *Eucalyptus grandis* en Coronel Oviedo constituyen una estrategia eficaz para la captura de Carbono en Paraguay, contribuyendo a los objetivos climáticos internacionales y abriendo oportunidades para el desarrollo de mecanismos financieros asociados a servicios ecosistémicos.

Palabras clave: *Eucalyptus grandis*, captura de carbono, reforestación, cambio climático



Modelado de ecuaciones volumétricas e hipsométricas aplicado a plantaciones forestales de *Eucalyptus* spp., departamento de Cordillera, Paraguay

Micaela Maciel¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Díaz¹, Alexandra Perrone¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: laura.quevedo@agr.una.py

El uso de herramientas como las ecuaciones volumétricas e hipsométricas es importante para una correcta planificación forestal. Estas ecuaciones están diseñadas para cuantificar y entender la relación entre diversas variables afines al crecimiento y desarrollo de los árboles. La importancia de estas ecuaciones radica en su capacidad para estimar variables clave a partir de medidas más accesibles. El objetivo general de este estudio fue determinar las ecuaciones volumétricas e hipsométricas con mejor ajuste, aplicadas a una plantación forestal de *Eucalyptus* spp., en el departamento de Cordillera, Paraguay. El estudio se realizó en una plantación forestal ubicada en el distrito de Itacurubí de la Cordillera del departamento de Cordillera, Paraguay. La misma fue establecida con un espaciamiento inicial de 4 x 2 metros y fueron apeados a los 3 años y cubicados con el método absoluto 32 árboles del clon *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* y 33 árboles del clon *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis*, para ello previamente se realizó de la clasificación diamétrica correspondiente a cada material genético mediante el método de distribución normal con datos de inventario forestal de parcelas permanentes instalados de forma circular con una superficie de 400 m² en la zona de estudio. Se ajustaron tres diferentes modelos hipsométricos, Campos y Leite, Lineal y Prodan y tres modelos volumétricos Schumacher-Hall (linealizado), Spurr y Husch-Berckhout a las plantaciones, y se evaluaron utilizando criterios estadísticos como el coeficiente de determinación ajustado, el error estándar de la estimación y el gráfico de residuos. El modelo que presentó mejor ajuste entre la relación altura y diámetro fue el modelo de Prodan. En el análisis de los criterios de selección, el modelo de Prodan presentó el mayor coeficiente de determinación ajustado (0,9839) para estimar el clon *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, mostrando el error más bajo (0,24%). El ajuste de los modelos hipsométricos para el clon *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* demuestra que el modelo de Prodan es el que arroja la mejor medida de ajuste, teniendo el segundo error estándar de la estimación más bajo y el coeficiente de determinación ajustado más cercano a 1. Los resultados de los ajustes de las ecuaciones volumétricas fueron satisfactorios para todos los modelos probados. Se observó una alta correlación entre la variable dependiente y las variables independientes, indicando una adecuada capacidad de los modelos para representar la relación entre ambas. Considerando que se selecciona la ecuación con el mayor R^2_{aj} , en la estimación para *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* y *Eucalyptus grandis* x *E. camaldulensis* sería el modelo de Schumacher-Hall. Con estos resultados es posible concluir que, de los tres modelos hipsométricos ajustados, el de Prodan presentó menor error estándar de la estimación y mayor coeficiente de determinación ajustado para los clones analizados, además, en el análisis gráfico de los residuos, el modelo lineal presentó una mejor dispersión de los datos pues están más cercanos al cero. De los modelos volumétricos evaluados el que presentó mejor ajuste fue el de Schumacher-Hall teniendo en cuenta los parámetros estadísticos, para los clones analizados.

