

Quebracho

Revista de Ciencias Forestales

Publicación anual, editada por la Facultad de Ciencias Forestales
de la Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.

Av. Belgrano (S) 1912 – 4200 Santiago del Estero, Argentina. Tel. +54-385-450-9550 Fax. 54-385-439-5550
E-mail: revistaquebracho@unse.edu.ar http://fcf.unse.edu.ar/index.php/quebracho-revista-de-ciencias-forestales/

Diciembre 2018

Volumen 26 (1,2)

Comité editor interno

Equipo Editor Principal

Dr. Miguel Sarmiento
Ing. Ind. Forestales Myriam Ethel Ludueña
Téc. Fabián Zubrinic

Editores Asociados titulares

Dra. Ana María Giménez
Dra. Juana Graciela Moglia
Dra. Sandra Josefina Bravo
Dr. Diego Meloni

Editores Asociados suplentes

Dr. Carlos Turc

Comité editor externo

M.Sc. Manuel Chavesta Custodio / UNALM. Lima, Perú.
Dra. Maria Elena Garcia Delgado / UE. Cáceres, España.
Dra. Maria Teresa Sobrero / UNSE. Santiago del Estero, Argentina.
Dra. Sonia C. Calvo / UNC. Córdoba, Argentina.
M.Sc. Walter I. Abedini / UNLP. La Plata, Argentina.
Dra. Graciela I. Bolzón / UFP. Curitiba, Brasil.
M.Sc. Juan Adolfo López / EEA INTA Bella Vista. Corrientes, Argentina.
M.Sc. Ada S. Albanesi / UNSE. Santiago del Estero, Argentina.
Dr. Sigfredo Ortuño Pérez / UPM. Madrid, España.
Dr. Santiago Barros Asenjo / INFOR. Santiago, Chile.
Dr. Carlos Sanqueta / UFP. Curitiba, Brasil.
Dr. Manuel Moya Ignacio / UE. Plasencia. España.

Asistentes editoriales

Revisión Inglés: *MTEFL Ing. I.A.A. Ramón Ledesma*

Edición

Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Santiago del Estero
República Argentina

El objetivo de Quebracho es difundir trabajos científicos, notas técnicas y comunicaciones referidos a temas de interés en las Ciencias Forestales y cuyo ámbito geográfico sea, en orden de prioridad: el Parque Chaqueño Seco, Argentina, América Latina y el Mundo.

Se invita a los investigadores forestales a publicar en Quebracho. Las contribuciones serán sometidas a un sistema de arbitraje que consiste en el examen de las mismas por dos referentes como mínimo, quienes juzgarán su aptitud para ser publicadas y harán sugerencias u observaciones en caso de revisión. Los jueces son investigadores de reconocida trayectoria en diferentes centros de la República Argentina, América y Europa.

Incorporada por **CONICET** y **CAICYT** (Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica) al núcleo básico de Revista Científicas de Argentina mediante Resol. 1071/07 en el rubro Ciencias Agrarias, Ingeniería y Materiales.

Quebracho está indizada por **Forestry Abstracts** y **Forest Products Abstracts**.

Ha sido calificada por el **Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica** como publicación periódica de primer nivel y como tal está incluida en el catálogo **LANTINDEX**.

Quebracho. Revista de Ciencias Forestales **ha sido aprobada para ingresar a la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Red ALyC), ya que cumple con los criterios de calidad evaluados en Red ALyC.**

Financia



**FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES**
Ing. Néstor René Ledesma

REFERENTES

- Dra. Marta Coronel de Renolfi**
M. Sc. Ing. Forestal Ernesto Héctor Crechi
Dra. Ana María Cenzano
Dr. Pablo Aceñolaza
Dr. Antonio Royei Higa
Dra. Ana María Giménez
Dr. Carlos Sanquetta
Dr. Alejandro Friedl
M. Sc. Ing. Ftal. Amalia María Lucila Díaz
Dr. Fábio Akira Mori
Dr. Fabio Moscovich
Dr. Federico Jorge Letourneau
Dr. Gabriel Loguercio
Dr. Héctor Gonda
Dr. Hugo Raul Zerda
Dr. Nicolás Gañan
Dr. Ignacio Aspiazú
Dr. Ivan Venson
Dr. José Antonio Díaz Zirpolo
Dr. José Alichandro Bezerra da Silva
Dr. José Corronca
Dr. Diego Meloni
Dr. José Omar Bava
Dr. Julio Arce
Dr. Luis Fornés
Dr. Mariano Codesido
Dra. Evangelina González
Dr. Mario Tomasello Filho
Dra. Amelia Nancy Giannuzzo
Dr. Pablo Laclau
Dr. Pedro Sansberro
Dr. Publio Araujo
Dr. Roberto Benech Arnold
Dr. Samuel Rivera
Dr. Walter Abedini
Dr. Walter Sione Ceregeio
Dra. Ana Haide Ladio
Dra. Ana Lilian Echevarría
Dra. Ana María Planchuelo
Dr. Osvaldo Encinas
Dra. Jacqueline Joseau
Dra. Lilia del C. Mendizábal Hernández
Dra. Liliana Diodato
Dra. Luciana Elizalde
Dra. María Elena Gauchat
Dra. Mariana Basualdo
Dra. Miriam Izaguirre
Dra. Miryan Ayala
Dra. Mónica Balzarini
Dra. Néilda Carnevale
Dra. Nilda Dora Vignale
Dra. Patricia Hernández
Dra. Paula Campanello
Dra. Paulina Mocchiutti
Dra. Pilar Díaz
Dra. Renita Betero Corrêa Frigeri
Dra. Sandra Bravo
Dra. Sandra Sharry
Dra. Silvia Aguilar Rodríguez
Dra. Stella Bogino
Dra. Susana Muruaga de L'Argentier
Dr. Javier Grosfeld
M. Sc. Alicia Bohren
M. Sc. Beatriz Eibl
Dra. Gabriela Cardona
M. Sc. Claudia Alzugaray
M. Sc. Diego López Lauenstein
M. Sc. Eugenia Toselli
Dra. Pamela V. Villalba
M. Sc. Ing. Elizabeth Carrizo
M. Sc. Juan Adolfo López
M. Sc. Mariano Agustín Hernández
M. Sc. Marta Gulotta
M. Sc. Patricia Rocha
M. Sc. Verónica Parra
Mag. Norma Vera
Mg. Manuel Palacio
Ph.D. Olga Patricia Pinzón
- Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
INTA-EEA Montecarlo. Misiones
Centro Nacional Patagónico (CENPAT) – CONICET. Chubut
CICYTTP-CONICET, FCA. Universidad Nacional de Entre Ríos
Universidad Federal de Paraná. Brasil
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Federal de Paraná (UFPR). Curitiba. Brasil
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones
Departamento de Ciências Florestais. Universidade Federal de Lavras. Brasil
INTA EEA - Famailla. Tucumán.
INTA - Bariloche. Campo anexo San Martín. El Bolsón. Chubut
CIEFAP y UNPSJB. Esquel. Chubut.
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Esquel. Chubut
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Bs. As. Universidad Nacional de Córdoba
Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba. Brasil
Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Brasil.
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro. Brasil
Universidad Nacional de Salta
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
CIEFAP. Esquel. Chubut
Universidad Federal de Paraná (UFPR). Curitiba Brasil
INTA EEA – Famaillá. Tucumán
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidade de São Paulo. Brasil
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
INTA EEA - San Martin de los Andes. Neuquén
Instituto de Botánica del Nordeste. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
Utah State University. Logan. Utah. Estados Unidos
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata
Universidad Autónoma de Entre Ríos
INIBIOMA / CONICET. Universidad Nacional del Comahue. Neuquen.
Fundación Miguel Lillo. Tucumán
Universidad Nacional de Córdoba
Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba
Revista Forestal Veracruzana. Mexico
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Nacional de Comahue. Neuquen
INTA EEA - Montecarlo. Misiones
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires
INTA EEA - Formosa
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy
Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe
Universidad Nacional de Córdoba
Universidad Federal de Rondonia. Brasil
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy
Patagonia Norte. CONICET. Universidad Nacional del Comahue. Bariloche. Río Negro
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario
Instituto Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales. INTA Córdoba
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
CICVyA / INTA. Hurlingham, Buenos Aires
Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero
INTA EEA - Bella Vista. Corrientes
INTA EEA - Bella Vista. Corrientes
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Facultad de Ciencias Forestales Universidad Nacional de Misiones
Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero
Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia

Editorial

La Revista Quebracho se publica en forma ininterrumpida desde el año 1993. Cumple con el objetivo establecido de incrementar la difusión de la investigación en el ámbito local, regional, nacional e internacional, en temas forestales, de tecnología y ambientales. El año 2018 es especial para la Facultad de Ciencias Forestales “Néstor René Ledesma” porque cumple el 60° aniversario de la creación. El Sr. Decano, Dr. Juan Carlos Medina, celebrando el 16 de agosto el Día de la Ingeniería Forestal en la Argentina, brindó un emotivo discurso del cual destacamos algunos párrafos alusivos: “...podemos aseverar que la historia de la facultad es la historia de una institución que viene luchando por la conservación del ambiente. Hablar de desarrollo sustentable en sus claustros fue una constante a través de estos 60 años...” “...En los inicios de la historia de la Facultad se conocía poco sobre los recursos forestales... En ese contexto se creó en Santiago del Estero, la primera carrera de Ingeniería Forestal del país, la cual comenzó a funcionar en el año 1958. Con su existencia se pretendía...conocer ese maravilloso mundo de las interrelaciones entre los seres vivos de una comunidad y su medio físico...” “...se lanzó la carrera de Ingeniería en Industrias Forestales en el año 1973... un espacio académico, en el cual se profundizaba el conocimiento de los bienes presentes en las masas nativas para transformarlos en productos de alto valor agregado... la denominación priorizaba el enfoque sistémico como estrategia fundamental para mejorar el manejo de los recursos, para aprovechar la diversidad de oferta que sólo es posible en sistemas de gran biodiversidad como lo son los ecosistemas forestales nativos... apostaba al aprovechamiento múltiple...” “...es necesario integrar la enseñanza con la investigación... surgen los Institutos de Investigación en la Facultad: en 1978 el Instituto de Tecnología de la Madera (ITM), luego Instituto de silvicultura y Manejo de Bosque (INSIMA), Instituto de Control Biológico (INCOBI) -hoy Instituto de Protección Vegetal (INPROVE)- y el Jardín Botánico... En el año 1996 la facultad de un paso significativo con la creación de la carrera de Licenciatura en Ecología y Conservación del Ambiente, como una evolución natural...también las carreras de Técnico Universitario en Aserraderos y Carpintería Industrial, Técnico Universitario en Viveros y Plantaciones Forestales y Técnico Universitario Fitosanitarista...en el año 2008 se lanza el primer Doctorado en Ciencias Forestales del país...”.

En el ámbito mundial, el Programa de la ONU para el Medio Ambiente declaró al 2018 como el Año Internacional de Arrecifes de Coral, intentando generar conciencia sobre el valor y la importancia de estos ecosistemas. El director de escuela de Ecología de la FCF, M. Sc. Javier Lima reflexionó: “...Estamos ante una de las grandes tragedias ambientales del mundo moderno. Los arrecifes están muriendo lentamente. En las últimas tres décadas, la mitad de los corales del planeta se vio afectado debido al cambio climático, la acidificación de los océanos, la contaminación y la sobrepesca. Estos hábitats naturales albergan el 25 % de la vida marina, alimentan a millones de personas y posibilitan el trabajo mediante el turismo y la pesquería. Los que tuvimos la posibilidad de adentrarnos alguna vez en un arrecife de coral sabemos que la humanidad pierde con la destrucción de cada uno: es un tesoro biológico...”

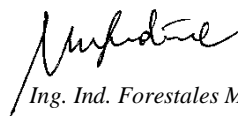
En el ámbito nacional, el proyecto de la Ley N° 25.080 fue prorrogado por 10 años, con modificaciones. El Senado de la Nación decidió dar continuidad a la promoción forestal y al complejo industrial asociado. Las modificaciones que se incorporan se refieren a una actualización en los términos de acuerdo al nuevo Código Civil y a los 20 años de

experiencia en la aplicación de la norma para hacer el régimen más funcional y expeditivo (según AFoA).

En el ámbito local, atendiendo los cambios culturales, científicos y tecnológicos por un lado y las nuevas tendencias en cuanto a aspectos educativos por el otro, la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero opta por crear una nueva carrera de posgrado, llamada “Doctorado en Ciencias y Tecnologías Forestales”. Desde fines del siglo pasado, el rol de las ciencias forestales ha ganado cada vez más fuerza en el contexto de la problemática ambiental, integrándose así líneas en áreas como planificación territorial, ecología de paisaje y gestión ambiental. A esta evolución se superpone hoy un enlace estrecho entre ciencia y tecnología que genera, a un ritmo vertiginoso, nuevos avances en áreas como biotecnología, comunicación, acceso a información y geoprocésamiento, que impactan directamente en las ciencias forestales. Es este el argumento que motiva incluir la tecnología, en su más amplio sentido, a la par de la ciencia, en el título y la formación de esta carrera de posgrado. La carrera, como las más modernas, se centra en la tesis doctoral, con un requisito bajo de cursos.

Miembros del equipo editorial realizaron durante el corriente año varios cursos y capacitaciones, entre ellos, “Construcción de indicadores bibliométricos” y un seminario web sobre el “Sistema de marcación XML/JATS”.

Se espera que los artículos aquí publicados cubran las expectativas de los lectores, y se agradece la colaboración desinteresada de los evaluadores y todas las personas que contribuyen a la publicación de esta Revista científica.



Ing. Ind. Forestales Myriam Ethel Ludueña

Equipo Editor
Revista Quebracho
Santiago del Estero, diciembre de 2017

Las opiniones vertidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no necesariamente reflejan los criterios ni la política de la Facultad de Ciencias Forestales. La mención de determinados nombres o modelos comerciales no implica aprobación ni recomendación por parte de la Facultad.

Cambio de denominación: A partir del año 2009 la publicación electrónica de la Revista Quebracho (ISSN 1851-3026) consta de dos fascículos. Asimismo se reemplaza la denominación “Número” por “Volumen”. Ej.: Volumen 17 (1) 2009, Volumen 17 (2) 2009. La numeración de páginas será consecutiva. En tanto la versión impresa (ISSN 0328-0543) contendrá ambos fascículos. Ej.: Volumen 17 (1,2) 2009. Dicho cambio obedece a una necesidad de adecuación a nuevas políticas de publicación electrónica bajo el sistema SciELO.

Para canje de ejemplares y presentación de trabajos, dirigirse a la Secretaría de la Comisión de Edición de la revista *Quebracho*, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) 1912, 4200 Santiago del Estero, Argentina. Tel.: 54-385-422-1787, Fax: 54-385-439-5550, E-mail: revistaquebracho@unse.edu.ar
Web site: <http://fcf.unse.edu.ar/index.php/quebracho-revista-de-ciencias-forestales/>
Tiraje: 300 ejemplares EJEMPLARES PARA CANJE.

TRABAJO CIENTÍFICO

Influencia de las condiciones de incubación sobre la germinación de semillas de diferentes individuos de *Pterogyne nitens*

Influence of incubation conditions on germination of seeds of different individuals of Pterogyne nitens Tul ex Benth

Espindola, Y.¹; L. Romero²; R. Ruiz Diaz² y C. Luna^{1,3}

Recibido en agosto de 2017; aceptado en abril de 2018

RESUMEN

Existen escasos estudios relacionados con la germinación de semillas de viraró que permitan mejorar las técnicas de manejo adecuado de este recurso de importancia maderera, no maderera y ornamental. El objetivo del presente fue determinar la influencia de la temperatura de incubación sobre la germinación de *Pterogyne nitens*. Las semillas para este estudio se obtuvieron de 12 ejemplares; los ensayos se realizaron en cámaras de germinación con temperaturas de incubación de: T1) $8\pm 2^\circ\text{C}$ con condiciones de luz de 17 Lux; T2) $27\pm 2^\circ\text{C}$ y 3.728 Lux, ambos con un fotoperiodo de 14 hs.; T3) temperatura ambiente, registrada diariamente en condiciones de invernadero en promedio $29\pm 2,5^\circ\text{C}$; y T4) T1 por 21 días (incubación en frío $8\pm 2^\circ\text{C}$) y luego T2 ($27\pm 2^\circ\text{C}$) por 21 días. Luego de 21 días de incubación se evaluó energía germinativa, periodo de energía, velocidad de germinación e índice de velocidad de germinación. Los resultados permitieron obtener información acerca el efecto de la temperatura de incubación en la germinación de semillas de *P. nitens*; aunque no se identificó un patrón claro de desarrollo con diferentes condiciones de incubación, se determinó que *P. nitens* necesita temperaturas promedio de 29°C para desencadenar el proceso. Además, con la incubación en frío se logró un efecto favorecedor para algunos indicadores de vigor. Lo generado en este trabajo será útil para la producción de *P. nitens* en vivero; destacando la importancia de complementar los ensayos de germinación con pruebas de viabilidad para obtener más información acerca de la calidad de semillas.

Palabras clave: semillas, viraró, tipa colorada, viabilidad.

ABSTRACT

There exist few studies related to viraró seed germination tending to improve the techniques for the proper management of this resource of timber, non-timber and ornamental importance. The aim of this study was to determine the influence of the incubation temperature on the germination of *Pterogyne nitens*. The seeds used in this experiment were obtained from 12 specimens; the tests were performed in germination chambers at T1) $8\pm 2^\circ\text{C}$ under lighting conditions of 17 Lux; T2) $27\pm 2^\circ\text{C}$ and 3.728 Lux, both with a photoperiod of 14 hours; T3) room temperature, $29\pm 2.5^\circ\text{C}$ on average registered daily at greenhouse conditions; and T4) T1 for 21 days (cold incubation, $8\pm 2^\circ\text{C}$) and then T2 ($27\pm 2^\circ\text{C}$) for 21 days. After 21 days of incubation both germinative energy, energy period, germination speed and germination speed index were evaluated. The results gave information about the effect of the incubation temperature on *P. nitens* seeds germination. Although a clear developmental pattern for each incubation condition could not be identified, it was determined that *P. nitens* needs temperatures around 29°C on average to trigger the process. Additionally, a favorable effect for some vigor indicators was achieved when cold incubation when was tested. The information generated in this study will be useful for the nursery production of *P. nitens*; it also remarks the fact that germination tests should be complemented with those of viability tests in order to obtain more information on seed quality.

Key words: seeds, viraró, tipa colorada, viability.

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Sgto. Cabral 2131. (W3402BKG) Corrientes. Argentina.

² Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista. Ruta 27 - Km 38,3 (3432) Bella Vista Corrientes.

³ Instituto de Botánica del Nordeste - CONICET. CC N° 209. Corrientes, Argentina. E-mail: cluna@agr.unne.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN

Pterogyne nitens (tipa colorada, viraró) perteneciente a la familia Fabaceae, es nativa de bosques chaqueños de Argentina, en las provincias de Salta, Jujuy, Chaco, Formosa, Corrientes hasta Misiones. Habita en la selva pedemontana de 400-800 msnm y en los bosques ribereños y madrejones del bosque chaqueño (Legname, 1982). Se encuentra en un estado de conservación “casi amenazado” según UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), (APN-SIB, 2010). En Brasil es considerada en riesgo de extinción y se recomienda su conservación genética (Nassif y Perez, 2000; Nascimento *et al.*, 2006).

Esta especie además de ser utilizada como ornamental por la belleza de sus inflorescencias exuberantes, produce madera apta para la fabricación de muebles de estilo (Dimitri *et al.*, 2000), herramientas como arados, bateas, mangos de hachas y utensilios de cocina (Moraes *et al.*, 2006). Como producto forestal no maderero se incluye como fuente de extracción de tanino, tintas y alimentos. Como medicinal, se destaca su empleo como expectorante, antigripal y para combatir la presencia de parásitos, el dolor de hígado y estómago (Regasini *et al.*, 2008).

En plantaciones, *P. nitens* prefiere suelos fértiles, con buen drenaje y textura arcillosa; y soporta una estación seca de hasta seis meses (Carvalho, 1994). Es apta para ser utilizada en planes de forestación, reforestación o enriquecimiento de los bosques naturales del noroeste argentino, que han sufrido intensas explotaciones (Del Castillo *et al.*, 1997; Dimitri *et al.*, 2000). Según Carvalho *et al.* (1980) el éxito de la reforestación depende principalmente de la calidad de las plántulas; por ello cuando la especie se propaga a partir de semillas como el caso de *P. nitens*, es necesario que la emergencia sea rápida y pareja, para lograr homogeneidad en el material producido (Tapia *et al.*, 2014).

La calidad de semilla está definida por cuatro propiedades que restringen la capacidad de dar origen a una planta de alta productividad y están vinculadas a atributos físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios- (Popinigis, 1972). Los caracteres fisiológicos, que en este análisis son los de mayor importancia, están relacionados por la capacidad de las semillas para germinar y crecer con buen vigor. La germinación en laboratorio se define como la emergencia y desarrollo de una plántula hasta una etapa donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica la posibilidad de que se desarrolle una planta normal bajo condiciones favorables en el campo (ISTA, 2014).