Palabras clave: relación altura/diámetro, cubicación, ajuste de ecuaciones



Viabilidad económica y ajuste de ecuaciones hipsométricas y volumétricas de una plantación forestal con *Eucalyptus* spp., departamento de Caazapá

Alexandra Perrone¹, María Laura Quevedo Fernández¹, Lila Mabel Gamarra Ruiz Diaz¹, Hugo Armando Barúa Acosta¹, Lourdes Patricia Elías Dacosta¹, Jorge Daniel González Villalba¹

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: alexandra.perrone@agr.una.py

La mensuración forestal constituye una de las informaciones más importantes para conocer el potencial disponible y productivo en una plantación forestal. A partir de esos datos recabados también se puede conocer la viabilidad económica de la plantación. La siguiente investigación tuvo como objetivo general estimar la viabilidad económica y el ajuste de ecuaciones hipsométricas y volumétricas de una plantación forestal con *Eucalyptus* spp., en el departamento de Caazapá. El trabajo se realizó en el departamento de Caazapá, específicamente en la empresa Felber Forestal S.A. Fue aplicado un cuestionario estructurado para la caracterización de dicha plantación, además de datos técnicos, también se contemplaron los costos e ingresos del proceso de plantación que posteriormente fueron utilizados para la estimación de la viabilidad económica. Para el ajuste de las ecuaciones hipsométricas y volumétricas, se procedió a la realización de un inventario forestal con parcelas circulares de 400 m² para la posterior medición de las variables de DAP y la altura total de los árboles dominantes. Para el ajuste de los modelos hipsométricos y volumétricos se procedió a realizar la cubicación de 37 árboles del material genético VM01 por el método absoluto aplicando la fórmula de Smalian, donde, la selección de los árboles fue realizada a través de la clasificación diamétrica extraídas de los datos del inventario forestal. Para la estimación de la viabilidad económica se analizaron todos los costos e ingresos que se tuvieron en la plantación, donde el análisis de sensibilidad se realizó estudiando los diferentes precios de venta final de los productos extraídos por la empresa. Fueron ajustados tres modelos tanto para volumétricos como para hipsométricos, donde, para volumen se ajustaron las de Spurr, Hush – Berkhout y la de Schumacher – Hall, y para los modelos hipsométricos se procedió al ajuste de Assmann, Prodan y el Linear. Para la estimación de volumen la ecuación que más se ajustó a la plantación fue la de Schumacher y Hall con un coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) de 0,9932 y un error de estimación de 9,56% y para la estimación hipsométrica el modelo que mejor se ajustó fue el de Campos Leite con un R^2_{aj} de 0,8476 y un error de estimación de 0,4521%. En la estimación de viabilidad económica, el escenario 2 es el que tiene los indicadores mayormente viables con una Relación Beneficio Costo de 1,38; Valor Actual Neto de 699 US\$/ha, Tasa Interna de Retorno 12,89% y Valor Periodo Equivalente de 101 US\$/ha/año. La variación del precio de venta final afecta en mayor medida la viabilidad económica del proyecto.

Palabras clave: ecuaciones volumétricas e hipsométricas, *Eucalyptus* spp., indicadores económicos



Uso de la API de FIRMS/NASA para el monitoreo en tiempo real de zonas con alto potencial de ocurrencia de incendios forestales en Paraguay

Diego Rodríguez¹

¹ Consultor Independiente. Asunción, Paraguay.

Correspondencia: roddieg@gmail.com

Los incendios forestales constituyen un fenómeno ambiental de creciente preocupación global debido a su impacto en la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la salud humana. En Paraguay, la recurrencia e intensidad de estos eventos se ha visto agravada por factores climáticos como sequías prolongadas, temperaturas extremas y el uso inadecuado del fuego en prácticas agropecuarias. La detección temprana y el monitoreo continuo son herramientas clave para mitigar sus efectos. La NASA, a través del programa FIRMS, ofrece una solución robusta para el acceso en tiempo real a datos de focos de calor captados por sensores MODIS y VIIRS. Este trabajo tuvo como objetivo demostrar cómo acceder y utilizar dicha plataforma mediante programación en Python para obtener datos actualizados y georreferenciados de incendios activos en Paraguay. La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo y exploratorio basado en el procesamiento automatizado de datos satelitales sobre focos potenciales de calor activos. El script implementado permitió conectarse exitosamente a la API de FIRMS y descargar datos actualizados en formato CSV. La automatización del proceso garantiza que los datos sean obtenidos en tiempo real o con la frecuencia que el usuario defina (diaria, semanal, etc.), permitiendo un monitoreo continuo de eventos térmicos en la región. Si bien la detección de incendios mediante sensores satelitales como los utilizados en FIRMS representa una herramienta poderosa para el monitoreo ambiental, es importante reconocer sus limitaciones inherentes. Entre ellas se destacan la interferencia por cobertura nubosa, que puede dificultar la observación directa de focos de calor, y la frecuencia de paso de los satélites, que introduce ciertos retrasos temporales en la disponibilidad de datos. Estos factores pueden generar incertidumbres en la localización precisa y en la temporalidad exacta de los eventos de quema, especialmente en condiciones meteorológicas adversas. El presente trabajo muestra la viabilidad y efectividad del uso de datos FIRMS (Fire Information for Resource Management System) combinados con herramientas computacionales de código abierto para el monitoreo eficiente y en tiempo casi real de zonas con potenciales riesgo de ocurrencia de incendios forestales en Paraguay. La integración de estas tecnologías permite superar las limitaciones de los métodos tradicionales, facilitando el acceso a información espacial precisa y actualizada, lo cual es fundamental para la gestión ambiental y la mitigación de riesgos asociados a incendios forestales. La implementación de técnicas computacionales, basados en lenguajes y plataformas abiertas como Python y Jupyter, han sido importante para garantizar la automatización, transparencia y personalización de los análisis territoriales. Esto no solo mejora la eficiencia en la generación de reportes y visualizaciones, sino que también permite la adaptación de los procesos a diferentes necesidades y escalas geográficas, lo cual es esencial para usuarios con distintos niveles técnicos y roles dentro de las instituciones de gestión ambiental y de riesgos. Asimismo, el uso de estas herramientas aporta un soporte técnico robusto y flexible que pueden ser incorporados a sistemas de alerta temprana, facilitando la toma de decisiones informadas y oportunas.

Palabras clave: API NASA, FIRMS, Focos de calor, MODIS.



Viabilidad técnica y económica de la aplicación de diferentes regímenes de fertilización en *Eucalyptus* spp. en el departamento de Itapúa, Paraguay

Jorge Paiva Avalos¹, María Laura Quevedo Fernández², Enrique Benítez León², Alba Liz González², Lourdes Patricia Elías Dacosta²

¹ADN Forestal. Guayaibí, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: laura.quevedo@agr.una.py

Alcanzar mayores productividades en plantaciones forestales depende en muchos casos de un adecuado manejo nutricional, además de otros factores que se presentan como limitantes siendo las propias características del suelo cuando este no alcanza a cubrir la demanda nutricional. Entonces, la fertilización es la técnica más eficiente para acelerar el crecimiento de las mudas y obtener una alta productividad. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia técnica y económica de la aplicación de diferentes regímenes de fertilización en el crecimiento de materiales genéticos de *Eucalyptus* spp. El estudio se realizó en un establecimiento, ubicado en el distrito de Coronel Bogado, Departamento de Itapúa, Paraguay. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, evaluando variables como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total de los árboles y la sobrevivencia, en cuatro periodos de medición distribuidos en un lapso de 30 meses. La población de estudio estuvo constituida por cuatro diferentes materiales genéticos de *Eucalyptus* spp., cuyos códigos comerciales en el país corresponden a: 2361, I144, G0 y VM01. Los tratamientos se diferenciaron en los diferentes manejos nutricionales con diferentes fertilizantes, dosis y época de aplicación, siendo el T1 el manejo operacional de la empresa, el cual fue utilizado como testigo. Para el análisis económico se elaboró el flujo de caja considerando como variable el costo del manejo nutricional y el volumen proyectado en los ingresos. El volumen fue proyectado con los datos medidos utilizando el software SisEucalipto. Se estimaron los indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio/Costo (B/C), considerando los costos operativos reales y precios de mercado de madera para celulosa. Los resultados demostraron que el tratamiento T1 (manejo operacional de la empresa) presentó en general el mejor desempeño en DAP y altura, sin diferencias significativas respecto a los demás tratamientos (T2, T3 y T4). En cuanto al material genético, el I144 se destacó en altura, mientras que el VM01 mostró mejores valores en DAP. Las proyecciones de volumen a 7 años fueron similares entre tratamientos, sin justificar económicamente una mayor inversión en fertilización intensiva. Se concluye que, bajo las condiciones del estudio, el tratamiento convencional representa la alternativa más rentable y técnicamente viable para la producción de celulosa con *Eucalyptus* spp.