Los factores ambientales, como la luz y temperatura, son reguladores primarios que afectan el proceso de germinación. La temperatura determina directamente la velocidad de las reacciones bioquímicas que participan en el proceso, afecta la tasa y la capacidad de germinación, y cuando la temperatura es desfavorable promueve la latencia primaria o secundaria (Bewley y Black, 1994). Por lo tanto, estudios de germinación de las semillas y establecimiento de las plántulas de especies forestales son fundamentales para mejorar las técnicas que permiten el manejo adecuado, ya sea en un ambiente natural o en bosques implantados (Nassif y De Andrade, 1997; Jordano *et al.*, 2002).

El objetivo del presente fue determinar el efecto de la temperatura de incubación en la germinación de semillas de *P. nitens*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron frutos maduros de 12 árboles adultos de *P. nitens* seleccionados al azar del arbolado urbano de la ciudad de Bella Vista, ubicada al oeste de la provincia de Corrientes, Argentina (sobre las costas del Río Paraná y a 143 kilómetros de la ciudad Capital). Los individuos seleccionados cuentan con una altura de 15 m en promedio. Los frutos se conservaron a temperatura de heladera ($8\pm 2^{\circ}\text{C}$) en bolsas de papel previamente identificadas. Las semillas se









extrajeron manualmente de los frutos antes de los ensayos y se dejaron extendidas en bandejas durante 10 días en el laboratorio, para garantizar su secado total (contenido de humedad aproximado 10-12% según lo propuesto por Morandini *et al.*, 2013). Los ensayos de germinación se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología Aplicada y Genómica Funcional de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Nordeste-IBONE-CONICET.

2.1 Determinación de viabilidad de las semillas

Se realizó la prueba topográfica por tetrazolio para evaluar viabilidad del lote de semillas. Se trabajó con 4 repeticiones de 25 semillas que se acondicionaron realizando una imbibición durante 48 h. Para realizar la tinción, se utilizaron frascos de vidrio de 100 ml con tapa hermética donde se colocaron las semillas totalmente sumergidas en la solución de tetrazolio. Se incubaron en estufa a 28 °C y en oscuridad durante 24 h. Una vez concluida la tinción, las semillas se enjuagaron con abundante agua corriente y se realizaron las observaciones sobre cada semilla individualmente. Los resultados se expresaron en porcentaje (%) de semillas viables (semillas mayormente teñidas) y semillas no viables (embrión sin tinción), utilizando para determinar el área de tinción, el editor de imágenes *ImageJ* (Rasband, 2016).

Para la descripción de las clases de viabilidad en el test de tetrazolio se utilizó el patrón propuesto por Fogaça *et al.* (2006) (Tabla 1).

Tabla 1. Patrón de clasificación de viabilidad de las semillas mediante el test de tetrazolio (tomado de Fogaça *et al.* 2006)

Categoría	Descripción	Patrón de clasificación de viabilidad
Clase 1	Viable: semilla con coloración rosa uniforme y todos los tejidos con aspecto normal y firme.	
Clase 2	Viable: semillas que presentan menos de 50% de los cotiledones con coloración rojo intenso, típico de tejido en deterioro.	
Clase 3	Viable: extremidad de la radícula con coloración blanco lechoso sin llegar al cilindro central, además de presentar manchas de color blanco lechoso y dispersas de color rojo intenso.	
Clase 4	Viable: semillas que presentan menos de 50% de la región cotiledonar con coloración blanco lechoso, caracterizando tejido muerto.	
Clase 5	No viable: eje embrionario y más del 50% de la región cotiledonar que presente coloración roja intensa típica de tejidos en deterioro.	
Clase 6	Inviable: semilla totalmente con coloración rojo intenso, indicando grave proceso de deterioro.	
Clase 7	No viable: eje embrionario con coloración blanco lechoso, que presente el cilindro central con coloración rojo intenso. Región cotiledonar que presente más del 50% blanco lechoso, con manchas rojas intensas dispersas.	
Clase 8	No viable: semilla totalmente con coloración blanco lechoso que presente tejidos flácidos.	

La precisión de la estimación se determinó mediante una matriz de confusión que es una forma de verificar la exactitud del método utilizado; la coincidencia hace referencia al porcentaje de semillas que fue correctamente asignada a las diferentes categorías (semillas viables y no viables).

2.2 Tratamiento pre-germinativo y condiciones de incubación

Las semillas fueron sometidas al protocolo propuesto por Tapia *et al.* (2014) fundamentado en una escarificación física (cubriendo la semilla con agua inicialmente a 80 °C, hasta alcanzar temperatura ambiente, completando luego 24 h en inmersión); ya que como la mayoría de las semillas de las especies de Fabaceae, ésta posee testa dura y presenta dormición física (Baskin y Baskin, 2001; Colombo-Speroni y de Viana, 2002). Las semillas fueron colocadas en placas de Petri sobre dos láminas de papel de filtro humedecido con agua destilada (Nascimento *et al.*, 2006).

Los germinadores fueron cubiertos con papel *film* para reducir la pérdida de humedad e incubados a diferentes temperaturas: **T1:** 8±2 °C con condiciones de luz de 17 Lux (heladera), **T2:** 27±2 °C y 3.728 Lux (cámara climatizada), ambos con un fotoperiodo de 14 h.; **T3:** temperatura ambiente registrada diariamente en condiciones de invernadero; en promedio 29±2,5 °C) y **T4:** T1 por 21 días (estratificación en frío-8±2 °C) y luego T2 (27±2 °C) por 21 días. En cada ensayo se utilizaron cuatro réplicas de 25 semillas cada una.

2.3 Parámetros evaluados

Se consideró como germinada a la semilla con emergencia de una radícula que superara los 2 mm de largo (Soto Gonzales y Valiengo Valeri, 2011; Perissé *et al.*, 2011; Ruiz y Terenti, 2012). El recuento de la germinación se realizó cada 3 días, hasta haber completado los 21 días; humedeciendo el sustrato (papel absorbente) cuando fue necesario. Las variables evaluadas, fueron porcentaje de germinación y número de semillas germinadas en diferentes fechas de conteo para confeccionar la curva de germinación acumulada; además se evaluaron los siguientes indicadores indirectos de vigor: la Energía Germinativa (EG), Período de energía (PE), Velocidad de germinación (VG) e Índice de velocidad de germinación (IVG), entendiéndose por dichos indicadores a:

Energía Germinativa (EG): Porcentaje de germinación acumulado diario, obtenido al momento en que la tasa de germinación alcanza su valor máximo (González *et al.*, 2008).

Periodo de Energía (PE): Cantidad de días requeridos para alcanzar la máxima tasa de germinación (González *et al.*, 2008).

Velocidad de Germinación (VG): Nakagawa (1999). Se calculó mediante la Ecuación 1.

$$\sum_{i=1}^n NiGi / \sum_{i=1}^n Gi \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

N1, N2, ..., Nn: representan el número de días desde la iniciación del ensayo de germinación, G1, G2, ..., Gi: representan el número semillas germinadas en el día i-ésimo. Se observa que el valor G es una media aritmética de los Ni (días necesarios para la germinación) ponderada por los Gi y por ello las unidades que corresponden a esta velocidad son días.

Índice de Velocidad de Germinación (IVG) (Maguire, 1962; Villagra, 1997; Nakagawa, 1999). Se calculó mediante la Ecuación 2.

$$\sum_{i=1}^n Gi/Ni \quad [\text{Ec.2}].$$

Donde:

Ni y Gi tienen el mismo significado que en la fórmula anterior.

2.4 Análisis estadístico

Se utilizó análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significación α del 5 % para detectar diferencias entre los promedios del número de semillas germinadas, EG, PE, VG e IVG, mediante el uso de Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016). Las pruebas de Shapiro Wilks y de Levene se utilizaron para comprobar el cumplimiento de los supuestos, de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando dichos supuestos no se cumplieron, se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Kuehl, 2001).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el test de tetrazolio se identificó un $41,67 \pm 23,84$ % de semillas viables en promedio (Tabla 2). En ocasiones se recomienda este test como buen predictor de la germinación, tanto para semillas de *Quercus* como de otras especies forestales; aunque presenta algunos inconvenientes (Bonner, 1984; ISTA, 2014; Moreno-Álvarez *et al.*, 2001). Posiblemente la mayor dificultad es encontrar un protocolo adaptado a cada especie, de forma que las tinciones sean lo suficientemente homogéneas para asegurar una buena interpretación de los resultados. Los mismos, pueden verse afectados por la cantidad de lípidos, tiempo de tinción, condiciones de temperatura en las que se lleva a cabo la reacción, o incluso experiencia del analizador en dicha especie y en el método (Benito-Matías *et al.*, 2004). Si bien esta prueba ha sido utilizada en numerosas especies forestales como ser *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* (Cordero, 1994); *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricida sepium* y *Delonix regia* (Pivaral Leiva, 1999), *Pinus pinea* (Benito-Matías, 2004); *Schinopsis balansae* (Alzugaray *et al.*, 2005); *Aspidosperma quebracho-blanco* (Alzugaray *et al.*, 2006); *Rubia fruticosa* (Marrero *et al.*, 2007); *Maytenus vitis-idaea* (Bueno *et al.*, 2009); *Cedrela fissilis* (Barone *et al.*, 2016) entre otras, para la especie en estudio no existen antecedentes acerca del uso de este test de viabilidad; no así para el test de conductividad eléctrica masal, que ha sido ajustado para la misma por varios autores (Ataíde *et al.*, 2012; Guollo *et al.*, 2017).

Tabla 2. Determinación de viabilidad promedio de las semillas de *P. nitens* mediante la prueba topográfica de tetrazolio; clasificadas según el patrón propuesto por Fogaça *et al.*, (2006)

% de cada clase								Viabilidad (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	
21,40	14,10	11,60	1,22	28,80	11,65	4,90	6,13	41,67±23,84

En la Tabla 3 se presenta la evaluación de la clasificación final de las semillas con la matriz de confusión mediante el test de tetrazolio y el ensayo de germinación a temperatura ambiente (T3); tomado éste último como referencia por ser el registro más semejante al utilizado en la incubación de la prueba de viabilidad; los resultados obtenidos muestran que la coincidencia en semillas no viables fue del 79,12 %. Por ello, en este estudio, el test de tetrazolio ha sido de alta eficiencia para caracterizar semillas no viables.

Tabla 3. Evaluación de la clasificación final del sistema de determinación de viabilidad promedio en semillas de *P. nitens* (Viables/No viables), por matriz de confusión

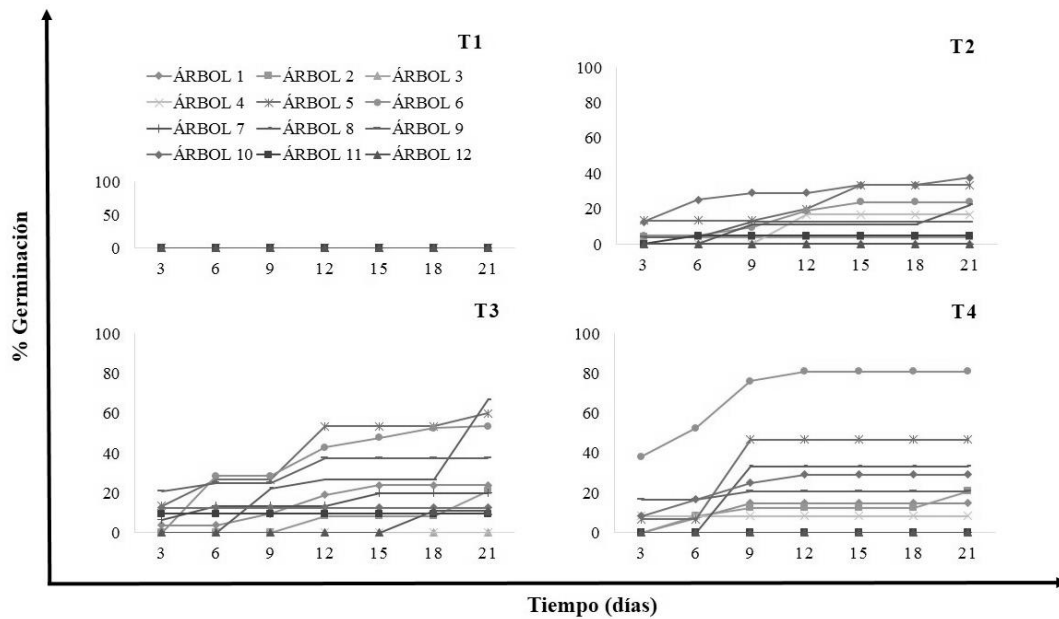
Clasificación ensayo germinación	Clasificación test de tetrazolio		Coincidencia %
	Viables	No viables	
Viables	26,28	41,67	18,16%
No viables	73,72	58,33	79,12%

De acuerdo con Bidwell (2000) el envejecimiento es un factor que generalmente disminuye la viabilidad en las semillas, y es de suma importancia para determinar el periodo de tiempo en el que conservan su capacidad para germinar y así lograr una propagación exitosa (Hartmann y Kester, 1994). Carvalho y Nakagawa (2012) argumentan que el porcentaje de viabilidad está influenciado por las características genéticas de la planta progenitora y por factores ambientales como las condiciones climáticas durante la floración, formación, desarrollo y maduración del fruto, el grado de madurez de la semilla al momento de la cosecha y el manejo durante la colecta y la poscosecha, a pesar de que estos factores no se analizaron en el presente trabajo.

Existieron árboles cuyos valores de porcentaje germinación estuvieron por encima del valor promedio sugiriendo la influencia del genotipo en la calidad de la semilla. Existen diversos estudios de la influencia de la procedencia geográfica de las semillas sobre la germinación y el crecimiento de especies forestales; e inclusive muchos de ellos indican diferencias en cuanto al vigor de crecimiento de las plántulas (Juárez-Agis *et al.*, 2006; Viveros-Viveros *et al.*, 2017). Del mismo modo las condiciones de almacenamiento pueden afectar generando variaciones del vigor con el transcurso del tiempo (Fontana *et al.*, 2016). En nuestro trabajo, la procedencia y el tamaño de los árboles fueron semejantes, lo que refuerza la idea de la variabilidad genotípica del lote ensayado.

Como se observa en la curva de germinación acumulada (Figura 1), la respuesta a los diferentes tratamientos fue muy variable; pero en general el tratamiento T1 no fue efectivo para ninguna de las semillas sin importar de qué individuo provengan. La temperatura a la que se deben mantener las semillas es aquella en la que se obtenga la germinación más rápida y más completa posible. Las temperaturas para pruebas de especies tropicales oscilan entre 15 y 35 °C y puede ser constante o alterna (Thomson, 1979); por ello el crecimiento suele verse detenido con temperaturas por debajo de los 10 °C. Las especies de la familia fabaceae se caracterizan por presentar la testa dura, condición que afecta la germinación. Para mejorar este proceso y acelerar la obtención de plántulas existen diversos tratamientos pre-germinativos como la escarificación mecánica, química o física entre otras (Atencio *et al.* 2003).

El tratamiento T4, que combina el tratamiento T1 (heladera 8±2 °C) y T2 como estratificación en frío, tuvo el menor tiempo en el proceso de desencadenar la germinación respecto a los demás tratamientos; como se observa en la curva de germinación acumulada (Figura 1). Mediante la estratificación en frío no sólo se supera la latencia fisiológica, sino que se puede reducir también la sensibilidad de las semillas durmientes y no durmientes a sus necesidades óptimas de luz y temperatura, de lo que se deriva un incremento de la tasa de germinación y de la uniformidad de ésta en condiciones diversas (Wilan 1991; Patiño *et al.*, 1983; Hartmann y Kester, 1994; Donoso, 1993). Los resultados sugieren que la estratificación en frío actúa como un promotor de la germinación y se puede deber a adaptaciones al ambiente natural, en los cuales, se originó la especie (Manjkhola *et al.* 2003). Es aplicada en diversas especies forestales como ser *Pinus*, (Basil *et al.*, 2001), *Pinus taeda* (Krugman y Jenkinson, 1974), *Fraxinus excelsior*, *Crataegus monogyna* (Gordon y Rowe, 1982), *Nothofagus pumilio*, *Nothofagus antártica*, *Nothofagus obliqua*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus jeffreyi* (Varela y Arana, 2011; Donoso *et al.*, 2013), entre otras.



Referencias: T1= 8±2 °C (heladera), T2= 27 °C (cámara climatizada); T3=Temperatura ambiente invernadero (29 °C) y T4= T1 por 21 días (estratificación en frío) y luego T2 por 21 días.

Figura 1. Curva de germinación acumulada para las semillas de los diferentes individuos de *P. nitens*

Los valores máximos de porcentaje de germinación se alcanzaron en general con los tratamientos T3 y T4; donde se han registrado valores de hasta 66,60±5,24 % de germinación en el árbol N° 8 y 79,50±5,24 % en el árbol N° 6 para los respectivos tratamientos (Figura 2). Como así también otros individuos no registraron germinación alguna para los mismos tratamientos. En el tratamiento T3 la mayoría de los individuos manifestaron su menor periodo de energía (PE) 3±1,59 días. Para esta variable se encontraron diferencias significativas para el tratamiento T3 con respecto a los demás (Tabla 4). En promedio con T3 se ha conseguido mejorar los resultados reportados por Pece *et al.* (2010) que lograron un periodo de energía de entre 5,75 y 9,75 días con tratamientos pre-germinativos mucho más agresivos, utilizando ácido.

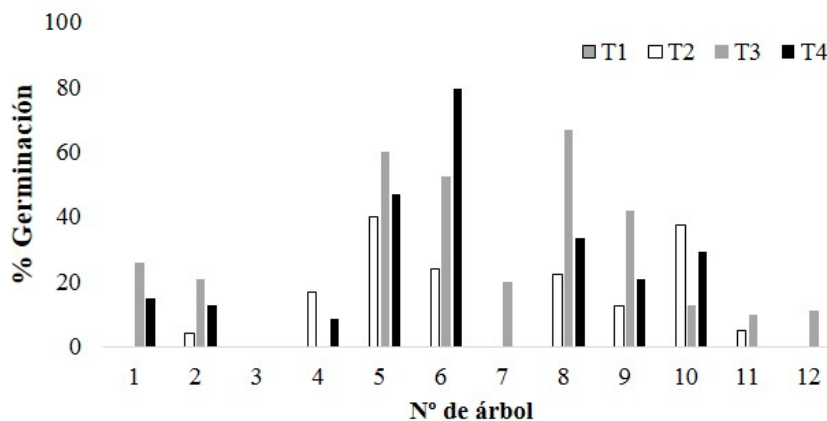


Figura 2. Porcentaje de germinación en semillas de *P. nitens*

Por otra parte, para energía germinativa (EG) si bien no se mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos T3 y T4; con el tratamiento de estratificación en frío (T4) se logró los mayores valores ($40 \pm 2,76$ %); estos resultados indican que cuando las semillas recibieron frío previo a la siembra aumentaron su energía, lo cual es coincidente con lo obtenido en la investigación de Mann y colaboradores (2008). El tiempo estipulado para calcular el porcentaje de semillas que germinó en general varía con la especie, y para la especie se registran datos de referencia generados por Pece *et al.* (2010) que varían entre 3,50 y 22 % para distintos tratamientos pre-germinativos.

Igual comportamiento se observó para velocidad de germinación (VG), no encontrándose diferencias significativas entre T3 y T4; Pece *et al.* (2010) sostiene que cuánto menor es el valor de VG, menor es el número de días utilizados en la germinación, por lo tanto, mayor es la energía de germinación; en T3 se ha logrado registrar el menor valor siendo este de $3 \pm 1,61$ días, muy similar al reportado por el mismo autor. Generalmente la velocidad de germinación aumenta en forma directa con la temperatura, respondiendo a fluctuaciones estacionales y cotidianas (Taylor *et al.*, 1999). El valor óptimo en la condición alternante para la germinación en la mayoría de las semillas varía de 20 a 35 °C, y difiere entre poblaciones de una misma especie y entre árboles de un mismo rodal (Patiño *et al.*, 1983).

En cuanto al índice de velocidad de germinación (IVG) lo fue en T3 con $0,71 \pm 0,04$ semillas germinadas por día (Tabla 4); aunque no se encontraron diferencias significativas entre T3 y T4. Este índice expresa la velocidad en número de semillas germinadas por día. Por lo tanto, cuanto mayor es, mayores son la velocidad y el vigor del lote. Si bien estos resultados no se comparan a los obtenidos por Pece *et al.* (2010), el mayor valor del índice corresponde al tratamiento con temperaturas más próximas al óptimo registrado para la especie (Nassif y Perez, 2000).