Palabras clave: indicadores financieros, plantaciones forestales, fertilizantes, crecimiento



Análisis fitoquímico preliminar de extractos vegetales de diferentes órganos de cuatro especies forestales nativas de Paraguay

María Guadalupe Ojeda Torres¹, Laura Patricia Chaparro Aguilera², Felicia Elizabeth Zárate Céspedes²

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Tecnología e Industrias Forestales. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: mariaot391@gmail.com

Los metabolitos secundarios están presentes en especies forestales, participan en interacciones ecológicas complejas, actuando como compuesto de defensa o inhibidores en relaciones bióticas. Su identificación es clave para caracterizar la composición química de las especies en estudio y en un futuro próximo evaluar su potencial aprovechamiento de sus compuestos bioactivos tanto en medicina, fitohormona, fitoestimulantes, resistencia a plagas y enfermedades. En Paraguay, especies como *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltl., *Zanthoxylum caribaeum* Lam. Ssp. rugosum (A. St.-Hil. & Tul.) Reynel, *Myrsine matensis* (Mez) Otegui y *Myrsine* spp. son reconocidas por su riqueza en compuestos bioactivos y uso medicinal. La presente investigación tuvo como objetivo detectar de forma cualitativa mediante formación de precipitados y/o cambios de coloración los metabolitos secundarios predominantes en extractos etanólicos de cuatro especies forestales nativas. Se prepararon extractos etanólicos al 0,1% (p/v) a partir de material vegetal seco y molido, correspondiente a corteza en *A. quebracho blanco*, hojas en *Z. caribaeum*, frutos en *M. Otegui* y madera en *Myrsine* spp., por maceración disolviendo 0,3 g de muestra en 300 mL de etanol 96%, tras siete días las muestras fueron filtradas y el solvente evaporado en rotaevaporador, obteniéndose extractos crudos de las especies forestales utilizadas en las pruebas. Luego, por dilución ($C1.V1 = C2.V2$), se obtuvieron soluciones acuosas de trabajo al 0,05% a partir de los extractos etanólicos de *A. quebracho-blanco*, *Z. caribaeum*, *M. matensis* y *Myrsine* spp. Las pruebas fitoquímicas cualitativas se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Madera y Derivados, aplicando reactivos específicos como hidróxido de sodio al 10% para la detección de cumarinas (coloración amarilla que desaparece al acidular), reactivo de Dragendorff para alcaloides (coloración roja, naranja o marrón persistente por 24 h) prueba de agitación en agua para saponinas (formación de espuma o burbujas), cloruro férrico para oxidrilos fenólicos (formación de precipitado rojo, azul, violeta o verde) y la prueba de Shinoda con limaduras de magnesio y HCl para flavonoides (coloración naranja, rojo, rosa o rosa azul a violeta). En *A. quebracho-blanco* y *Z. caribaeum* se obtuvieron reacciones positivas para alcaloides y cumarinas, mientras que en *Myrsine* spp. y *M. matensis* se detectaron alcaloides y oxidrilos fenólicos. los metabolitos observados en cada especie coinciden con reportes previos que documentan la presencia de estos grupos de metabolitos en los vegetales estudiados. *A. quebracho-blanco* es reconocido por su riqueza fitoquímica de alcaloides indólicos, los cuales, según estudios previos, presentan actividad antifúngica y antimalárica. *Z. caribaeum* destaca por su contenido de cumarinas y alcaloides de la familia de las canthin-6-ona reconocido por sus efectos antifúngicos y tripanocidas. En el caso de *Myrsine* spp., los oxidrilos fenólicos han sido reportados como componentes frecuentes, asociados a diversas funciones biológicas como fungicidas, entre otros. La caracterización fitoquímica preliminar de estas especies permite generar bases para estudios posteriores y su posible aplicación en distintos campos. Estos resultados aportan información de base para futuros estudios sobre el perfil químico de especies forestales nativas.

Palabras clave: metabolitos secundarios, extractos forestales, análisis fitoquímico, especies nativas



Desafíos de la certificación forestal FSC en el departamento de Concepción, Paraguay

Iris Carolina Chamorro¹

¹ Paracel. Concepción, Paraguay.

Correspondencia: iris.chamorro@paracel.com.py

El Consejo de Administración Forestal, más conocido por sus siglas en inglés FSC (Forest Stewardship Council), es una organización independiente, no gubernamental y sin fines de lucro, creada en 1993 para promover un manejo forestal ambientalmente apropiado, socialmente beneficioso y económicamente viable. La certificación FSC de Manejo Forestal (FSC-FM) asegura que un bosque o plantación cumple con los Principios y Criterios del FSC, los cuales son 10 Principios y 70 Criterios, con indicadores medibles (ej., impacto en suelos, conservación de cuencas hídricas). que abordan: conservación de la biodiversidad; derechos de los pueblos indígenas, comunidades locales y trabajadores; manejo sostenible de los recursos (evitando la sobreexplotación); monitoreo y evaluación continua de impactos. La región de Concepción, ubicada en el norte de Paraguay, enfrenta una presión intensa sobre sus recursos naturales: deforestación, pérdida de biodiversidad, degradación del suelo y amenazas a la fauna autóctona. Aunque cuenta con áreas protegidas importantes. Este trabajo tiene como objetivo identificar los desafíos que existen en la búsqueda de la certificación forestal FSC en el departamento de Concepción, Paraguay. Este estudio enmarca una investigación de tipo cualitativa de tipo descriptivo donde se realizaron: revisiones documentales, análisis de literatura científica, informes técnicos del Instituto Forestal Nacional (INFONA), políticas del FSC, así como reportes de organizaciones no gubernamentales y medios especializados. Así como, revisión del estándar nacional FSC Paraguay y su aplicabilidad en el contexto local; entrevistas a actores clave, productores forestales, representantes de empresas certificadas, auditores, técnicos forestales, autoridades ambientales y miembros de comunidades cercanas a zonas de plantación. El análisis de contenido se realizó con codificación temática para agrupar la información según categorías como: marco normativo, costos y financiamiento, barreras técnicas, capacidades locales, percepción social y viabilidad económica. Entre los principales desafíos encontrados se identificaron: marco normativo y gobernanza. Aunque el país cuenta con un estándar nacional FSC desde noviembre del 2022, podría haber debilidades en su implementación o fiscalización local. Acceso al mercado y financiamiento. La certificación implica costos administrativos, auditorías, capacitación y seguimiento de la cadena de custodia, lo cual puede ser costoso para productores locales. Dado que Paraguay carece de una oficina nacional, el estándar nacional fue desarrollado por un organismo de certificación. Comparando con otros países de la región, países como Brasil y Chile han avanzado de manera significativa en certificación forestal, alcanzando un alto porcentaje en plantaciones, e incorporan estrategias para vincular empresas grandes con pequeños productores. El análisis realizado evidencia que la superación de estos obstáculos requiere un enfoque integral que combine políticas públicas de incentivo, fortalecimiento de capacidades técnicas, acceso a financiamiento y creación de redes de colaboración entre empresas certificadas y productores locales. En el caso de Concepción, avanzar hacia una certificación forestal no solo contribuirá a preservar su patrimonio forestal, sino que también reforzará la competitividad del sector y la imagen del territorio en los mercados internacionales comprometidos con la sostenibilidad.