En cuanto a estudios relacionados con la germinación de *P. nitens*, Rovira *et al.* (2001) comparando la germinación bajo condiciones de laboratorio y de campo, refieren mayor variabilidad en laboratorio. Pece *et al.* (2010) aconsejan una temperatura de estufa constante de 30 °C durante todo el ensayo, para estimular la germinación y Tapia *et al.* (2014) proponen escarificación física como tratamientos pre-germinativos con el propósito de acelerar y uniformizar la germinación. Álvarez Tonin *et al.* (2005) estudiaron la influencia de la temperatura y el acondicionamiento osmótico en la viabilidad y el vigor de semillas sugiriendo que el acondicionamiento osmótico a 10 °C es más eficiente que a 27 °C; Peres Biruel *et al.* (2007), han estudiado la eficiencia del acondicionamiento de las semillas expuestas a envejecimiento acelerado y su influencia sobre la germinación; mientras que Morandini *et al.* (2013) analizaron la tolerancia a la desecación de las semillas para su almacenamiento y su posterior influencia en la germinación. Nassif y Perez (2000), por su parte determinaron que esta especie germina en un rango de temperatura con valores mínimos entre 12 y 15 °C, óptimos entre 18 y 30 °C y máximos entre 39 y 42 °C. Su velocidad de germinación es dependiente de la temperatura, ocurriendo los mayores valores de entre 24 y 30 °C. En esta experiencia si bien se manejaron temperaturas más específicas y el método de escarificado propuesto por Tapia *et al.* (2014), la germinación de las semillas se desencadenó dentro del mismo rango reportado por los últimos autores mencionados.

Tabla 4. Parámetros de vigor correspondientes a la germinación de semillas de *P. mitens*.

Árbol	EG				IVG				VG				PE			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	0,00±0a	0,00±0ab	7,40±2,67b	7,40±2,67b	0,00±0a	0,00±0ab	0,30±0,04ab	0,08±0,04b	0,00±0a	0,00±0ab	12,42±1,61b	16,50±1,61b	0±0a	0±0ab	6±1,59b	15±1,59b
2	0,00±0a	4,16±2,67ab	12,50±2,67b	8,32±2,67b	0,00±0a	0,11±0,04ab	0,10±0,04ab	0,06±0,04b	0,00±0a	3,00±1,61ab	17,14±1,61b	12,00±1,61b	0±0a	3±1,59ab	21±1,59b	15±1,59b
3	0,00±0a	0,00±0ab	0,00±0b	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	0,00±0ab	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	0,00±0b	0,00±0b	0±0a	0±0ab	0±0b	0±0b
4	0,00±0a	16,65±2,67ab	0,00±0b	8,32±2,67b	0,00±0a	0,06±0,04ab	0,00±0ab	0,03±0,04b	0,00±0a	12,00±1,61ab	0,00±0b	12,00±1,61b	0±0a	12±1,59ab	0±0b	12±1,59b
5	0,00±0a	13,32±2,67ab	13,32±2,67b	40,00±2,67b	0,00±0a	0,31±0,04ab	0,48±0,04ab	0,14±0,04b	0,00±0a	11,50±1,61ab	9,00±1,61b	17,14±1,61b	0±0a	3±1,59ab	3±1,59b	18±1,59b
6	0,00±0a	9,51±2,67ab	28,57±2,67b	38,08±2,67b	0,00±0a	0,23±0,04ab	0,46±0,04ab	0,40±0,04b	0,00±0a	10,20±1,61ab	9,54±1,61b	14,82±1,61b	0±0a	12±1,59ab	6±1,59b	12±1,59b
7	0,00±0a	0,00±0ab	6,66±2,67b	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	0,19±0,04ab	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	8,00±1,61b	0,00±0b	0±0a	0±0ab	3±1,59b	0±0b
8	0,00±0a	11,10±2,67ab	22,20±2,67b	33,33±2,67b	0,00±0a	0,05±0,04ab	0,16±0,04ab	0,06±0,04b	0,00±0a	15,00±1,61ab	14,00±1,61b	18,00±1,61b	0±0a	9±1,59ab	9±1,59b	18±1,59b
9	0,00±0a	8,33±2,67ab	20,83±2,67b	16,66±2,67b	0,00±0a	0,19±0,04ab	0,71±0,04ab	0,13±0,04b	0,00±0a	7,00±1,61ab	7,79±1,61b	13,24±1,61b	0±0a	9±1,59ab	3±1,59b	12±1,59b
10	0,00±0a	12,50±2,67ab	12,50±2,67b	8,32±2,67b	0,00±0a	0,58±0,04ab	0,33±0,04ab	0,15±0,04b	0,00±0a	7,99±1,61ab	3,00±1,61b	15,85±1,61b	0±0a	3±1,59ab	3±1,59b	12±1,59b
11	0,00±0a	4,76±2,67ab	9,51±2,67b	0,00±0b	0,00±0a	0,06±0,04ab	0,22±0,04ab	0,00±0b	0,00±0a	6,00±1,61ab	3,00±1,61b	0,00±0b	0±0a	6±1,59ab	3±1,59b	0±0b
12	0,00±0a	0,00±0ab	11,10±2,67b	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	0,02±0,04ab	0,00±0b	0,00±0a	0,00±0ab	18,00±1,61b	0,00±0b	0±0a	0±0ab	18±1,59b	0±0b

Tratamientos con una letra en común dentro de cada parámetro medido no presenta diferencia significativa ($p \leq 0,05$).

Referencias: G: Germinación (%); PE: periodo de energía (días); EG: energía germinativa (%); VG: velocidad de germinación (días); IVG: índice de velocidad de germinación (semillas germinadas/días).

4. CONCLUSIONES

Este estudio básico permite obtener información acerca del efecto de la temperatura de incubación en la germinación de semillas de *P. nitens*; aunque no se identificó un patrón claro de desarrollo con diferentes condiciones de incubación, se puede mencionar que *P. nitens* necesita temperaturas promedio de 29 °C para desencadenar el proceso. Además, con la estratificación en frío se logró un efecto favorecedor en algunos indicadores de vigor.

Las semillas de *P. nitens* perdieron viabilidad en un corto tiempo, por ello si bien los resultados presentados en este trabajo son preliminares, se reconoce necesario realizar más estudios en la temática para desarrollar una metodología de trabajo de estimación de la viabilidad en esta especie. La calidad del lote de semillas estudiado podría considerarse baja dado el elevado porcentaje de semillas no viables. Con los resultados presentados se contribuye al conocimiento del manejo adecuado de semillas de *P. nitens* para favorecer la supervivencia de las plantas en condiciones naturales y útiles también para la toma de decisiones al momento de iniciar la producción en vivero; destacando la importancia de complementar los ensayos de germinación con pruebas o test de viabilidad que además de ser fáciles, prácticas y económicas, se usan para obtener más información acerca de la calidad de semillas.

AGRADECIMIENTOS

La ejecución de este trabajo fue posible gracias al apoyo de los siguientes proyectos INTA-AUDEAS-CONADEV- CIAC-940173 y PI 16A001 (SGCyT-UNNE).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Tonin, G.; A. B. Gatti; B. Primieri Carelli y S. Juliano Gualtieri de Andrade Perez. 2005. Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. *Revista Brasileira de Sementes* 27(2): 35-43.
- Alzugaray, C.; N. Carnevale; A. Salinas y R. Pioli. 2005. Observations on Seed Quality of *Schinopsis balansae* Engl., a Tree Species Endemic to South America. *Seed Technology* 27 (1): 49-58.
- Alzugaray, C.; N. Carnevale; A. Salinas y R. Pioli. 2006. Calidad de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. *Quebracho* (13):26-35.
- APN-SIB (Administración de Parques Nacionales. Sistema de Información de Biodiversidad). 2010. [en línea]. [Fecha de consulta: agosto 2016]. Disponible en: <<http://www.sib.gov.ar>>
- Ataíde, G. M.; A. V. Flores; E. E. L. Borges y R. T. Resende. 2012. Adequação da metodologia do teste de condutividade elétrica para sementes de *Pterogyne nitens* Tull. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 7(4): 635-640.
- Atencio, L.; R. Colmenares; M. Ramirez Villalobos y D. Marcano. 2003. Tratamientos pre-germinativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 20 (1): 63-71.
- Barone, J.; E. Duarte y C. Luna. 2016. Determinación de la eficacia de métodos de evaluación de calidad de semillas de especies forestales nativas de la Selva Atlántica. *Quebracho* 24(1,2):70-80.
- Basil, G.; Leanza, M.; Honorato, M. 2001. Ensayo de germinación de semillas de pino con diferentes estratificaciones en frío. *Patagonia Forestal*. CIEFAP, Vol. 7(4):13-15.
- Baskin, C. C. y J. M. Baskin. 2001. *Seed: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic, San Diego, EEUU.
- Benito-Matías, L.; N. Herrero Sierra; I. Jiménez y R. Peñuelas. 2004. Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de *Pinus pinea*: test de tetrazolio e índigo carmín. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17(23-28).

- Bewley, J. y M. Black. 1994. *Seeds: Physiology of Development and Germination*. New York and London, Plenum Press. 445 p.
- Bidwell, R.G.S. 2000. *Fisiología vegetal*. AGT Editores, S.A. México, DF, 784 pp.
- Bonner, F. T. 1984. *Tratamiento previo de la Semilla*. En: *Guía para la manipulación de semillas forestales. 1991*. Estudio FAO Montes 20/2. Compilado por R.L. Willan para el Centro de Semillas Forestales de DANIDA, pp. 241-278.
- Bueno, M.; C. Alzugaray; A. Giubileo; C. Severina y N. Carnevale. 2009. Evaluación de la calidad fisiológica de semillas de *Maytenus vitis-idaea* cultivadas *in vitro*. *Bosque* 30(3): 146-150.
- Carvalho, N. M.; F. J. F. De Souza; G. Tostes y I. T. De Aguiar. 1980. Maduración fisiológica de semillas de amendoim-do-campo. *Revista Brasileira de Sementes* 2(2):23-28.
- Carvalho, N. y J. Nakagawa. 2012. *Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção*. 5 ed. Jaboticabal: FUNEP. 590 p.
- Carvalho, P. 1994. *Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira*. Colombo: Embrapa. 640 p.
- Colombo-Speroni, F. y M. L. de Viana. 2002. Requerimientos de escarificación en semillas de especies autóctonas e invasoras. *Ecología Austral* 10: 123-131.
- Cordero, C. 1994. *Determinación de la viabilidad en semillas de Bombacopsis quinata y Tabebuia rosea, comparación con resultados de viveros*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tesis de especialidad. 64 p.
- Craviotto, R. M.; M. Arango Perearnau y C. Gallo. 2008. *Prueba Topográfica por Tetrazolio en Soja*. Suplemento Especial N° 1, 96 p. Editor: Guillermo Rolando. ISSN 1851-9415. Rosario. Argentina.
- Del Castillo, E. M.; M. N. Gil; M. Terán; S. Cravero y M. A. Zapater. 1997. *Tipa colorada: su autoecología*. Resúmenes del primer taller internacional de recursos filogenéticos del Noroeste argentino. Salta. Argentina.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2016. *InfoStat Software Estadístico. Manual del Usuario*. 329 p.
- Dimitri, M. J.; R. F. Leonardis y J. S. Biloni. 2000. *El nuevo libro del árbol. Especies forestales de la Argentina oriental*. Tercera edición. Tomo II. Ed. El Ateneo. Buenos Aires, p120.
- Donoso, C. 1993. *Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 pp.
- Donoso, C.; L. Steinke y A. Premoli. 2013. *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. In Donoso C ed. *Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología*. Valdivia, Chile. 2da. Edición. Marisa Cuneo Ediciones. p. 402-410.
- Fogaça, C., M. Malavasi; C. Zucareli y U. Malavasi. 2006. Aplicação do teste de tetrazólio em sementes de *Gleditschia amorphoides* Taub. Caesalpinaceae. *Revista Brasileira de Sementes* 28(3), 101-107.
- Fontana, M. L.; V. R. Pérez y C. V. Luna. 2016. Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 15 (1):1-13.
- González, M.; I. Quiroz; E. Gracia y B. Gutiérrez. 2008. Escarificación química con ácido sulfúrico como tratamiento pregerminativo para semillas de toromiro (*Sophora toromiro* Skotts.). *Ciencia e Investigación Forestal* 14(1):111-118.
- Gordon, A.G. y D.C.F. Rowe. 1982. *Seed manual for ornamental trees and shrubs*. For. Comm. Bull. 59, HMSO, Londres.
- Guollo, K.; J. Possenti; M. Felippi; E. Del Quiqui y T. Magalhães Loiola. 2017. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes florestais através do teste de condutividade elétrica. *Colloquium Agrariae* 13(1):86-92.

- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1994. *Propagación de Plantas y Principios Básicos*. CECSA. México, DF, 760 pp.
- ISTA. 2014. *International Rules for Seed Testing*. I.S.T.A. (International Seed Testing Association). Zurich, Suiza.
- Jordano, P.; R. Zamora Rodríguez; T. Marañón y J. Arroyo. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo: aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 11(1): 83-92.
- Juárez-Agis, A.; J. López; J.J. Vargash y C. Sáenz-R. 2006. Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plántulas de *Pseudotsuga menziessi* de México. *Agrociencia* 40 (6): 783- 792.
- Krugman, S.L. y J.L. Jenkinson, 1974. *Pinus*. En *Seeds of woody plants in the United States*. Agricultural Handbook 450, Forest Service, USDA, Wáshington D.C.
- Kuehl, R. 2001. *Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*. Segunda edición. International Thomson Editores, S.A. de C.V., México, DF. 666 pp.
- Legname, R. 1982. *Arboles indígenas del Noroeste argentino*. Opera Lilloana XXXIV, lam 51. Inst. M. Lillo. Tucumán.
- Maguire, J.D. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergente and vigor. *Crop Science* 2, 176-177.
- Mann, R.; A. Kshitij; C. Singh; V. Aeri y R.K. Nema. 2008. “Adeventitious shoot proliferation from aseptically germinated seedlings of *Cuminum cyminum*. *Pharmacognosy Magazine*. 4(14) :132-137.
- Manjkhola, S.; U. Dhar; R.S. Rawal. 2003. Treatments to improve seed germination of *Arnebia benthamii*: an endangered medicinal herb of high altitude Himalaya. *Seed Science and Technology*. (Suiza). 31:571-577.
- Marrero, P.; D. Padilla; F. Valdés y M. Nogales. 2007. Comparison of three chemical tests to assess seed viability: the seed dispersal system of the Macaronesian endemic plant *Rubia fruticosa* (Rubiaceae) as an example. *Chemoecology* 17 (1): 47-50.
- Moraes, M. R.; B. Ollgaard; L. P. Kvist; F. Borchsenius y H. Balslev. 2006. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. 533 pp.
- Morandini, M. N.; E. M. Giamminola y M. L. de Viana. 2013. Tolerancia a la desecación de semillas de *Prosopis ferox* y *Pterogyne nitens* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical* 61 (1), 335-342
- Moreno-Álvarez, M.; L. Benito-Matías; N. Herrero; S. Domínguez y J. Peñuelas. 2001. *Estudio de nuevos métodos de determinación de la viabilidad de las semillas forestales: Test de electroconductividad e índigo carmín. Comparación con el test del tetrazolio y su aplicación a Pinus pinaster y Pinus halepensis*. Actas del III Congreso Forestal Español. Granada., Mesa 3:653-658.
- Nakagawa, J. 1999. *Teste de vigor baseados no desempenho das plântulas. Cap. 2 de Vigor de sementes: conceitos e testes* Ed. ABRATES. Londrinás, PR Brasil.
- Nascimento, W.; E. Cruz; M. Moraes y J. Menten. 2006. Qualidade sanitária e germinação de sementes de *Pterogyne nitens* Tull. (Leguminosae - Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Sementes* 28(1): 149-153.
- Nassif, S. y S. Perez. 2000. Efeitos da temperatura na germinação de sementes de Amedoin-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.). *Revista Brasileira de Sementes* 22: 1-6.
- Nassif, S.M. L. y P.S.C. De Andrade. 1997. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semente. *Revista Brasileira de sementes* 19(2):171-178.
- Ordoñez, A. 1987. *Germinación de las tres especies de Nothofagus siempreverdes (Coigües), y variabilidad en la germinación de procedencias de Coigüe común (Nothofagus dombeyi (Mirb) Oerst)*. Tesis Ing. Forestal. Fac. de Cs. Forestales. Univ. Austral de Chile. Valdivia. 134 pp.

- Patiño, F.; P. de la Garza; Y. Villagomez; I. Talavera y F. Camacho. 1983. *Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales*. México D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 pp.
- Pece, M.; C. Gaillard; M. Acosta; C. Bruno y S. Saavedra. 2010. Tratamientos pregerminativos para tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul.). *Foresta Veracruzana* 12 (1): 17-25.
- Peres Biruel, R.; A. B. Borba Filho; E. C. E. de Araújo; F. Fraccaro; S. de Andrade y C. J. G. Perez 2007. Efeitos do condicionamento seguido ou não de secagem em sementes de *Pterogyne nitens* Tul. sob estresse. *Ciência Florestal* 17 (2): 119-128.
- Perissé, P.; R.J. Lovey; C.V. Arias; M. Scandaliaris y M.L. Molinelli. 2011. Morfología de semilla y plántula de *Dicliptera squarrosa* Nees (Acanthaceae) como fuente de caracteres para su identificación y su relación con estructuras de supervivencia. *Phyton* 80(1): 73-78.
- Pivaral Leiva, L. 1999. *Desarrollo de patrones de tinción de tetrazolio e índigo carmín, para determinar viabilidad en semilla de Enterolobium cyclocarpum, (Jacq) Griseb. (Conacaste), Gliricida sepium (jacquin) Kunth ex Walper (Madrecacao) y Delonix regia (Bojer) Raf. Fl. Tellur. (Flamboyan)*. Tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Universidad de San Carlos de Guatemala. 92 p.
- Popinigis, F. 1972. *Immediate effects of mechanic injury on soybean (Glycine max (L) Merr.)*. MS Tesis. Mississippi State University. Starkville. 72 pp.
- Rasband, W.S. 2016. *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. 91en linea [fecha de consulta: septiembre 2017]. Disponible en: <<https://imagej.nih.gov/ij/>>.
- Regasini, L.; D. C. Fernandes; I. Castro Gamboa; et al. 2008. Constituintes químicos das flores de *Pterogyne nitens* (Cesalpinoideae). *Química Nova* 31 (4): 802-806.
- Rovira, J.; V. Mainardi; M. E. Amado; C. Rodríguez y J. A. Rodríguez Rey. 2001. Ensayos de germinación en condiciones de laboratorio y de campo para tres especies forestales de Tucumán. *En: Avances en la Producción Vegetal del N.O.A. (1998-2001)* p. 120-123.
- Ruiz, M. y O. Terenti. 2012. Evaluación comparativa de cuatro especies forrajeras bajo condiciones de estrés hídrico y salino durante la germinación. *Agriscientia* 29(2): 91-97.
- Soto Gonzales, J. y S. Valiengo Valeri. 2011. Prueba de la conductividad eléctrica en la evaluación fisiológica de la calidad de semillas en *Zeyheria tuberculosa*. *Bosque* (Valdivia) 32(2):197-202.
- Tapia, A. M.; A. Romero; V. Luque; P. Gervasoni; S. Aybar; A. Lobo Furque y I. Gómez, 2014. Influencia de la escarificación física en la germinación de semillas de tipa colorada (*Pterogyne nitens* Tul ex Benth). *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 34 (2): 58-59.
- Taylor, J. P.; D. B. Wester y L. M. Smith. 1999. Soil disturbance, flood management, and riparian woody plant establishment in the Rio Grande floodplain. *Wetlands* 19: 372-382.
- Thomson, J. 1979. *Introducción a la tecnología de semillas*. Traducido por Paloma Melgarejo de Nádiz. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 301 pp.
- Varela, S. y V. Arana. 2011. *Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos*. Serie técnica: "Sistemas Forestales Integrados" Área Forestal - INTA EEA Bariloche Sección: "Silvicultura en vivero" Varela, S. A. y Aparicio, A. (eds.) Cuadernillo N° 3: 10 p. ISSN: 1853-4775.
- Villagra, P. 1997. Germination of *Prosopis argentina* and *P. alpataco* seeds under saline conditions. *Journal of Arid Environments* 37:261-67.
- Viveros-Viveros, H.; K. Quino-Pascual; M. Velasco-García; G. Sánchez-Viveros y E. Velasco Bautista. 2017. Variación geográfica de la germinación en *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque* 38(2): 317-326.
- Willan, R. L. 1991. *Guía para la manipulación de semillas forestales: con especial referencia a los trópicos*. Roma: FAO. [Estudio FAO Montes 20/2] 502 p. ISBN 92-5-302291-4.



TRABAJO CIENTÍFICO

Growth and age-size relationships of *Euterpe edulis* palm in harvested and protected Forest in northeast of Misiones, Argentina

Crecimiento y relación tamaño-edad del palmito (Euterpe edulis) en selvas aprovechadas y protegidas en el noreste de Misiones, Argentina

Chediack, S. E.¹ y M. G. Gatti²

Recibido en agosto de 2017; aceptado en abril de 2018

RESUMEN

Euterpe edulis Mart. (Arecaceae), habita la selva Misionera en Argentina, tanto en áreas protegidas como en aquellas bajo aprovechamiento. Esta palmera se corta para extraer el palmito que es un alimento gourmet. Se estudió el crecimiento y se estimó la edad de los individuos utilizando 3 parcelas permanentes de una hectárea cada una. Dos parcelas se establecieron en el Parque Nacional Iguazú y otra en una propiedad privada donde se había realizado aprovechamiento de esta especie. Para cada palmera marcada se midió el crecimiento del tronco (altura y diámetro) por 3 años y se compararon los incrementos de aquellos viviendo en el Parque Nacional con los que prosperaron en el sitio aprovechado. Se realizaron regresiones para estimar la relación entre el incremento en tamaño y el área basal de la selva. Las palmeras se clasificaron en 5 categorías. Los parámetros de las regresiones se utilizaron para estimar el tiempo que un palmito necesita para alcanzar el tamaño para ser aprovechado. Las palmeras de un mismo tamaño pueden ser de diferente edad dependiendo del sitio donde viven. En Argentina, la ley permite cortar individuos con DAP igual o mayor a 10 cm. En sitios aprovechados, las palmeras alcanzan este tamaño a los 23 años de edad o menos, mientras que el Parque Nacional este tamaño se alcanza a los 50 años o más. El aprovechamiento de palmitos de 10 cm de DAP puede ser sustentable, sin embargo el ciclo de corta dependerá del tipo de ambiente.

Palabras clave: edad, Argentina, Selva Atlántica, *Euterpe edulis*, Palmito

ABSTRACT

The *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) occurs both in protected and logged areas of the Atlantic forest in Misiones, Argentina. This palm tree is harvested for its heart. To study the growth and estimate the age of *E. edulis* individuals, three one-hectare permanent plots were used: two of them located in the Iguazú National Park and the third, a private one, where this species had been harvested. Each marked individual was measured against those of the individuals in the harvested private site in its stem growth (height and diameter) for three years and their increase compared. To estimate the relationship growth increase to forest basal area of the forest, regressions were made. The palm trees were classified into five categories. The regression parameters were used to estimate the time a palm heart takes to become harvestable. Palm tree growth for each size category was related to harvestable palm basal area per hectare. Palm trees of the same size may be of different ages depending on where they grew. In Argentina, law allows palm trees to be harvested when their DBH is 10 cm or more. In logged areas, palm trees reach this size in 23 years or earlier, while in protected areas it takes them 50 years or more. Harvesting palm trees with 10 cm of DBH can be a sustainable practice. However, the cutting time will depend on the environment where palms grow.

Key words: age, Argentina, Atlantic Forest; *Euterpe edulis*; palm heart.

¹ Alcanfores 68, Frac. Real del Monte (29299), San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. E-mail: chediack@hotmail.com

² Instituto de Biología Subtropical, Universidad Nacional de Misiones, CONICET, Bertoni 85 (3370) Puerto Iguazú, Misiones, Argentina. / Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones, Bertoni 124 (3380) Eldorado, Misiones, Argentina. E-mail: genoveva.gatti@conicet.gov.ar

1. INTRODUCTION

In tropical and subtropical forests, photosynthetic active radiation influences the development of understory vegetation and its spatial distribution (Chazdon, 1986; Campanello *et al.*, 2007). Much of the variability in tree growth rates, both within and among species, can be accounted for the assumption that growth is proportional to light interception (King *et al.*, 2005). Most Neotropical understory palm species are shade tolerant (Hodel, 1992), however, they can also take advantage of small forest gaps (Nakazono *et al.*, 2001). Human activities can modify the physical environment of an ecosystem by altering structural features. Particularly, in forests under harvesting regimes, the extraction of the overstory vegetation creates canopy openness, which generates an increase in the light conditions in the understory (Chen *et al.*, 1999). These forest changes affect regeneration patterns and development of the species, especially the exploited ones, compromising the economic yield and the ecological sustainability of the forest.

Euterpe edulis Mart. (Arecaceae) is a monopodial arborescent palm endemic to the Atlantic Forest of Brazil, Paraguay and Argentina (Henderson *et al.*, 1995). It is harvested for its heart palm that constitutes an economically important forest product (Galetti and Fernández, 1998). The palm heart extraction implies the death of the individual. Intensive harvest of this palm specie has caused a large reduction of its populations and local extinction in several areas (Henderson *et al.*, 1995; Galetti and Fernández, 1998). Sustainable management of this palm tree must be designed taking into consideration individuals and population growth rates in relation to environmental conditions.

Tomlinson (1990) suggested that characterized phases of development are largely arbitrary but recognized that it is useful to describe the vegetative and reproductive growth of the palm in discrete phases. Seedling phase lasts until the seed endosperm is exhausted. In the sapling phase, there is a gradual increase in axis diameter. Axis progressively increases in size and serves as a root-generating region to develop an efficient anchoring and absorbing system. The next phase begins when the palm starts increasing in height. The last two phases is what Tomlinson (1990) considered the establishment step. Consistently, Alves *et al.* (2004) studied *E. edulis* allometry and explained that the relationship between stem diameter and height is not the same along the palm life. They suggested that this palm tree is able to grow to tree stature by initially overbuilding the stem at ground level. Later, there is a shift to a greater stem increment in height, and lower increment in diameter. Rich (1986) suggested that diameter growth is a product of more stiffness and strength of stem tissue. Reis *et al.* (2000) indicated that the increment of stem diameter measured at 1.3 meters above ground (DBH) decreases with DBH, average annual DBH growth changes from 0.04 cm on palms with DBH larger than 14 cm to 1.15 cm on palms with a DBH of eight cm.

Given that the establishment phase of palms seems to be highly significant for the entire life of the individual, studies of *E. edulis*' development have centered mainly on seedling and sapling phases (Favreto *et al.*, 2010; Gatti *et al.*, 2011). Gatti *et al.* (2011) suggested that saplings can adjust their morphology and development to changes in environmental conditions, mainly light. One strategy of smaller palm trees to face low radiation is to grow proportionally more in height than in diameter, to decrease leaf production rate, and to increase leaf longevity. This determines the ontogenetic development of the palm, which is slower under low light radiation levels than under relatively high light radiation levels. On the other hand, to survive under moderately high radiation levels, individuals invest proportionally more biomass on roots than on other tissues (Gatti, 2005), decrease leaf size and increase the relationship between the surface of conductive and demanding water tissues (stem versus leaf area) (Gatti *et al.*, 2014).

It has been observed that density has an important effect on *E. edulis* regeneration at a population level. Silva Matos *et al.* (1999) demonstrated that high seedling and adult densities of this species restrict seedling growth and survival. Fantini and Guries (2007) suggested that seedling and sapling growth rates decrease with density, in pure as well as in mixed forest. These studies

inferred that the time required for individuals of *E. edulis* to reach a certain size may vary depending on environmental conditions.

Most tree harvest sustainable plans are based on plant size, such as DBH. But, despite of all the precedent evidences, most of the forest managers seldom consider the effect on environmental conditions on the time to reach harvest size, which is important from an ecological and economical points of view.

Argentinean law recommends to harvest palm trees with DBH equal or larger than 10 cm. Chediack (2008a) suggested that sustainable management should include includes harvesting cycles of 13-20 years, felling the palms from September to December to avoid Curculionidae infections, and leaving a set of different reproductive palms to allow genetic diversity.

Our goal was to study the growth rate and development of *E. edulis* palms in protected versus harvested forests. We tested the hypothesis that these two forest types affect the development rate and form of growth of the remaining individuals in the population. This could be due to changes in the forest structure and increment in canopy openness as a result of removing canopy and mid-canopy palms. Consequently, we expected that palms of similar size will differ in age when comparing forest with and without palm harvest.

2. MATERIALS AND METHODS

Study site: This study was conducted in the semi deciduous Atlantic Forest of northeastern Argentina (Oliveira Filho and Fontes, 2000) in Misiones Province. The Atlantic forest is a “hotspot of biodiversity” because of its exceptional concentration of endemic species and high rate of deforestation (Myers *et al.*, 2000). Argentina preserves one of the most important remaining of this continuous forest, covering approximately 920,000 ha (SAyDS, Ministerio de Salud, 2005).

The climate is subtropical humid without a dry season. Average annual precipitation is 1949.5 mm. Mean annual temperature is 21 °C (SMN, 2018). In winter, there are days with subzero temperatures at dawn (Gatti *et al.*, 2008).

Study sites were located in harvested and protected forest areas in northern Misiones Province, Argentina (around 54°13' W and 25°4' S). The protected, unlogged area is within Iguazu National Park (PNI) that has an area of 67720 ha. The harvested area is located in a private property next to the park, named “Establecimiento Forestal San Jorge” (ESJ). It had 6,800 ha of *E. edulis* dominated forest, and palm trees had been harvested eleven years prior to establishing the study (ESJ managers, pers. comm.). Forest structure, basal area, tree palm density, species diversity and number of endangered species from both sites were described by Chediack (2008b). *E. edulis* density in Misiones province depends on forest management. Sometimes owners cut their palms as soon as the palm reaches the legal DBH limit, or when they need cash, therefore some forests do not have any harvestable palm trees. Some landowners leave 60 adult palms per hectare as recommended by Reis *et al.* (2000), and others leave up to 200 adult palms per hectare (Chediack, 2008b).

Study methods

E. edulis population was studied in three permanent plots of 1 ha each. Permanent plots 1 (PP1) and 2 (PP2) were established in PNI. The third plot was established in ESJ. Plots were measured annually for *three* consecutive years (from 1997 to 2000) following the methods of the Smithsonian Institution Diversity Program (Dallmeier, 1992). Each permanent plot consisted of 25 subplots of 20 x 20 m. Within each subplot, every palm tree with a woody stem was measured

and identified with a numbered metallic tag. Seedlings and saplings were tagged in 25 small plots of 2x2 m placed in the center of each subplot. Seedling and sapling census were carried out annually before the ripe fruits fell, that is, before the beginning of a new seed contribution.

Individuals were classified into five size categories based on Tomlinson (1990) criterion and adapted accordingly the system used by local residents and logging companies:

- 1- Seedling: Small palm tree that has just germinated and depends on seed reserves.
- 2- Sapling: Palm tree that no longer depends on seed reserves, it has a non-woody axis.
- 3- Immature: Palm tree that has a woody stem with leaf scars visible at its base. It is shorter than 1.3 m (from the base of the palm to the base of the folded leaves), so DBH is not measurable.
- 4- Category 4: Individuals with a woody stem at 1.3 m, and with DBH less than 10 cm.
- 5- Category 5: Palms with DBH larger than 10 cm.

For each category the following measurements were recorded:

Seedlings: Were counted but not measured. We arbitrary consider this phase to include the first year of life.

Saplings: Height (h) and axis diameter (D) were recorded, D was measured at the palm tree base that is at ground level.

Immature and categories 4 and 5: Total height (H) was measured from the base of the stem to the top of the tree. Not having calipers, perimeter at the stem base (PAB) was only measured on non-reproductive individuals. The PAB of reproductive palms was not measured to avoid damaging the numerous seedlings surrounding the putative parent palm.

Categories 4 and 5: Stem perimeter at 1.3m from the ground (PBH) was measured on all individuals. PBH was used to estimate individual basal areas (ba) of palm trees in category 5.

Data analysis

Basal Area: BA is the sum of ba per ha ($BA = \sum ba$). BA represents crowding as an independent variable and was estimated because peasants and logging companies use it as a reference to plan estimate harvests. The law allows cutting down palm trees with $DBH > 10$ cm, therefore density of category 5 and BA changes after harvest.

Annual individual growth in size: or current annual increment (CAI), was calculated by comparing measurements averaged from two successive years.

Simple linear regression was used to model the relation between CAI as dependent variable and size measured at the first year as independent variable. For each regression, parameters slope, a (intercept) and r (regression coefficient) were tested to establish if they were significantly different from zero. Regression's parameters from each plot were compared using Tukey and Student tests. Logarithmic regressions between PBH and height were performed, and the regression parameters from each site were compared. When regression parameters from PP1 and PP2 were not significantly different, data were pooled as it was the case in the NP (National Park). To model the dependency of CAI in palm size and BA, nonlinear multiple regressions were performed between CAI as dependent variable, and size and BA as independent variables.

Age determination: *E. edulis* did not present any single that could be used to predict size increments. Leaves do not leave stem scars that could be used along with leaf production rate to determine age, as it is the case with other arborescent palm species (Lugo and Rivera Battle, 1987; Renninger *et al.*, 2013). This forced us to use three different plant development attributes to

estimate palm age. Annual increment in axis diameter for saplings, palm height for the immature, and PBH for categories 4 and 5.

The palm aged is the computed counting the amount of annual increments needed to attain the size that indicates that the palm has develop in the next category size. The age at which a palm tree sapling becomes immature was called S age. Saplings convert into immature when they develop a woody axis. The age at which a palm tree develop from immature into category 4 was denominated I, which is the years that a palm spends as immature plus S. The age at which a palm moves into category 5 is C (Fig.1).



Fig. 1: Palm tree categories and ages.

For modeling this palm tree age, constant values of BA were used. As BA changes during tree life, especially in harvested areas where the forest is under a recovery process, we contemplated situations where BA could be consider unchangeable. Three situations with constant BA were simulated: 1) Without Category 5 palms or BA=0; 2) With 60 category 5 palms per hectare; 3) With 495 category 5 palms per hectare. The last is the average palm density found by Chediack (2008b) in non-harvested forests (PNI). We consider palm tree density constant in the park because its population is regulated by density-dependence, and population growth rate rounded one (Chediack, 2014).

Sapling age was defined using saplings axis CAI in diameter, a diameter was defined for each successive age (m) as:

$$\text{Diameter}_{(m)} = \text{initial diameter} + \text{CAI diam}_{(1)} + \dots + \text{CAI diam}_{(m)}$$

This formula was used for all diameters between initial diameter and Dmax (maximum axis diameter that a sapling could attain in certain AB).

For each plot, Dmax was estimated using the average of the palm axis diameter in the survey prior to the one in which the sapling develop into an immature palm. Since only 3 sites were studied, there is not enough data to establish a statistical relation. However, assuming that with three points a limit could be offered, relations that best fit the data were used to explain the dependence of Dmax for BA.

S age is the amount of years of the sapling period plus 1, the year that we assumed they last as seedling.

Age of immature palm trees was estimated using height CAI. In each plot, immature palms minimum and maximum height was estimated. Minimum height (Hmin) was the average height that palms have the first year recorded as immature. The maximum height was the average height of the palms right before they change into category 4. Height for immature was estimated for each successive age (m) based on the following equation:

$$\text{Height}_{(i)} = \text{Hmin} + \text{CAI height}_{(1)} + \dots + \text{CAI height}_{(i)}$$

Where $\text{Height}_{(i)}$ is composed between Hmin and Hmax.

I, immature's age at which palm becomes category 4 and it was estimated as: $I=S+\text{the years needed to reach Hmax}$.

Age estimation for palms in categories 4 and 5 is equal to S plus I, plus the time to reach certain PBH (This last component is calculated using CAI in PBH). Minimum PBH (PBHmin) is the stem perimeter when the palm enters into category 4. PBHmin and BA relationship were set using the regression that best fit the relation.

C is the age at which individuals in category 4 enter into category 5.

C= S+I+ the time needed to reach a DBH of 10 cm.

The relation between C and BA was estimated with the regression analysis that best fit data.

Regressions were considered only if residuals were normal (Anderson-Darling or Kruskal-Wallis tests were performed) and if the p-value was less than 0.001.

3. RESULTS

Palm tree Basal Area: The estimated BA was 7.19 m² in PP1, 5.47 m² in PP2 and 0.82 m² in ESJ.

Annual individual growth: Palm trees that grow in ESJ have larger CAI in axis sapling, in immature height, and in PAB and PBH of categories 4 and 5.

- Saplings' growth in diameter and height:

CAI in diameter was associated with individual size, the greater the axis of the sapling, the greater the diameter increment. The slope in ESJ regression was almost five times higher than in the NP. It means that saplings with the same axis diameter grew more in ESJ than in NP (Table 1). Axis diameters measured in NP ranged between 1.2 mm and 26.8 mm, and in ESJ between 2 and 19.7 mm.

Table 1. Parameters of the regression between axis annual increments in diameter and axis diameters (D) for Saplings. Intercepts were not significant different form zero. Tukey and Student tests show that slopes in PP1 and PP2 were similar to each other and they differed from ESJ's slope (PP1-ESJ: q=13.1, P<0.001; PP2- ESJ q=15.9, P<0.001; NP-ESJ: q=4.2, P<0.05). PP1 and PP2, permanent plots in the Iguazu National Park. ESJ, harvested area. Different letters indicate significant differences

Parameters	PP1	PP2	ESJ
a	-0.011 a	0.296 a	-1.111 a
Slope	0.173 a	0.097 a	0.7319 b
R ²	0.230	0.157	0.457
N	54	54	23

Saplings' CAI in height was related to axis height (PP1 R² =0.4128, N=54, P<0.001; PP2 R² =0.079, N=54, P<0.001; ESJ R² =0.2158, N=23, P<0.001). But, there were not significant differences for CAI in height between sites (F=1.79, P=0.18). Average annual increment in axis height for saplings for the three sites pooled was 6.42 mm.

- Immature and categories 4 and 5 growth in stem PAB and height

CAI in PAB were larger for palm trees living in ESJ. Mean CAI for PAB was 1.45 cm in PP1, 1.56 cm in PP2 and 3.61cm in ESJ. No significant differences were detected in PAB increments between PP1 and PP2. Analysis of variances indicated that there were differences for CAI in PAB

between NP and ESJ ($F=101.1$, $P<0.001$). Linear regression shows no relation between CAI in PAB as independent variable and PAB as dependent.

CAI in height depends on palm height and where the palm lives. There was a significant relation between increment in height and palm height. Intercepts and slopes in the 3 regressions were different and greater in ESJ (Table 2).

Table 2. Parameters of the Regressions between annual increments in height as independent variable and initial height (H) as dependent variable, for Immature and categories 4 and 5. Intercepts $F=100.85$, $P<0.001$. Regression slopes $F=-1047.1$, $P<0.001$. Tukey and Student tests: ESJ-PP2 $q=18.3$, $p<0.001$; ESJ-PP1 $q=14.1$, $p<0.001$; PP1-PP2 $q=19.9$, $p<0.001$. PP1 and PP2, permanent plots in the Iguazu National Park. ESJ, harvested area. Different letters indicate significant differences

Parameters	PP1	PP2	ESJ
a	0.127 a	0.167 b	0.588 c
Slope	0.055 a	0.028 b	0.062 c
R ²	0.21	0.07	0.04
N	1737	1050	441

- Categories 4 and 5: growth in PBH and PBH-height relationship

The minimum PBH measured was 10.7 cm in the park, and 13 cm in ESJ. The maximum PBH was 61 cm in the park and 54.3 cm in ESJ. In these categories, individuals developed a woody trunk with a measurable PBH when their stems reached about 2 m in height.

CAI in PBH was higher in ESJ palms. Regressions between CAI and PBH have negative slopes, so the wider the trunk, the lower the increment in PBH (Table 3).

Table 3. Parameters of the regression between annual stem perimeter increments and stem perimeter (PBH) for *E. edulis* palms in categories 4 and 5. Intercepts: $F=100.85$, $P<0.001$; slopes $F=-1047.1$, $P<0.001$, Tukey and Student test between plots (ESJ-PP2 $q=-17.7$ $p<0.001$; ESJ-PP1 $q=8.2$, $p<0.001$; PP1-PP2 $q=5.0$ $p<0.05$). PP1 and PP2, permanent plots in the Iguazu National Park. ESJ, harvested area. Different letters indicate significant differences

Parameters	PP1	PP2	ESJ
a	1.560 a	1.504 a	5.251 b
Slope	-0.037 a	-0.031 b	-0.092 c
R ²	0.14	0.09	0.15
N	981	602	123

The relationship between height and PBH was a logarithmic relation. There were no differences among regressions height-PBH parameters from PP1 and PP2. Regression from ESJ was significantly different from that of the park [$PBH_{(ESJ)}=-7.18+21.08(\log H_{(ESJ)})$; ($R^2=0.8$, $P_{(t)}<0.001$; $P_{(a)}<0.001$, $P_{(b)}<0.001$)]. National Park [$PBH_{(NP)}=-5.2+18.6(\log H_{(NP)})$; ($R^2=0.7$, $P_{(t)}<0.001$; $P_{(a)}<0.001$, $P_{(b)}<0.001$)].

When comparing individuals of the same height, palm trees growing in the park have less stem diameter than those in the harvested area (Fig. 2).

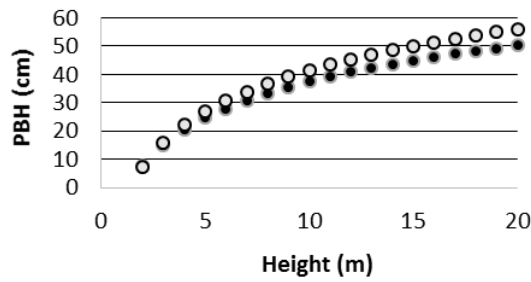


Fig. 2: Logarithmic models relating palm height and stem perimeter: in harvested area (grey dots), and protected areas (black dots).

Age estimation: Palm trees of the same size, of all categories, in harvested forests were younger than those of the same category in the park.