Palabras clave: certificación, manejo, forestal



Colecta e identificación de insectos plaga en plantaciones de *Eucalyptus* sp. en el departamento de Caazapá

Rocío Mabel Medina Ranoni

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

Correspondencia: ysapy888@gmail.com

Las plantaciones de *Eucalyptus* spp. han adquirido una relevancia creciente en Paraguay debido a su adaptabilidad, rápido crecimiento y potencial para la producción de madera y biomasa. Sin embargo, la expansión de este género forestal se ha visto acompañada por una mayor incidencia de insectos plaga, cuya presencia afecta tanto la productividad como la sanidad de los rodales. En el país, la información sobre entomofauna forestal es aún incipiente, lo que constituye una limitación para el desarrollo de programas de manejo integrado. El presente estudio tuvo como propósito contribuir al conocimiento de los insectos asociados a plantaciones homogéneas de *Eucalyptus* spp., con énfasis en aquellos que revisten carácter de plaga. El objetivo del trabajo fue coleccionar, identificar y registrar insectos plaga presentes en plantaciones de *Eucalyptus* en la Región Oriental del Paraguay, específicamente en el departamento de Caazapá. Se seleccionaron seis parcelas de reforestación con *Eucalyptus* spp. en el departamento de Caazapá. Cada parcela fue equipada con trampas adhesivas amarillas de 10 cm × 12 cm, instaladas en 10 árboles con un espaciamiento de 10 individuos entre trampas. Estas fueron reemplazadas cada 21 días en promedio, durante tres campañas de colecta realizadas entre julio y diciembre de 2024. El material recolectado fue procesado en laboratorio, utilizando lupa estereoscópica y claves taxonómicas especializadas para su identificación hasta nivel de orden, en caso de tratarse o no de plagas. Los registros fueron sistematizados en planillas digitales (Excel). En total se coleccionaron 233 trampas, de las cuales se analizaron 35 (15%). La selección se basó en criterios de representatividad, priorizando aquellas que contenían mayor abundancia y diversidad de insectos, con el fin de optimizar el tiempo y los recursos disponibles para el análisis. Las trampas analizadas evidencian una notable diversidad de insectos, registrándose ejemplares pertenecientes a los órdenes Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera y Orthoptera. Entre los insectos plaga más frecuentes se identificaron individuos del orden Hemiptera, asociados a daños en *Eucalyptus* spp.. El método de colecta empleado demostró ser eficaz para la captura de insectos voladores y rastrosos, incluso bajo condiciones ambientales variables. Los resultados confirman la presencia de insectos plaga en las plantaciones de *Eucalyptus* spp. evaluadas en Caazapá. Se estimó que aproximadamente un 10% de los insectos capturados corresponden a especies plaga, lo que equivale a una proporción de un insecto plaga por cada diez no plaga. Estos hallazgos resaltan la necesidad de establecer sistemas de monitoreo y manejo integrado de plagas en plantaciones forestales. La información generada constituye un insumo valioso para investigaciones futuras en entomología forestal en Paraguay, y puede servir como base para la toma de decisiones en proyectos de reforestación. Se recomienda replicar el estudio en otras regiones del país e incorporar en futuras investigaciones variables adicionales, como edad de las parcelas, densidad de plantación y especie específica de *Eucalyptus*, a fin de fortalecer los análisis y mejorar la aplicabilidad de los resultados.

Palabras clave: *Eucalyptus*, plagas forestales, entomología, colecta de insectos, Caazapá

I Congreso FORESTAL Paraguay

Innovación y tecnología para un futuro resiliente y sostenible

Organizan



Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias

Auspician



H. Petersen



KUROSU & CIA.



ISBN: 978-99925-15-14-3



Con el apoyo de:



GOBIERNO DEL PARAGUAY

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROCIENCIA PROGRAMA PARAGUAYO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Con el apoyo de: Feei