The larger sapling diameter was 17 mm in PN and 20 mm in ESJ. The relation between Dmax and BA is given by $D_{max}=20.4+3.4(\ln BA)$; $R^2=0.9$.

S are less in harvested areas (Table 4).

Sapling's axis diameter in which individuals begin to develop a woody stem was the same in PP1 and PP2, so it was 26.8 mm in NP and 19.7 mm in ESJ.

In the three locations minimum immature height measured in the field was 0.1 m and the maximum was 2.0 m. The age I varies with BA, being less in harvested than in protected areas (Table 4).

The minimum PBH (PBHmin) measured were about 10.3 cm and 10.4 cm in the National Park plots, and 13.5 in ESJ. Relation between PBH minimum and BA is given by $PBH_{min}=13.16-1.5(\ln BA)$; $R^2=0.9$.

The relation $C=21 * e^{(0.2AB)}$ ($R^2=0.9$), was used to estimate the age C of a palm that attains 10 cm in DBH under different BA. In the national park, C can double in value estimated for the harvested areas (Table 4).

Table 4. Palm trees' age, in each category, varies in relation to category 5 density. PP1 and PP2 are permanent plots in Iguazu National Park. P0: Areas without category 5 palms. P60: Areas with 60 adult palms per ha⁻¹. S: Age at which individuals become an immature palm. I: Age at entering in category 4. C: Age of a palm attaining a 10 cm DBH

Age (years)	PP1	PP2	P0	P60
S	17	16	2	6
I	46	34	9	16
C	79	51	17	23

Palm trees of the same size, growing in forests with different basal areas, are different in age (Figs. 3, Table 4).

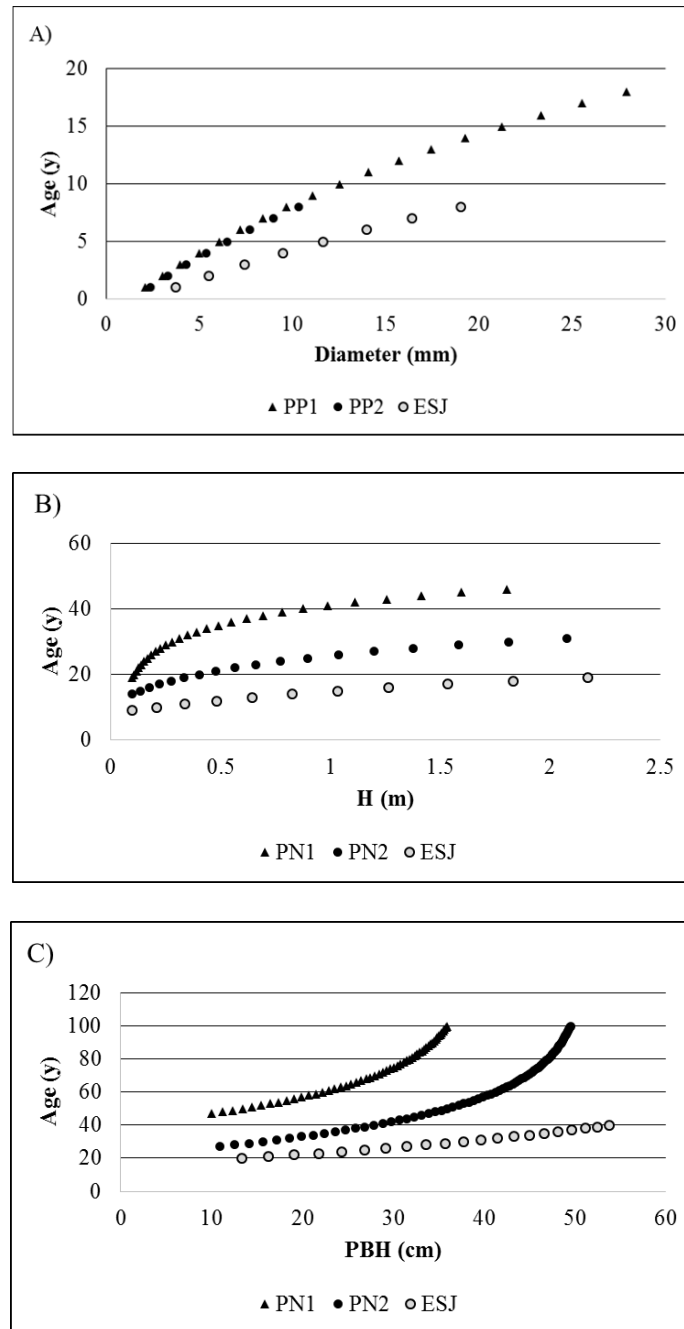


Fig. 3. Relationships between palm tree size and age. Note the different scales in axis. Because of the sampling method, seedlings last one year. **A.** Saplings ages, **B.** Immature ages, **C.** Categories 4 and 5 ages.

4. DISCUSSION

E. edulis individuals followed the same general palm development pattern suggested by Tomlinson (1990) and Alves *et al.* (2004), however their growth rates were different depending on the environmental conditions. Trees, mostly juveniles, growing in a highly shaded environment showed very low diameter growth rate and remained in the understory for a longer time increasing the risk of damage from falling debris; more light would result in faster growth that in turn would increase the chances of a tree to reach the canopy (Rozendaal *et al.*, 2010). It

seemed that this palm tree also has the ability to respond to a less crowded and more illuminated environment by increasing its size. In the harvested area, in all categories, palm trees tended to grow faster than in unmanaged mature forests.

Growth also differed under the contrasting conditions. In both areas, axis growth occurred first; height growth begun once the tree had developed a woody stem. In the harvested area, however, when saplings became immature they presented a small stem diameter, but afterwards, stem increment was higher than palm trees growing in the park. There could be different reasons for which palm trees in ESJ developed a woody stem with smaller axis diameter. In palm trees, a single stem internode is associated with each new leaf, more light radiation favour higher leaf production, which in turn increases stem development to produce new stem tissue to accommodate leaf attachment and vascular connections (Rich, 1986). Another factor could be a response to herbivore insects because in harvested areas there was a significant higher incidence of *Rhyncophorus palmarum* (Curculionidae) that ate saplings and immature palm heart (Gatti, 1999). Individuals that produced a woody stem earlier could have had higher probabilities to survive. Light and insect herbivore might not be the only causes for this process, there could be other factors that induce an early stem hardening.

Once the woody stem is developed, upward growth is basically influenced by the available resources. Rich (1986) recognized that palm trees that become tall at earlier stages can result in an unstable plants due to an unfavorable diameter-height relationship. Individuals living in the park tended to overbuild the stem base during the sapling stage developing a larger radicular system, which probably, allowed them to capture the limited resources in crowded environment. Developing a substantial base is necessary to have a firm stem capable of reaching the canopy slowly, or fast if gaps are present. Palm trees in ESJ after the sapling stage, had a subsequent fast increase in stem diameter which may offset the need for support to avoid falling. In fact, palms in categories 4 and 5 had a larger PAB and DBH than in the park. These results suggest that forest managers should expect a faster growth rate in the remaining individuals after the harvest. Studies in Brazil show that there is a relation between heart of palm weight and palm DBH (Reis *et al.*, 2000). Palm trees harvested in managed areas have larger DBH and more yields per palm. However, after a palm reaches the legal diameter for cutting, DBH increment slows down. Therefore, in economic terms, is not convenient to delay harvesting once DBH reaches 10 cm. Based in this study, the legal limit of 10 cm DBH for harvesting in Argentina would be appropriate.

Traditionally peasants harvest palm trees every eight years. However, results suggest that sustainable harvest cannot be achieved in that short period of time. Chediack (2008a) suggested that palm trees harvest should be done every 13 to 20 years to allow wide population fluctuations. The amount of individuals and the conditions of harvesting must be set for each property depending on the environmental situation.

We hope that these results would increase researches interest for non-timber resources. With respect to the sustainable management of this palm tree in particular, more studies are needed, especially on harvest effects on flora and fauna diversity and frost damage, and population growth rates. Another important issue that requires attention is *R. palmarum* as the tree principal herbivore which can also act as a vector of a nematode that is the main plague in palm crops in Brazil and other countries.

Sustainable management of *E. edulis* will only be attained if illegal cuttings are stopped. Under illegal scenarios, the forests lose their economic and biological value, and owners are forced to sell their properties or transform the forest into agricultural fields. We hope that this paper contributes to understand that it takes many years of biological processes to develop an "organic" heart of palm to be served in a gourmet menu. Beyond this, there are stakeholders that believe it is possible to manage their forest in a sustainable and economically feasible manner.

5. CONCLUSIONS

- 1) Palm tree growth rate and form depends on environmental conditions.
- 2) Individuals of *E. edulis* respond to a less crowded and more illuminated environment, as in a harvested forests, increasing their growth rate. As saplings, they become immature at a younger age than those in the park, but with a smaller stem diameter. As immature and adults, remaining palms after harvest, have more stem increments. In protected forests, palms remain more years as saplings and tend to overbuilt their stem base.
- 3) Palms of the same size, growing in forests with different basal areas, could have different ages depending where they live. Individuals found in the logged areas reach a 10 cm stem DBH (legal limit for cutting a palm) in 23 years or less, while in protected areas they reach this size at 50 years or more.
- 4) The amount of individuals and time between harvests must be set for each property depending on the environmental situation.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank to the following institutions: Administración de Parques Nacionales Argentina, CIES and park ranger corp of the Iguazú National Park. Postgraduate in biomedical sciences and Ecology Institute of the Universidad Nacional Autónoma de México. Also to Fundación Vida Silvestre, Education for Nature and WWF, Establecimiento forestal San Jorge and CONICET. We thank to A. Chediack, K. Schiaffino, J. Herrera, M. Franco, G. Placci, A. Johnson, M. E. Ludueña and to several field assistants who enjoy forest as we do. Finally we are very grateful to two anonymous reviewers of the journal, they made valuable suggestions that significantly improved the manuscript.

6. BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Alves, F.L., F.R. Martins and F.A.M. Santos. 2004. Allometry of a neotropical palm, *Euterpe edulis* Mart. *Acta Botanica Brasilica* 18(2): 369-374.
- Campanello, P.; M.G. Gatti; A. Ares; L. Montti and G. Goldstein. 2007. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management* 252(1-3):108-117.
- Chazdon, R.L. 1986. Light variation and carbon gain in rain forest understory palms. *Journal of Ecology* 74:995-1012.
- Chediack, S.E. 2008a. Aprovechamiento Sustentable del Palmito Misionero. Temas de la Biodiversidad del Litoral III INSUGEO, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. *Miscelánea* 17(2):309-316.
- Chediack, S.E. 2008b. Efecto de la explotación forestal sobre la estructura, diversidad y composición florística de los Palmitales de la Selva Atlántica en Misiones, Argentina. *Revista de Biología Tropical* 56(2):721-738.
- Chediack, S.E. 2014. *Demografía del palmito (Euterpe edulis Mart., Palmae) y su manejo en Misiones, Argentina*. Phd. Thesis, Universidad Nacional Autónoma de Mexico.
- Chen, J.; S.C. Saunders; T.R. Crow; R.J. Naiman; K.D. Brosofske; G.D. Mroz; B.L Brookshire and F. Franklin. 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape: Ecology variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *Bioscience* 49(4):288-297.
- Dallmeier, F. 1992. *Long-term monitoring of Biological Diversity in tropical forest areas: Methods for establishment and inventory of permanent plots*. MAB Digest 11. UNESCO, Paris, France. 73 p.

- Fantini, A.C. and R.P. Guries. 2007. Forest structure and productivity of palmitero (*Euterpe edulis* Martius) in the Brazilian Mata Atlântica. *Forest Ecology and Management* 242(2-3):185-194.
- Favreto, R.; R. S. P. Mello and L.R. de Moura Baptista. 2010. Growth of *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) under forest and agroforestry in southern Brazil. *Agroforestry systems*, 80, 303-313.
- Galetti, M. and J.C. Fernández. 1998. Palm heart harvesting in Brazilian Atlantic Forest: changes in industry structure and the illegal trade. *Journal of Applied Ecology* 35(2):294-301.
- Gatti, M.G. 1999. *El picudo de la palma, Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae) en Palmitales con y sin aprovechamiento forestal*. Licenciata Thesis, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gatti, M.G. 2005. *Ecofisiología de una palma arbórea (Euterpe edulis, Palmito) del Bosque Atlántico en Misiones, Argentina: Crecimiento, fotosíntesis, arquitectura, hidráulica y resistencia a bajas temperaturas*. PhD Thesis, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Gatti, M.G.; P.I. Campanello; L. Montti and G. Goldstein. 2008. Frost resistance in the tropical palm *Euterpe edulis* and its pattern of distribution in the Atlantic Forest of Argentina. *Forest Ecology and Management* 256(4):633-640.
- Gatti, M.G.; P.I. Campanello; L. Montti and G. Goldstein. 2011. Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: light conditions versus developmental constraints. *Flora* 206(8):742-748.
- Gatti, M.G.; P.I. Campanello; M. Villagra; L. Montti and G. Goldstein. 2014. Hydraulic architecture and photoinhibition influence spatial distribution of the arborescent palm *Euterpe edulis* in subtropical forests. *Tree Physiology* 34(6):630-639.
- Henderson, A.; G. Galeano and R. Bernal. 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press, Princeton, USA. 363 p.
- Hodel, D.R. 1992. *Chamaedorea Palms: The species and their cultivation*. Allen Press, Lawrence, Kansas, USA. 338 p.
- King, D.A.; S.J. Davies; M.N. Nur Spurandi and S. Tan. 2005. Tree growth is related to light interception and wood density in two mixed Dipterocarp forests of Malaysia. *Functional Ecology* 19(3):445-453.
- Lugo, A.E. and C.T. Rivera Battle. 1987. Leaf production, growth rate, and age of the palm *Prestoea montana* in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology* 3(2):151-161.
- Myers, N.; R.A. Mittermeier; C.G. Mittermeier; G.A.B. Fonseca and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772):853-858.
- Nakazono, E.M.; M.C. Da Costa; K. Futatsugi and M.T.S. Paulilo 2001. Early growth of *Euterpe edulis* Mart. in different light environments. *Revista Brasileira de Botânica* 24(2):173-179.
- Oliveira Filho, A.T. and M.A.K. Fontes. 2000. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32(4b):793-810.
- Reis, M.S.; A.C. Fantini; R.O. Nodari; A. Reis; M.P. Guerra and A. Mantovani. 2000. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). *Biotropica* 32(4b): 894-902.
- Renninger, H.J.; K.A. Mc Culloh; and N. Phillips. 2013. A comparison of the hydraulic efficiency of a palm species (*Iriartea deltoidea*) with other wood types. *Tree physiology* 33(2):152-160.
- Rich, P.M. 1986. Mechanical architecture of arborescent rain forest palms. *Principes* 30(2):117-131.
- Rozendaal, D.M.A.; R.J.W. Brienen; C.C. Soliz-Gamboa and P.A. Zuidema. 2010. Tropical tree rings reveal preferential survival of fast-growing juveniles and increased juvenile growth rates over time. *New Phytologist* 185(3):759-769.
- SAYDS, Ministerio de Salud. 2005. *Primer inventario de nacional de bosques nativos*. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas, Argentina.

Silva Matos, D.M.; R.P. Freckleton and A.R. Watkinson. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of a tropical palm. *Ecology* 80(6):2635-2650.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2018 (<https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>).

Tomlinson, P.B. 1990. *The structural biology of palms*. Clarendon Press Oxford. UK. 477 p.



TRABAJO CIENTÍFICO

Tanino de Quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*) como precursor de un inhibidor de corrosión para acero de bajo contenido de carbono

Quebracho colorado chaqueño (Schinopsis balansae) tannin as a precursor of a corrosion inhibitor for low carbon steel

D'Alessandro, O.¹; G. Selmi¹; C. Byrne¹; C. Deyá² y R. Romagnoli¹

Recibido en abril de 2018; aceptado en mayo de 2018

RESUMEN

Los taninos del Quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*) se han estudiado como una alternativa para la eficaz protección anticorrosiva del acero, con el fin de reemplazar a los pigmentos tradicionales que contienen cromo hexavalente, altamente cuestionado por su toxicidad y carcinogenicidad.

En este trabajo, se aplicaron imprimaciones temporarias que contienen tanino de Quebracho colorado chaqueño y "tanato" de lantano como pigmentos anticorrosivos sobre muestras de acero SAE 1010. El "tanato" de lantano se obtuvo por precipitación del tanino de Quebracho con una sal de lantano a pH controlado.

El comportamiento anticorrosivo de las imprimaciones fue evaluado al incorporarlas en un esquema completo de pintado constituido por una pintura alquídica anticorrosiva y una pintura alquídica de terminación. La caracterización electroquímica se llevó a cabo por medidas de conductividad para determinar la resistencia iónica (Ri), por ensayos de polarización lineal para determinar la resistencia a la polarización (Rp) y por medidas del potencial de corrosión (Ecorr). Los electrodos de trabajo utilizados en los ensayos electroquímicos se observaron mediante un microscopio electrónico de barrido (MEB), con la finalidad de caracterizar las diferentes superficies en su estado final y la composición de la película protectora fue determinada por análisis de energía dispersiva por rayos X (AED).

Los resultados muestran que la incorporación de imprimaciones con tanino y "tanato" de lantano al esquema completo de pintado proporciona propiedades anticorrosivas aceptables, comparables a las observadas con la imprimación formulada con tetroxicromato de zinc. A partir del análisis AED se concluye que las imprimaciones promueven la adhesión de la siguiente capa de pintura.

Palabras clave: Tanino de Quebracho, imprimación, corrosión, acero SAE 1010

ABSTRACT

The various tannins of Quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*) have been studied as an alternative for the effective protection of steel from anticorrosion to replace the traditional pigments containing hexavalent chromium which is highly questioned for its toxicity and carcinogenicity. In this work, temporary primers containing Quebracho colorado tannin and lanthanum "tannate" as anticorrosive pigments were applied over SAE 1010 steel samples. The lanthanum "tannate" was obtained by precipitating Quebracho tannin with a lanthanum salt at controlled pH. The anticorrosive behavior of the wash-primers was assessed by incorporating them in a complete painting scheme made out of an anticorrosive alkyd paint and a finishing alkyd one. The electrochemical characterization was carried out by measuring conductivity to determine the ionic resistance (Ri), using linear polarization tests to determine the polarization resistance (Rp) and measuring the corrosion potential (Ecorr). The working electrodes used in the electrochemical tests were observed through a Scanning Electron Microscope (SEM) to characterize the different surfaces in their final state while the composition of the protective film was determined by Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS). The results show that incorporating tannin and lanthanum "tannate" primers to the complete painting scheme provides acceptable anticorrosive properties, comparable to those observed when zinc tetroxochromate formulated primers are used. From the EDS analyses it is concluded that primers promote the adhesion of the next paint layer.

Key words: Quebracho tannin, wash primer, corrosion, SAE 1010 steel

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. CIDEPINT-CICPBA-CONICET, Av. 52 e/121 y 122, La Plata, Buenos Aires, Argentina. E-mail: o.dalessandro@cidepint.gov.ar

² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina. CIDEPINT-CICPBA-CONICET, Av. 52 e/121 y 122, La Plata, Buenos Aires, Argentina

1. INTRODUCCIÓN

El Quebracho colorado (*Schinopsis balansae*) es un árbol de la familia de las Anacardiáceas nativo de Sudamérica, muy apreciado por su madera dura, pesada, fuerte y con un alto contenido de taninos. En Argentina se lo encuentra en las provincias de Formosa, Chaco y Santa Fe, en la región denominada Cuña Boscosa Santafesina. Su principal aplicación fue la obtención de taninos a partir de su madera, los cuales eran ampliamente utilizados para la curtiembre. En la actualidad se lo usa también por su madera dura e imputrescible para fabricar muebles de calidad, postes y tirantes y para la obtención de carbón de alto rendimiento calórico (Alzugaray *et al.*, 2013).

Los extractos de tanino de Quebracho son una compleja combinación de polifenoles obtenidos por extracción del duramen del árbol. El extracto natural, común u ordinario es el que resulta soluble en agua caliente (Di Rado *et al.*, 2001).

Durante los últimos años del siglo XX, las investigaciones sobre los usos alternativos de los taninos permitieron la incorporación de los extractos de Quebracho en un número creciente de aplicaciones. Una de ellas es su utilización como inhibidores eficaces de la corrosión del acero (Pereyra *et al.*, 2006). La presencia de anillos aromáticos con grupos oxhidrilo en posición orto hace que los taninos sean capaces de quelar cationes metálicos. Con el Fe^{3+} se obtiene un complejo azul oscuro altamente insoluble denominado “tanato” férrico (Dargahi *et al.*, 2015), el cual pasa a formar una cubierta pasiva y adherente que impide el progreso de la corrosión del acero de bajo carbono (Vetere y Romagnoli, 1998).

Recientemente se ha probado la capacidad anticorrosiva del “tanato” de lantano, el cual se obtiene mediante precipitación del tanino de Quebracho con una sal de lantano a pH controlado (D’Alessandro *et al.*, 2018 a)

En este sentido, se han utilizado el tanino y el “tanato” de Quebracho como inhibidores de corrosión en imprimaciones temporarias, con el fin de reemplazar a los pigmentos anticorrosivos tradicionales que contienen cromo hexavalente, altamente cuestionado por su toxicidad y carcinogenicidad (OSHA, 2006).

Las imprimaciones pueden considerarse como recubrimientos que promueven su propia adhesión mediante el ataque químico de la superficie metálica, dejando una película orgánica que puede servir de base para la aplicación de un posterior esquema de pintado. Por su bajo contenido de sólidos puede penetrar en los poros, cavidades, fisuras o irregularidades del metal, los cuales resultan ser puntos de partida de los procesos de corrosión. Por esta acción pasivante es que las mismas tienden a retardar el ataque del metal cuando la película de pintura es deteriorada por acción mecánica (Caprari, 2003).

En este trabajo se presenta un estudio electroquímico de probetas de acero SAE 1010 imprimadas y pintadas con un esquema completo con el fin de evaluar la efectividad de los recubrimientos. Como pigmentos anticorrosivos en la imprimación se utilizarán tanino de quebracho y su derivado el “tanato” de lantano, obtenido en el laboratorio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Formulación, preparación y aplicación de las imprimaciones

Las imprimaciones fueron preparadas teniendo en cuenta la formulación del producto conteniendo tetroxicromato de zinc (Rascio, 1972), reemplazándolo en volumen por tanino de quebracho o por “tanato” de lantano. Para ello fue necesario determinar la densidad de los pigmentos mediante picnometría (ASTM D 2320), utilizando aguarrás como solvente.

Las imprimaciones se componen de partes, A y B que se mezclan en el momento de su aplicación. La parte A incluye los pigmentos: anticorrosivo (tanino o “tanato” de lantano), una carga (talco) y el opacante (negro de humo); la resina (material formador de película, en este caso se utilizó Butvar®, polivinilbutiral) y los solventes orgánicos para ajustar la viscosidad (isopropanol y butanol) y agua. La parte B contiene el ácido para atacar parcialmente al sustrato metálico, isopropanol y una pequeña cantidad crítica de agua. Las dos partes se mezclan en una proporción 4:1 en peso de A y B inmediatamente antes de la aplicación. Una vez preparada, la vida útil de la imprimación es corta, debiéndose desechar luego de transcurridas 8 horas.

La preparación de la superficie se llevó a cabo mediante el arenado del sustrato metálico hasta alcanzar una rugosidad total de $25 \pm 2 \mu\text{m}$ y el desengrasado de la misma con tolueno.

2.2 Aplicación del esquema completo de pintado

Tras la aplicación, las imprimaciones se dejaron curar 48 horas y finalmente se recubrieron los paneles imprimados con una pintura anticorrosiva y una de terminación.

La pintura anticorrosiva tenía como componentes molibdofosfato de zinc (ZMP), talco, TiO_2 , resina alquídica Alkipol 434/50 y aguarrás, mientras que la de terminación contenía TiO_2 , resina alquídica Alkipol 434/50 y aguarrás. Ambas pinturas se prepararon en un molino de bolas a 70 rpm durante 24 horas. La experiencia adquirida por el grupo de trabajo condujo a seleccionar estas pinturas por su buen desempeño anticorrosivo (D'Alessandro *et al.*, 2018 b).

La aplicación de la imprimación y de ambas pinturas se realizó con pincel. El espesor total de película obtenido fue de $75 \pm 5 \mu\text{m}$. La nomenclatura utilizada es la que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Nomenclatura utilizada para las diferentes muestras.

	BLANCO	TALCO	TAN Q	TANLA	CROMO
Imprimación	No	talco	tanino	“tanato” de La	TCZ*
Pintura anticorrosiva	Si	Si	Si	Si	Si
Pintura de terminación	Si	Si	Si	Si	Si

* TCZ: tetroxicromato de zinc

2.3 Caracterización electroquímica del recubrimiento

Los paneles pintados se caracterizaron electroquímicamente por medidas de conductividad para determinar la resistencia iónica (R_i), por ensayos de polarización lineal para determinar la resistencia a la polarización (R_p) y por medidas del potencial de corrosión (E_{corr}).

Los ensayos electroquímicos se realizaron en una serie de celdas cuyo esquema se observa en la Figura 1 (Murray, 1997). Las mismas fueron construidas delimitando sobre la superficie pintada un área circular de 3 cm^2 mediante un tubo de policloruro de vinilo (PVC). Cada tubo se adhiere con pegamento de tipo epoxídico y luego se sella con cera de abeja por el exterior del mismo. Finalmente se adiciona un volumen definido de NaCl 0,1 M como electrolito soporte. La resistencia iónica entre el sustrato de acero pintado y un electrodo de platino fue determinada a través de medidas con un conductímetro (ATI Orion Model 170) a 1000 Hz. Los ensayos de polarización lineal se realizaron con un potencióstato Gamry Interface 1000. El trazado de la curva se efectuó desde -30 hasta 30 mV, respecto al potencial a circuito abierto (región en la cual es válida la Ley de Ohm), empleando un electrodo de referencia de calomel saturado (ECS), y con una velocidad de barrido del potencial de 1 mV/s. Para la medida de potencial de corrosión también se utilizó el ECS como referencia. Todas las medidas se realizaron por cuadruplicado.

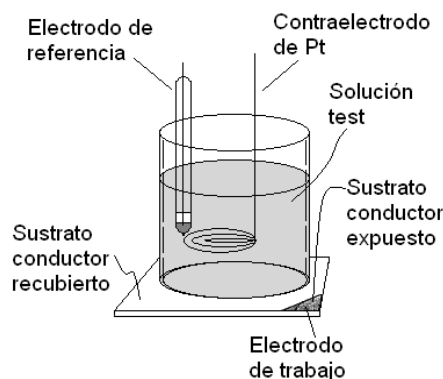


Figura 1: Celda electroquímica.

2.4 Análisis de la superficie

Los ensayos electroquímicos se extendieron a lo largo de 125 días. Luego, las celdas se enjuagaron con agua destilada 3 veces, los tubos de PVC fueron retirados y la película de pintura fue removida por métodos mecánicos. Finalmente, las superficies fueron analizadas mediante microscopio electrónico de barrido (MEB) y análisis de energía dispersiva por rayos X (AED), para así determinar las características morfológicas y la composición final de la película formada sobre el sustrato.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.3 Caracterización electroquímica del recubrimiento

Las medidas de conductividad permitieron obtener la resistencia iónica (R_i) del esquema completo de pintado para tener una idea de la penetración del electrolito a través de la película en función del tiempo. Inicialmente se observó una elevada resistencia iónica, lo cual indica que la pintura actuó prácticamente como un dieléctrico hasta que, a un determinado tiempo, la película permitió el paso del electrolito a través de ella. Se considera una buena protección cuando la resistencia del recubrimiento supera los $10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, mientras que una protección es deficiente cuando la resistencia del recubrimiento resulta inferior a $10^6 \Omega \cdot \text{cm}^2$ (Leidheiser, 1979). En la Figura 2 se presentan las curvas de R_i en función del tiempo. Para las muestras BLANCO y TALCO se observó una barrera deficiente a partir de los 2 y 10 días de ensayo respectivamente, mientras que para TANQ, TANLA Q y CROMO los tiempos de la estabilidad de la barrera física se prolongaron hasta alcanzar los 45, 62 y 88 días respectivamente aunque el efecto barrera inicial disminuyó en el tiempo. Se observó que todas las imprimaciones aumentan el “efecto barrera” del sistema de pintado, siendo este efecto más notorio en el caso de las imprimaciones que contenían inhibidor.

Los ensayos de polarización lineal fueron realizados cuando la protección de la barrera física comenzó a fallar.

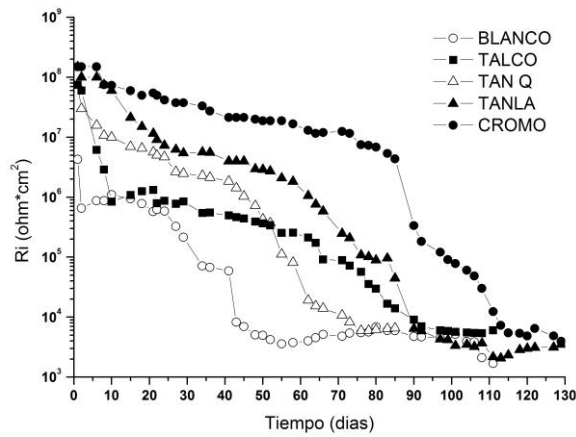


Figura 2. Ri en función del tiempo.

Las determinaciones de la resistencia a la polarización (R_p) en función del tiempo permitieron analizar el proceso de corrosión, ya que la resistencia a la polarización es inversamente proporcional a la velocidad de corrosión del sustrato pintado. Los valores de referencia utilizados para el análisis son los que ya se han considerado anteriormente. En la Figura 3 se presentan las curvas de R_p en función del tiempo. Para las muestras TALCO y BLANCO se observó protección anticorrosiva por 25 y 34 días respectivamente, mientras que para TANLA, TAN Q y CROMO la acción anticorrosiva se extendió hasta alcanzar 63, 78 y 88 días respectivamente. Si bien la resistencia a la polarización de la imprimación de la muestra CROMO fue mayor que el resto, el comportamiento de las imprimaciones a base de tanino resultó comparable y los sistemas que contenían imprimaciones con inhibidores extendieron la vida útil del sistema de pintado al compararlos con la muestra BLANCO.

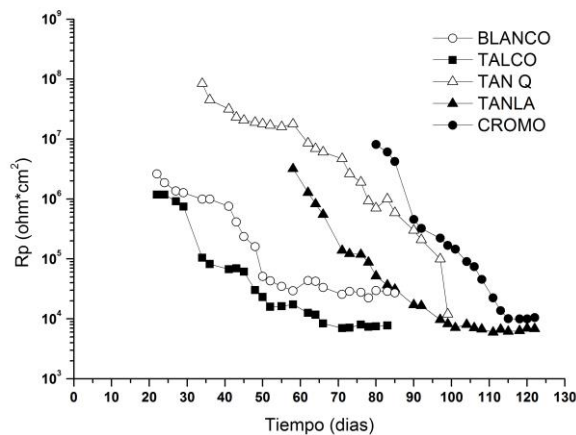


Figura 3. R_p en función del tiempo.

Las medidas de potencial de corrosión contra un electrodo de calomel saturado (ECS), en función del tiempo, permitieron determinar la vida útil de la película de pintura, es decir, el tiempo a partir del cual comenzó el proceso de corrosión electroquímica. En la Figura 4 se presentan las curvas de E_{corr} en función del tiempo de ensayo. Para la muestra BLANCO se observó que el potencial de corrosión cae monótonamente durante 60 días de ensayo donde se alcanzó el potencial de corrosión del acero desnudo de -630 mV, esto indicó que el esquema de pintado actuó sólo como una barrera física entre el medio agresivo y el acero (D'Alessandro *et al.*, 2018 b). La muestra TALCO presentó un comportamiento similar al descrito anteriormente desplazándose los

potenciales hacia valores más positivos. Para la muestra TAN Q se observó un máximo de potencial a los 30 días de ensayo, lo que indicaría la formación de una película protectora de “tanato” férrico el cual actuó como barrera física hasta fallar a los 50 días de inmersión. En la muestra TANLA se observaron varias transiciones activo-pasivo hasta los 100 días de inmersión. Los productos de corrosión formaron una película que actuó de barrera física a la cual se sumó la inhibición de la reacción catódica. La muestra CROMO presentó un comportamiento similar al TALCO durante los primeros 60 días, luego se observó cierto efecto protector de los productos de corrosión.

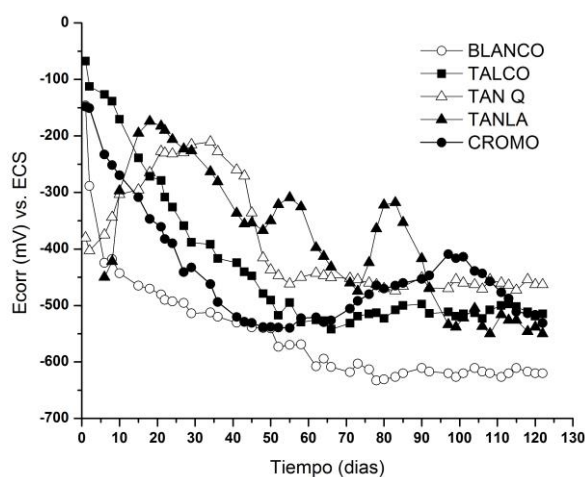
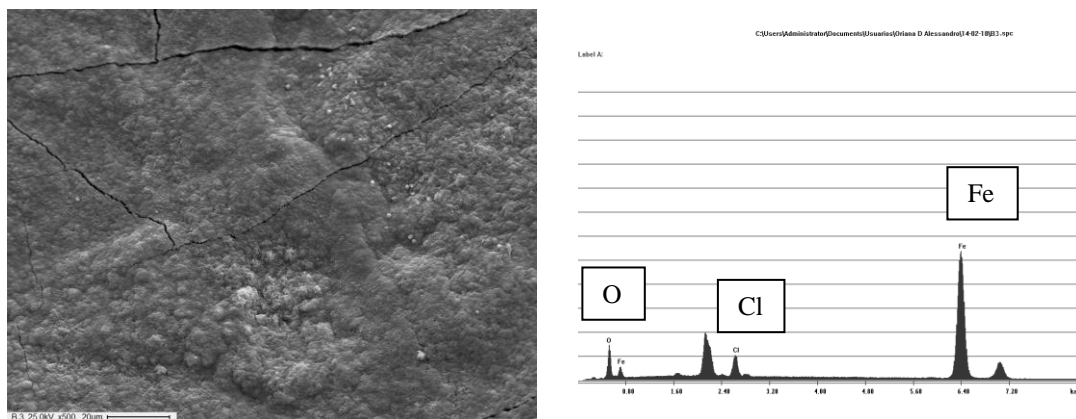


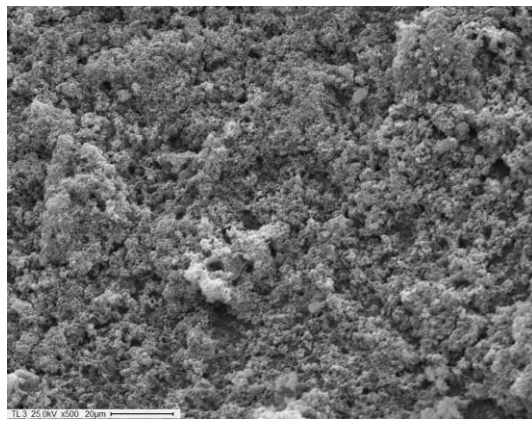
Figura 4. Ecorr vs. ECS en función del tiempo.

3.4 Análisis de la superficie

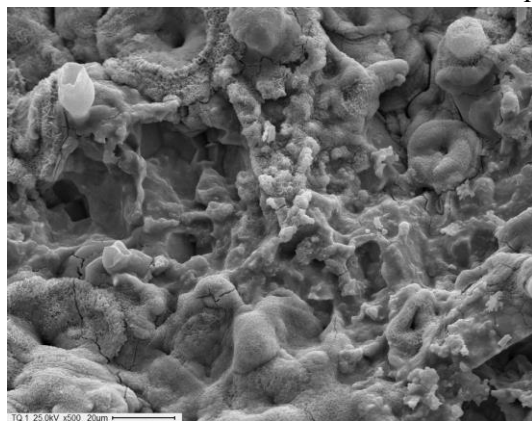
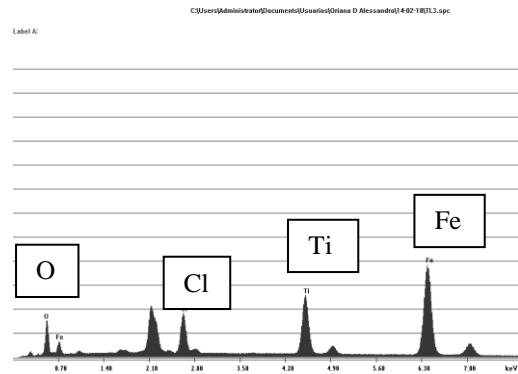
Los electrodos de trabajo utilizados para los ensayos electroquímicos se observaron mediante MEB, con la finalidad de caracterizar las diferentes superficies en su estado final y la composición de la película protectora fue determinada por AED. En la Figura 5 se presentan las microfotografías (500x) de las diferentes muestras.



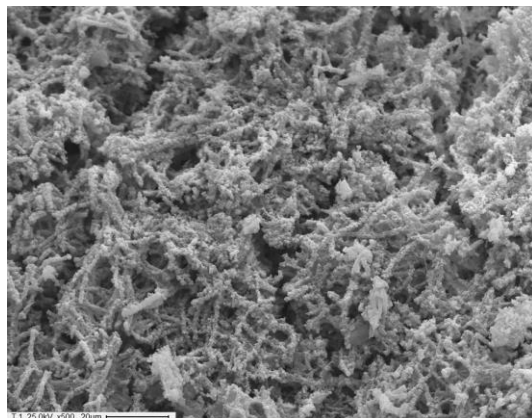
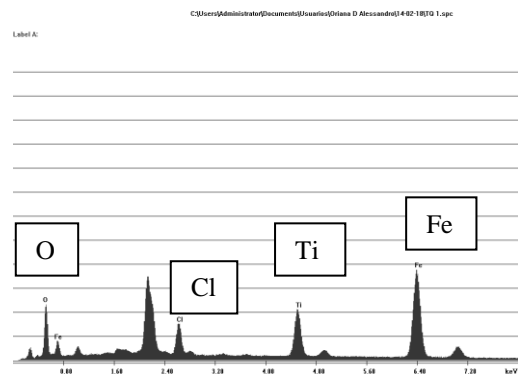
BLANCO



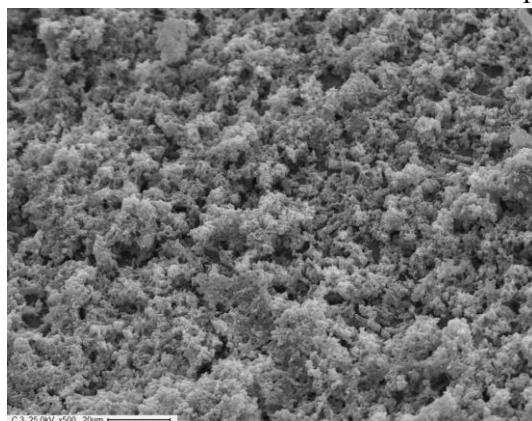
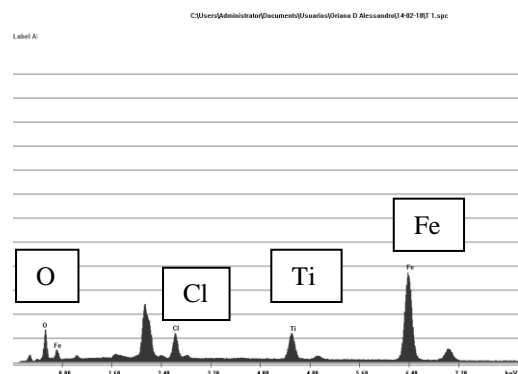
TALCO



TAN Q



TANLA



CROMO

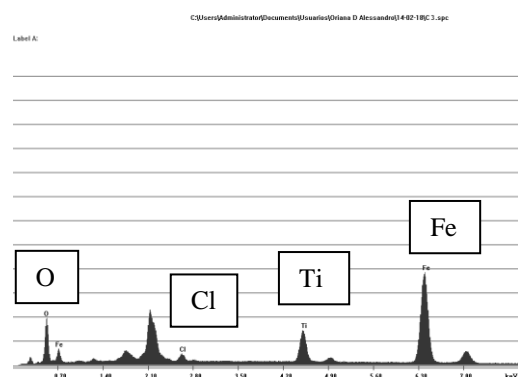


Figura 5. Microfotografías a 500x de las electrodos de trabajo.

Tabla 2. Cuantificación AED para los electrodos de trabajo.

% peso	BLANCO	TALCO	TAN Q	TANLA	CROMO
O	23,46	33,51	42,43	31,31	38,92
Cl	6,68	8,81	6,51	7,49	2,01
Ti	0,11	15,24	11,78	8,88	9,54
Fe	69,75	42,44	39,28	52,32	49,53
Total	100	100	100	100	100

Los datos consignados en la Tabla 2 y la apariencia de la película protectora evidencian que la misma está formada por oxihidróxidos de hierro, los cuales son los productos de corrosión característicos de las estructuras de acero en presencia de agua (Rahim *et al.*, A2011).

En la Figura 5 se observó que en todos los casos las formaciones de óxidos presentan características diferentes, asociados seguramente a las diferencias químicas de los pigmentos anticorrosivos utilizados en las diferentes imprimaciones y para la muestra BLANCO se observó una capa de óxido cuarteada.

Para la muestra BLANCO, aquella que no contó con imprimación, prácticamente no se observó la presencia de Ti, mientras que para todas las demás sí. Esto sugirió que todas las imprimaciones promovieron la adhesión de la pintura. En todos los casos se cuantificó Cl, proveniente del electrolito utilizado para las medidas electroquímicas, lo cual indicó que el mismo llegó hasta el sustrato metálico, atravesando la película de pintura y la imprimación. La muestra que presentó mayor cantidad de Ti es la que contenía TALCO, pero el talco como pigmento anticorrosivo no presentó actividad, seguida por las muestras con tanino y “tanato” de quebracho.

4. CONCLUSIONES

La muestra TALCO presenta un mejor efecto barrera que la muestra BLANCO porque la imprimación favorece la adhesión al sustrato (BLANCO: chapa arenada y pintada), la muestra TANLA ofrece un mejor efecto barrera que TAN Q porque con el primer pigmento se favorece la humectación e interacción con la resina. Al analizar el efecto anticorrosivo de los pigmentos, se encuentra que TAN Q ofrece una mejor protección que TANLA.

De los análisis AED se observa que las imprimaciones promueven la adhesión de la siguiente capa de pintura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y a la Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires (CICPBA), por el apoyo económico brindado para llevar a cabo esta investigación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alzugaray, C.; J. Giampaoli; M. Bueno. 2013. Germinación y cultivo in vitro de *Schinopsis balansae* Engl. *Quebracho*, 21(1): 39-45
- Caprari, J. J. 2003. Pinturas. *Red CYTED VIII*, Alicante. 270 p.
- D'Alessandro, O.; G. Selmi; C. Deyá; A. Di Sarli; R. Romagnoli. 2018 a. Formulation and assessment of a wash-primer containing lanthanum “tannate” for steel temporary protection. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27(2): 687-704
- D'Alessandro, O.; G. J. Selmi; C. Deyá; A. Di Sarli; R. Romagnoli. 2018 b. Lanthanum Derivative from “Tara” Tannin for Steel Temporary Protection. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 57 (9): 3215-3226
- Dargahi, M.; A.L.J. Olsson; N. Tufenkji; R. Gaudreault. 2015. Green technology: tannin-based corrosion inhibitor for protection of mild steel. *Corrosion*, 71(11): 1321-1329
- Di Rado, H.R., V.E. Fabre; F.D. Miño. 2001. Estabilización de suelos con taninos. *Revista Internacional Información Tecnológica*, 12(2): 7-14
- Leidheiser Jr. H. 1979. Electrical and electrochemical measurements as predictors of corrosion at the metal-organic coating interface. *Progress in Organic Coatings*, 7(1): 79-104
- Murray, J.N. 1997. Electrochemical test methods for evaluating organic coatings on metals: An update. Part I Introduction and generalities regarding electrochemical testing of organic coatings. *Progress in Organic Coatings*, 30(4): 225-233
- OSHA. 2006. Occupational Exposure to Hexavalent Chromium. [en línea] *Federal Register*, 71 (39), [Fecha de consulta: abril 2018], p. 10099-10385. Disponible en: <https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=18599&p_table=federal_register>
- Pereyra, A.M.; L.K. Herrera; F. Echeverría, J.G. Castaño; C.A. Giudice. 2006. Renewable rust inhibitors. *European Coatings Journal*, 3: 24-28
- Rahim, A.A., M.J. Kassim; E. Rocca, J. Steinmetz. 2011. Mangrove (*Rhizophora apiculata*) tannins: an eco-friendly rust converter. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 46 (4): 425-431
- Rascio, V. J. D. 1972. *LEMITE Anales*. Ministerio de Obras Públicas, La Plata. 187 p.
- Vetere, V.F.; R. Romagnoli. 1998. Chemical and electrochemical assessment of tannins and aqueous primers containing tannins. *Surface Coatings International*, 81(8): 385-391



TRABAJO CIENTÍFICO

Diagnóstico de la industria maderera en Santiago del Estero, Argentina. La situación en Capital, Banda y Loreto¹

*Diagnosis of the wood industry in Santiago del Estero, Argentina
Study cases: Capital, Banda and Loreto*

Schimpf R.²; M. E. Ludueña² y M. Coronel de Renolfi²

Recibido en junio de 2018; aceptado en agosto de 2018

RESUMEN

Dada la escasa información diferenciada que existe para el sector de la industria maderera local, el trabajo analiza los resultados de una encuesta aplicada a 61 empresas de los Departamentos Capital, Banda y Loreto de la provincia de Santiago del Estero, con el objetivo de trazar un diagnóstico de su actual situación. Se realizaron entrevistas personales *in situ*; se analizó perfil del establecimiento, estatus tecnológico, especies maderables utilizadas, comercialización y resultados de la actividad. Se efectuó un análisis descriptivo univariante y se compararon los tres sitios para destacar características diferenciales entre los mismos. Se determinaron fortalezas y debilidades. Los resultados muestran que son todas micro-industrias de larga trayectoria, con escaso personal permanente medianamente capacitado. La maquinaria es adecuada pero obsoleta, con baja tasa de utilización. El volumen de madera que se procesa es reducido. Predominan altos costos, ventas estancadas y ganancias moderadas y las perspectivas son poco favorables para la actividad.

Palabras claves: Mipymes madereras, Fortalezas y debilidades.

ABSTRACT

Due to the scarce differentiated information on the local wood industry available, this paper analyses the results of a survey distributed in 61 enterprises located in the Capital, Banda and Loreto Departments of the Province of Santiago del Estero to outline a diagnosis of its state of the art. The data were collected through *in situ* personal interviews; the company profiles and their technological status, the timberable species used, the commercialization cycle and the results of the activity were analyzed. An univariant descriptive analysis was carried out and all the sites were compared for their differential characteristics be highlighted. Strengths and weaknesses were determined as well. The results show that all three companies are long history micro-industries with few permanent medium-trained personnel. Machinery is adequate though obsolete with low utilization rate. The volume of wood processed is small. High costs, stuck sales and moderate profits predominate. The prospective is little favorable for the activity.

Key words: wood mini-SMEs, strengths and weaknesses.

¹ Este estudio es parte de los resultados del proyecto de investigación "Investigación de mercado de la madera de especies para uso sólido de Santiago del Estero" (CICyT-UNSE).

² Docentes/investigadores. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Argentina. Av. Belgrano (s) 1912. Santiago del Estero. Argentina. E-mail: mrenolfi@unse.edu.ar

1. INTRODUCCION

El sector foresto-industrial de Argentina incluye al sector forestal primario (silvicultura y producción de madera: corte, extracción, carga y transporte), a las actividades industriales de madera aserrada, tableros, chapas, muebles y demás remanufacturas (transformación física) y a la pasta celulósica, papel y cartón (transformación química). Según el INDEC (2016) el PIB de Argentina por rama de actividad muestran que el sector forestal alcanzó un valor bruto de producción de 23.800 millones de pesos (a precios de 2004), que representa cerca del 1,93 % del PIB total. El principal segmento generador del PIB sectorial es la industria de transformación física de la madera con una participación del 48,5 %. El resto es aportado por la industria de la celulosa, papel y cartón con un 43,5 % y la silvicultura y la producción de madera con un 8 %.

A diferencia del sector forestal primario, donde la mayor parte de las extracciones de rollizos provienen de las provincias mesopotámicas, la industria de la madera se localiza en todas las regiones del país. Las industrias de primera y segunda transformación se asientan preponderantemente en la Mesopotamia y Buenos Aires, debido a economías de localización asociadas a los costos de transporte. Los eslabones más avanzados en la cadena de valor, tales como muebles, se instalan cerca de los centros de consumo (Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba). En Chaco, Formosa, la Patagonia y el NOA existe una importante cantidad de aserraderos, especialmente de maderas nativas, y pequeñas producciones de muebles y otros productos de carpintería. Los envases y pallets se fabrican, en especial, en las provincias frutícolas de Río Negro, Entre Ríos o Mendoza. Los postes para el transporte de redes de alta tensión y los rodrigones para la conducción de viñedos se elaboran en Entre Ríos, Santa Fe y Mendoza (Informe Sectorial, 2010).

Ante este panorama nacional, cabe preguntarse cuál es el rol que desempeña la provincia de Santiago del Estero en el sector de la industria de la madera. La provincia posee unas 7,1 millones de ha de bosques nativos según el OTBN (SAyDS, 2017) que representan el 13 % del total del país. Esta superficie da cuenta de la abundante materia prima disponible para la industria forestal. La localización de dicha materia prima no necesariamente coincide con la ubicación de los principales núcleos de micro, pequeñas y medianas empresas (Mipymes) que existen en la provincia, que se dedican a la primera y segunda transformación mecánica de la madera. Sánchez Ugalde (2012) señala que Santiago del Estero cuenta con tres polos transformadores, bien diferenciados entre sí. Existe un nodo industrial en los Departamentos Capital y Banda (nodo Capital-Banda); otro nodo en el Departamento Loreto (nodo Loreto), a 60 km de la capital provincial. El tercer polo se ubica en el noreste de la provincia (nodo Noreste), donde se encuentra la mayor parte de los recursos forestales nativos y aglutina aserraderos en los Departamentos Copo, Alberdi y Moreno.

Esta breve reseña del contexto local impone otra pregunta: ¿cuál es la situación actual de estos establecimientos madereros en lo que respecta a producción, equipamiento instalado, puestos de trabajo, planes de inversión, ritmo de ventas, etc.?

El objetivo del trabajo es realizar un diagnóstico de la actual situación de las industrias de la madera en la provincia de Santiago del Estero, con el propósito de generar información que contribuya a la implementación de estrategias que impulsen el desarrollo del sector forestal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El universo de análisis fue definido como el sector de la industria de transformación física de la madera, conformado por establecimientos emplazados en Capital (Departamento Capital), La Banda (Departamento Banda) y Loreto (Departamento Loreto) de la provincia de Santiago del Estero. La Figura 1 muestra la ubicación de los tres sitios de estudio.



Figura 1. Santiago del Estero. Ubicación de los sitios de estudio

Se obtuvo información primaria recurriendo a una encuesta estructurada, instrumentada a través de entrevistas personales con aplicación de un cuestionario (Díaz de Rada, 2009). Las entrevistas se realizaron *in situ* durante el año 2016, a 61 titulares de Pymes madereras. Se aplicó un muestreo por conveniencia que consiste en la elección, por métodos no aleatorios, de una muestra cuyas características sean similares a las de la población objetivo.

El cuestionario, con 30 preguntas cerradas, apuntó a identificar los siguientes aspectos de la industria: perfil industrial, tecnología, materia prima, comercialización y resultados de la actividad. El mismo incluyó numerosas variables cualitativas (ordinales y nominales) y algunas cuantitativas (Arriaza Balmón, 2006). Los indicadores relevados fueron los siguientes: tipo y antigüedad del establecimiento, cantidad de personal ocupado y grado de capacitación, competencia en el sector, maquinaria disponible y grado de utilización, clase y volumen de materia prima procesada, tipo de clientes, nivel de ganancia, desempeño pasado y proyección de las ventas, entre otros. El tipo de establecimiento incluyó tres categorías: aserraderos, carpinterías y otros. El grado de capacitación del personal y el nivel de ganancias se ponderó con tres niveles (alto, moderado y bajo). La competencia en el sector se evaluó con aspectos internos de competitividad de la empresa (Rojas *et al.*, 2000), contenidos en tres preguntas del cuestionario: reconocimiento de competidores, percepción del grado de competencia (alto, normal, bajo y nulo) y estrategias aplicadas para competir. El grado de utilización de la capacidad instalada se estimó con las siguientes categorías: muy bajo (menos del 30 %), bajo (30-50 %), medio (51-70 %) y alto (más del 70 %).

Se efectuó un análisis descriptivo de tipo univariante y se compararon los tres sitios para destacar aquellas características diferenciales entre los mismos. Para verificar la existencia de relación o dependencia entre determinadas variables cualitativas se aplicó la prueba estadística no paramétrica Chi-cuadrado para un nivel de confianza del 95 % (Arriaza Balmón, 2006). El paquete estadístico reportó los valores de los estadísticos Chi-cuadrado de Pearson X^2 (basado en

la diferencia al cuadrado entre las frecuencias observadas y las esperadas) y Chi-cuadrado máximo verosímil o estadístico G^2 (basado en la relación de frecuencias observadas y esperadas); también el coeficiente de contingencia de Cramer y el coeficiente de contingencia de Pearson, que son valores índices que resumen la intensidad de la asociación de las variables. Finalmente, se determinaron las fortalezas y debilidades de la industria maderera en el área de estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra el número de establecimientos encuestados en cada sitio.

Tabla 1. Cantidad de empresas encuestadas según sitio

Sitio	Número de empresas	Porcentaje
Capital	37	61
La Banda	15	24
Loreto	9	15
Total	61	100

Perfil de los establecimientos

Tipo de establecimiento. Los aserraderos representan un 16 % del total y se dedican a producir madera aserrada (tablas, tablillas, tirantes, etc.) a partir del rollizo. Las carpinterías constituyen el 61% y elaboran muebles, aberturas y otros bienes finales (pérgolas, bancos, techos, escaleras, etc.). La categoría “otros” (23 % del total) hace referencia a establecimientos dedicados a diferentes actividades tales como elaboración de artesanías, reparaciones, trabajos de tornería, fábrica de virutas y venta de madera a medida (corralones). El predominio de uno u otro tipo de empresa fue diferente según los sitios. En la Figura 2 se exhiben las diferencias.

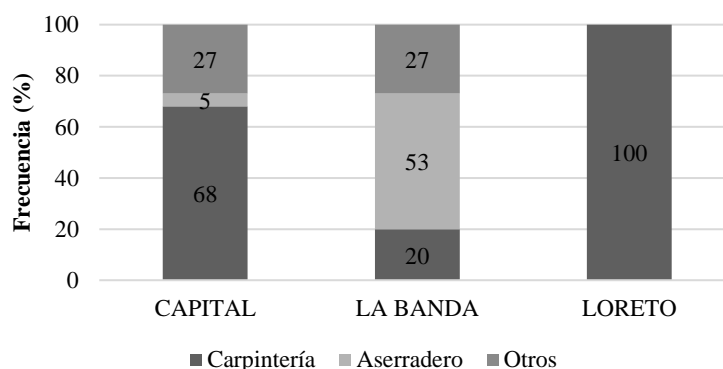


Figura 2. Tipos de establecimiento según sitios

En Capital, el 68 % de las industrias pertenece a la categoría de carpintería. La mayoría de éstas tiene el aserradero integrado a la misma; el resto funciona únicamente como carpintería. Bajo la condición de “otros” (27 %) se registraron siete corralones, una fábrica de virutas, un establecimiento dedicado a reparaciones y trabajos de tornería. Los aserraderos instalados en Capital representan un escaso 5 %. En La Banda predominan los aserraderos con un 53 %; el resto son corralones (27 %) y carpinterías con aserradero incorporado (20 %). Por su parte, Loreto representa un núcleo de carpinterías con aserradero integrado, especializado en la fabricación de muebles; la Figura 2 destaca la ausencia de las otras categorías de establecimientos en este sitio.

Antigüedad del establecimiento. La gran mayoría (69 %) son establecimientos con más de 10 años de antigüedad y experiencia en la actividad. Capital presentó la más alta proporción de casos. Un 7% representa a empresas de reciente instalación (en Capital y La Banda).

Cantidad de personal permanente y grado de capacitación. El número de empleados es una de las preguntas del cuestionario que exhibió reticencia en las respuestas de la mayoría de los entrevistados.

Según la Figura 3, una de cada cuatro empresas (26 %) opera con personal temporario y no ocupa mano de obra permanente; otra proporción similar (26 %) trabaja con una plantilla de dos operarios. Las carpinterías de Loreto presentaron la mayor cantidad de casos en estas dos categorías. El 41 % del total posee entre tres y ocho trabajadores. Las industrias que trabajan con más de ocho empleados permanentes representan un escaso 7 %; pertenecen a Capital y ninguna supera los diez en su nómina.

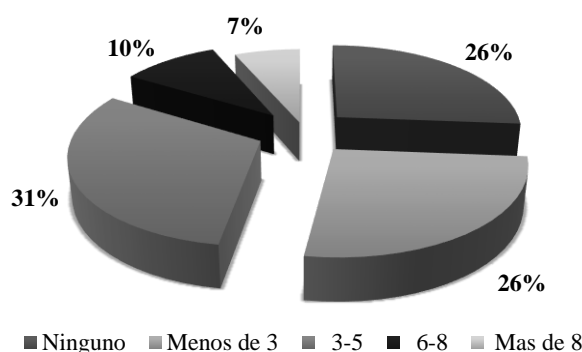


Figura 3. Cantidad de personal permanente

En todos los casos se trata de microempresas unipersonales, con parte de sus trabajadores en condiciones laborales semiformales o informales.

El grado de capacitación del personal fue calificado como alto en un 40 % y moderado en un 46 % del total. Los casos restantes tienen trabajadores sin adiestramiento, para los que debe advertirse que se trata de industrias de mucha antigüedad, en las que se esperaba encontrar mano de obra capacitada. De acuerdo con el Informe Sectorial (2010), la falta de formación en todos los niveles de mano de obra de la industria forestal es una constante en todo el territorio del país.

Competencia en el sector. La gran mayoría (82 %) reconoció la influencia y el accionar de la competencia en el sector; sin embargo, no todos los empresarios la perciben en igual grado. El 42 % calificó su actividad como altamente competitiva (principalmente en Loreto), un tercio como moderada o normal y el resto como baja.

Las estrategias que aplican para retener y ganar clientes fueron, en orden decreciente, calidad del producto, experiencia en el sector y especialización, con la mayor cantidad de menciones. En muy pocos casos se consignaron otras, como el bajo precio, el diseño (diferenciación) y la buena atención al cliente.

Los resultados del perfil obtenido para las industrias madereras locales en cuanto a tamaño, antigüedad, personal ocupado y estrategias para competir coincide con las descripciones efectuadas por Silva Guzmán *et al.* (2015), Segura Domínguez (2011) y Bokkestijn *et al.* (2009) para establecimientos del sector de varios países de América Latina.

Tecnología disponible

Maquinaria disponible y antigüedad. En general, las empresas visitadas mostraron un buen nivel de equipamiento. El análisis de disponibilidad de maquinaria se realizó por sitio y para los establecimientos predominantes en cada uno de ellos: carpinterías con aserradero integrado en Capital y Loreto y aserraderos en La Banda.

Las carpinterías de Capital están adecuadamente equipadas. Además de la sierra sinfín, la mayoría (70 %) posee tupi, lijadora, cepilladora y escuadradora. Un 35 % de las carpinterías trabaja con dos y hasta tres sierras principales; coincidentemente, son industrias que poseen una plantilla de seis o más operarios y mantienen su presencia en el mercado local desde hace 10 o más años.

En Loreto, las carpinterías también tienen más de 10 años de desarrollo en el rubro, pero son de menor porte que las de Capital; la nómina de su personal no supera los dos empleados. Todas están equipadas con una sierra principal y la gran mayoría (87 %) tiene tupi y escuadradora. Más de la mitad cuenta con dos sierras sinfín. A diferencia de Capital, estas carpinterías no poseen lijadoras y se registraron solo tres casos con cepilladoras. Este contraste de equipamiento entre Loreto y Capital se manifiesta en el producto final. Loreto vende muebles rústicos (sin lijado ni cepillado); su producción sale de fábrica sin pasar por la etapa de terminación.

Los aserraderos de La Banda cuentan con cepilladora y garlopa, además de la sierra sinfín. La mayoría tiene tupi; la mitad posee escuadradora. Un 37% dispone de dos y hasta tres sierras sinfín; se trata de los establecimientos de mayor tamaño, con un registro de entre tres y cinco empleados.

Las industrias visitadas cuentan con maquinaria y herramientas antiguas, algunas de producción artesanal (“hechizas”). En el caso de la sierra principal, solo un tercio de las empresas cuenta con una de menos de 10 años de uso; en el resto, la sierra tiene una antigüedad entre 10 y más de 30 años. A pesar de la obsolescencia, en líneas generales, el equipamiento se encuentra en buen estado de mantenimiento.

Grado de utilización de la maquinaria. La Figura 4 revela que casi la mitad de las industrias aprovecha menos del 50% de su capacidad instalada.

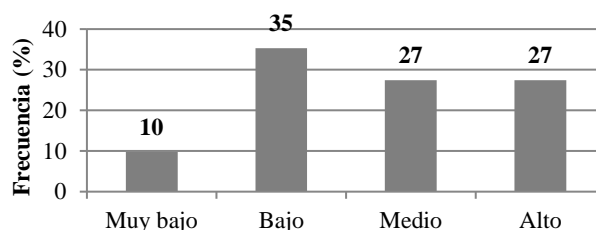


Figura 4. Grado de utilización de la maquinaria

Los tres sitios de estudio presentaron diferencias respecto a esta variable. En La Banda predomina un grado bajo de utilización, en contraste con Loreto donde prevalece un alto grado. Capital presenta una tasa de utilización media-alta.

Los resultados obtenidos están de acuerdo con Silva Guzmán *et al.* (2015) quienes señalan que el bajo nivel tecnológico y la alta capacidad ociosa es un común denominador en las industrias forestales latinoamericanas.

Materia prima

Volumen de madera utilizada. Los datos del consumo de la materia prima corresponden al 74 % de los encuestados; el resto se mostró evasivo en brindar esta información. Las medidas estadísticas del consumo de madera, totales y por sitios se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Estadísticos del consumo de madera (total y por sitios)

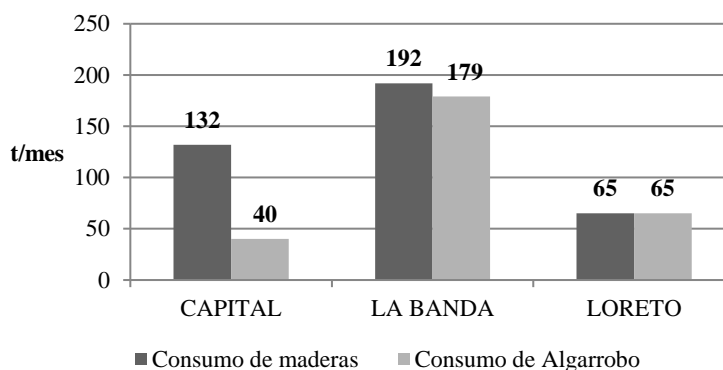
Ítems	Total	Capital	La Banda	Loreto
Respuestas (%)	74	54	67	100
Consumo total (t/mes)	390	133	192	65
Consumo promedio (t/mes)	10,64	6,60	24,00	7,20
Desvío (t/mes)	14,56	8,98	24,57	2,78
CV (%)	137	136	102	39

La alta variabilidad entre establecimientos (137 %) se debe a la gran heterogeneidad de los mismos respecto a su perfil, tamaño, equipamiento, personal ocupado, etc. Respecto a los sitios, Capital tiene la mayor variabilidad en el consumo, mientras que Loreto presenta la menor, lo que da cuenta de una mayor uniformidad de escala de este último sitio.

Especies forestales utilizadas. Se reportaron unas 30 especies utilizadas por las industrias madereras. El 38 % de las empresas mencionó al algarrobo blanco (*Prosopis alba*) como la madera utilizada en primer lugar. Sigue el pino (*Pinus elliottii*) y el cedro (*Cedrela spp*) con el 28 % y el 15 % respectivamente. La madera del algarrobo proviene del bosque nativo santiagueño; las de pino y cedro proceden de plantaciones y bosques nativos de otras provincias. Con muy poca proporción participan el quebracho colorado (*Schinopsis quebracho colorado*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*).

Los encuestados reconocieron que la madera preferida por los consumidores en el mercado local es el algarrobo; se destaca por su durabilidad y estabilidad y por ser estéticamente más atractiva que otras. No obstante, advirtieron que su abastecimiento se hace cada vez más difícil (hay menos stock y proviene de lugares más alejados).

Se hallaron diferencias entre los sitios respecto al tipo de madera utilizado. Loreto está enfocado con exclusividad al uso del algarrobo. En La Banda sobresale el uso del algarrobo con preferencia a otras especies, mientras que en Capital se trabaja con una mayor diversidad de especies forestales. Las diferencias entre sitios se manifiestan al cuantificar el consumo total de maderas y desagregar el volumen de madera de algarrobo, como se grafica en la Figura 5.

**Figura 5.** Consumo total de madera según sitios

Comercialización y resultados de la actividad

Desempeño de las ventas. La comercialización de los productos tiene como destino exclusivo el mercado local.

Las respuestas sobre el desempeño de las ventas en los tres últimos años (2014-2016) se muestran en la Figura 6. La reducción de ventas se verificó en un 33% de los casos (de manera predominante en Loreto y La Banda).

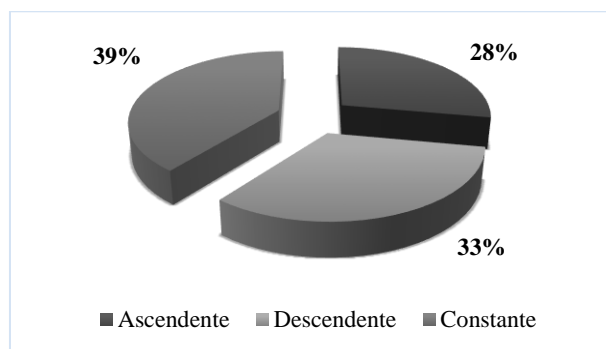


Figura 6. Desempeño de las ventas

La contracción de las ventas que se señala a nivel local se corresponde con el desempeño a nivel nacional que describe una caída de las ventas de madera y muebles en torno al 20 % respecto a 2015 (OIMyM, 2016).

Respecto a la proyección de ventas para los próximos tres años (2017-2019), el 41 % evidenció incertidumbre acerca del desempeño futuro. No obstante, un tercio del total concibe un escenario con expectativas optimistas.

Principales dificultades de la empresa. Entre los principales problemas de funcionamiento que enfrentan las empresas, las menciones más numerosas fueron, en orden decreciente, la mala calidad de la madera, la demora y la incertidumbre en el abastecimiento de la misma, la dificultad en el acceso al crédito y la falta de responsabilidad y esmero del personal como también su escasa capacitación. También se mencionaron otras dificultades tales como equipamiento insuficiente y obsoleto, inestabilidad en las ventas e incertidumbre en el precio de la madera.

Nivel de ganancias. Dos tercios de los industriales declararon un nivel moderado de ganancias, un 28 % con grado bajo y un escaso 3% con nivel alto de beneficios.

Los argumentos expuestos por los entrevistados para explicar el bajo o moderado nivel de ganancias se repiten en todos los casos y se refieren a la actual situación económica del país (inflación) que origina crecientes costos laborales, impositivos y de materia prima. Otras causas consignadas, pero con escaso número de menciones, son la insuficiente cantidad de personal, la falta de inversiones y la limitada capacidad operativa para satisfacer la demanda.

Pruebas de dependencia entre variables

Dado que las ganancias son el resultado que resume el éxito del negocio, se intentó hallar una posible explicación para el nivel de ganancia que se obtiene. Se partió de la hipótesis de que esta variable podría estar asociada con otras variables relevadas en la encuesta tales como el grado de capacitación del personal, los años de trayectoria de la empresa en el mercado o el tipo de negocio.

Considerando que el Informe Sectorial (2010) señala que la falta de capacitación en la mano de obra de la industria forestal argentina desacelera los resultados de las inversiones y genera pérdidas en las empresas, se probó estadísticamente la dependencia entre las variables nivel de ganancia y grado de capacitación del personal. La prueba de independencia Chi-cuadrado no fue significativa; el valor del estadístico X^2 fue de 4,36 con una probabilidad asociada de $p = 0,3601$ demostrando independencia entre ambas variables (Tabla 3).

Tabla 3. Pruebas Chi-cuadrado: nivel de ganancia-grado capacitación del personal

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	4,36	4	0,3601
Chi Cuadrado MV-G2	4,88	4	0,3001
Coef. Conting. Cramer	0,15		
Coef. Conting. Pearson	0,26		

Asimismo se probó la asociación entre las variables nivel de ganancia-antigüedad del establecimiento; también entre ganancia-antigüedad con un criterio de estratificación por tipo de establecimiento. En ambas pruebas estadísticas el valor de p resultó mayor a 0,05 lo que prueba que las variables no están asociadas.

Fortalezas y debilidades

De los resultados hallados para las empresas madereras que conformaron el presente estudio, se pueden puntualizar las siguientes fortalezas y debilidades (Tabla 4):

Tabla 4. Fortalezas y debilidades de las empresas madereras

Fortalezas	Debilidades
– Amplia trayectoria en el mercado local.	– Escasez de personal.
– Buena capacidad instalada que permitiría aumentar la producción.	– Falta de capacitación en la producción y en la gestión.
– La competitividad se enfrenta con calidad, experiencia y diseños exclusivos.	– Maquinaria suficiente pero obsoleta, con baja tasa de utilización.
– Integración tecnológica en muchos casos.	– Predominio de la informalidad (más acentuada en Loreto).
– Mediano optimismo en el futuro del sector.	– Limitada confiabilidad en el suministro de maderas.
	– Baja calidad de la materia prima.
	– Baja o nula participación en el mercado forestal nacional.
	– Restricciones en la producción a escala.
	– Limitaciones para el acceso al crédito.

Muchas de las debilidades consignadas concuerdan con las reportadas por Pérez Alfaro (2000), quien las califica como desventajas estructurales de las Pymes en general. Dicho autor señala que las Mipymes actúan típicamente en mercados de competencia imperfecta, formando parte de un universo donde la diferenciación juega un rol fundamental.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los establecimientos madereros del área de estudio son todos microindustrias de larga trayectoria en el mercado, con escaso personal permanente, el cual está medianamente capacitado.

En Capital y Loreto predominan las carpinterías con el aserradero integrado, mientras que en La Banda se destacan los aserraderos.

Las industrias han quedado estancadas en cuanto a modernización tecnológica. Se verifica una baja tasa de utilización de la capacidad instalada (no supera el 50 %); es más acentuada en los aserraderos de La Banda a causa de la falta de integración vertical con la industria de segunda transformación de la madera.

En Loreto se advierte un elevado nivel de competitividad, aspecto que no se revela tan preocupante en Capital y La Banda. Las mueblerías de Loreto compiten fuertemente con las de la provincia de Chaco, a causa de la falta de diferenciación del producto.

Se observa gran heterogeneidad en los volúmenes de materia prima consumida. El volumen de procesamiento es reducido; la gran mayoría no supera las 10 toneladas procesadas al mes.

En los resultados económicos se observa un predominio de altos costos, ventas estancadas y ganancias moderadas. El nivel de utilidad que se obtiene no está asociado con la categoría ni la antigüedad del establecimiento, como tampoco con el grado de capacitación del personal.

En los tres sitios predomina la informalidad, aunque en Loreto es más acentuada. Una de las principales razones de dicha informalidad son los altos costos laborales e impositivos.

La industria atiende un mercado interno, muy competitivo, que no satisface la demanda local.

La actual situación del contexto macroeconómico nacional aún no genera perspectivas favorables para la actividad.

Identificadas las debilidades del sector se debería avanzar en la definición de objetivos estratégicos ofensivos y defensivos y en el diseño de planes concertados de acción, tanto desde el interior de las empresas como desde el Estado y otras instituciones. Sin embargo, el alto grado de informalidad en que se desarrollan las actividades industriales y la fuerte cultura individualista en las actuaciones de los actores directos no permite generar procesos de integración. Las industrias deberían proponer acciones concretas concernientes a la formalización laboral e impositiva que se exige para acceder a los créditos de mejora tecnológica. Asimismo, los planes de capacitación laboral, tanto en el plano operativo como de gestión, les permitiría mejorar el desempeño futuro y la competitividad en el sector.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriaza Balmón, M. 2006. *Guía práctica de análisis de datos*. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Sevilla, España. 198 p.
- Bokkestijn, A.; M. López Ortiz y J. Moscoso. 2009. *Estudio del mercado nacional de madera y productos de madera para el sector de la construcción en Perú*. Centro de Innovación Tecnológico de la Madera. Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 65 p.
- Díaz de Rada, V. 2009. *Análisis de datos de encuestas*. Editorial UOC. Universitat Oberta de Catalunya. Barcelona, España. 331 p.
- INDEC. 2016. *Agregados macroeconómicos. Valor bruto de la producción por rama de actividad económica 2004-2015*. [en línea]. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ministerio de Hacienda. Disponible en: <<http://www.indec.gob.ar>>.

- Informe Sectorial. 2010. *Sector de la industria de la madera*. Dirección de oferta exportable. Subsecretaría de comercio internacional. Buenos Aires, Argentina. 94 p.
- OIMyM. 2016. *Actualidad de la cadena de valor foresto-industrial*. [en línea]. Informe OIMyM 2016. Observatorio de la industria de la madera y el mueble. Disponible en: <<https://es.scribd.com/document/347850346/Informe-OIMyM-2016>>.
- Pérez Alfaro, A. 2000. *Control de gestión y tablero de comando*. Editorial Depalma. Buenos Aires, Argentina. 434 p.
- Rojas, P.; S. Romero y S. Sepúlveda. 2000. *Algunos ejemplos de cómo medir la competitividad*. IICA: Serie Cuadernos Técnicos N° 14. San José, Costa Rica. 49 p.
- Sánchez Ugalde, R. 2012. *Mejora de la competitividad sistémica de las industrias de primera transformación mecánica de la madera*. Consultoría para la instalación de un centro de capacitación. Informe final. Programa de sustentabilidad y competitividad forestal. BID 2853 OC/AR. 92 p.
- SAyDS. 2017. *Estadística forestal*. [en línea]. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Disponible en: <<http://www.ambiente.gov.ar>>.
- Segura Domínguez, R. 2011. *La PyME maderera en cifras*. CERR. Centro de Estudios de la Realidad Regional BioBio. Concepción, Chile. 14 p.
- Silva Guzmán, J.; A. Ramírez Arango; F. Fuentes Talavera; R. Rodríguez Anda; J. Turrado Saucedo y H. Richter. 2015. Diagnóstico de la industria de transformación primaria de las maderas tropicales de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6 (28): 202-221.



NOTA TÉCNICA

Evaluación de la vegetación leñosa de un algarrobal del Espinal de la provincia de Santa Fe (Argentina)

Evaluation of the woody vegetation of Prosopis forest of the Espinal in the province of Santa Fe (Argentina)

Capelino, P.¹; A. Bender¹ y P. Hernández²

Recibido en diciembre de 2017; aceptado en mayo de 2018

RESUMEN

Existen escasas experiencias referidas al estudio de los bosques y pastizales naturales pertenecientes al Espinal Santafesino. El presente estudio se llevó a cabo en la localidad de Sa Pereira (31° 34' S, 61° 22' O, Argentina), en un relicto de bosque de algarrobos de aproximadamente 100 ha. El objetivo fue realizar una descripción cuantitativa y cualitativa del estado actual de la vegetación. Se realizó un muestreo estratificado en forma sistemática de dieciséis parcelas de 10 m por 100 m. Las variables registradas fueron: especie arbórea, diámetro a la altura del pecho (DAP), altura del árbol y altura de fuste. Se determinó además: estado sanitario, rectitud de fuste, posición sociológica y vitalidad de la copa de cada árbol. Los resultados mostraron un bosque con predominio: *Prosopis alba* (46 %), *Acacia caven* (19 %), *Celtis tala* (18 %) y *Geoffroea decorticans* (15 %). Se observaron además especies exóticas tales como *Morus nigra*, *Melia azedarach* y *Ligustrum lucidum*. El área basal promedio del bosque fue de 12 m²/ha; el estado sanitario regular y exhibió estructura irregular. Los sectores analizados mostraron diferencias significativas respecto de DAP medio, altura media del árbol y altura de fuste. Los arbustos predominantes fueron *Acacia praecox* y *Grabowskia duplicata*; y se presentaron desde arbustal semi-cerrado hasta tramos desprovisto de arbustos.

Palabras clave: relicto bosque, nativo, subregión del algarrobo, conservación, manejo.

ABSTRACT

There are few experiences related to the study of the natural forests and grasslands belonging to the so-called Espinal in Santa Fe, Argentina. The present study was carried out in Sa Pereira (31° 34' S, 61° 22' W, Argentina), in an approximately 100 ha relict of *Prosopis*. Its objective was to make a quantitative and qualitative description of the current vegetation. A systematic stratified sampling was carried out on sixteen 10 m per 100 m plots. The variables recorded were: tree species, diameter at breast height, tree height and stem height. The health status, stem straightness, sociological position and crown vitality of every individual were also determined. The results showed predominance of *Prosopis alba* (46 %), *Acacia caven* (19 %), *Celtis tala* (18 %) and *Geoffroea decorticans* (15 %). Exotic species such as *Morus nigra*, *Melia azedarach* and *Ligustrum lucidum* were also observed. The average basal area of the forest was 12 m²/ha; its sanitary state was regular but its structure irregular. Significant differences as to average diameter at breast height, average tree height and stem height were observed in the plots. The predominant shrubs were *Acacia praecox* and *Grabowskia duplicata*; occurring from semi-enclosed shrubland sections to parts without shrubs.

Key words: relict, forest, native, carob subregion, conservation, management.

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, Argentina. E-mail: capelinopedro@hotmail.com

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN

La región forestal del Espinal se ubica entre los 28° y 40° de latitud S, se caracteriza por su vegetación de bosque xerófilo abierto con uno o dos estratos arbóreos, un estrato arbustivo y otro herbáceo; según la especie arbórea dominante, se distinguen tres subregiones en el Espinal: al norte la del Nandubay, en el centro la del Algarrobo y al sur la del Caldén (Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, 2003). Los antecedentes de estudios sobre bosques en el Espinal Santafesino son escasos, destacándose las experiencias realizadas por Exner *et al.* (2004), PIARFON (2005) y Lewis *et al.* (2006). Por otra parte, la explotación irracional del bosque sin un estudio y planificación previa ha favorecido el deterioro de los mismos (Karlin y Bernasconi, 2005). Esta situación ha llevado a que, en la actualidad, sólo queden relictos de estos espacios en el Espinal de Santa Fe, los cuales se encuentran en su mayoría asociados a cursos de agua, ya que la agricultura ha avanzado sobre los lugares con las mejores condiciones para su desarrollo (Lewis *et al.*, 2006; SMADES, 2007).

Uno de estos relictos se encuentra en la localidad de Sa Pereira (Santa Fe, Argentina), el cual, si bien muestra indicios de intervención del hombre, presenta aún rasgos característicos de los bosques del Espinal Periestépico (Lewis *et al.*, 2006). Actualmente, el principal uso que se le da al bosque es el aprovechamiento del forraje por parte del ganado bovino desde marzo/abril hasta septiembre/octubre; eventualmente se extrae leña y frecuentemente se instalan apiarios para la producción de miel. Entre 1995 y 2000 se realizó una limpieza de unas 20 hectáreas sobre el límite sur del bosque, mediante tala rasa, de las cuales una parte se mantuvo limpia para destinar a agricultura, y otra parte permaneció sin intervenciones posteriores, donde se dio la regeneración natural.

El desafío que se plantea al sector productivo es el de utilizar los ecosistemas sin desencadenar cambios en la vegetación que alteren la capacidad de producción y de provisión de servicios ecológicos en forma irreversible, para lo cual es necesario conocer el estado de los bosques (Karlin y Bernasconi, 2005). Por ello el objetivo del presente trabajo es evaluar un algarrobal del Espinal del centro de la provincia de Santa Fe, utilizando el inventario como herramienta para generar información que permita describir cuantitativa y cualitativamente el estado actual de la vegetación arbórea y arbustiva. La información generada servirá de insumo para priorizar y direccionar las intervenciones futuras de este relicto de bosque compatibilizando tanto su aprovechamiento como su conservación a lo largo del tiempo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un relicto de bosque nativo de 100 ha que pertenece a la Escuela de Educación Técnica N° 299 “Carlos Sylvestre Begnis”, Sa Pereira (Santa Fe); se ubica 31° 34' latitud S y 61° 22' longitud O, a 54 m s.n.m.; su principal vía de acceso es la ruta nacional N° 19. El tipo de clima para esta zona según Köppen es C w a (Castillo y Sentis, 2001). En la zona existen amplios sectores con dominio de suelos con severas limitaciones por drenaje, Natracualfes y Natralboles (INTA, 1991).

En base a imágenes satelitales se observó que el bosque analizado muestra diferencias en su vegetación arbórea, por lo que se delimitaron cuatro unidades ambientales (A, B, C y D) (Figura 1). En cada una de estas unidades se procedió al muestreo en forma sistemática con parcelas de 10 m por 100 m (1.000 m²) sobre un transecto base (PIARFON, 2005) y un tamaño de muestra del 2 %, ya que se trató de un inventario diagnóstico; la distancia entre parcelas sucesivas fue de 100 m.

Para realizar el inventario del estrato arbóreo se registraron, en cada parcela, todos los árboles con el diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm. Se midieron además las siguientes variables cuantitativas: altura total del árbol (m), mediante clinómetro Suunto (Type: PM-5/360 PC); altura de fuste (m), medida hasta la primera ramificación importante; circunferencia (cm) medida con cinta métrica a partir de la cual se calculó el DAP (cm). En base a estos datos se estimó para cada unidad ambiental y para el total: número de árboles por ha, distribución diamétrica (cm) y área basal (m²/ha). Las variables cualitativas relevadas fueron: *rectitud del fuste*, el cual se calificó como recto (1), torcido (2), muy torcido (3); *estado sanitario* de cada árbol, que se calificó como sano (S); enfermo (E); muy enfermo (Me); *posición sociológica* del árbol según fuera dominante (Dte), codominante (Cod) o dominado (Ddo); y *vitalidad de la copa*, calificada como buena (B), regular (R) o mala (M).

Las variables medidas en las unidades ambientales se contrastaron mediante un análisis de varianza y una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 % ($P < 0,05$), utilizando el programa estadístico InfoStat® (Di Rienzo et al., 2008).

Para realizar el inventario del estrato arbustivo se determinó las especies presentes y cantidad de arbustos según la siguiente escala: (1) arbustos dispersos, (2) arbustal abierto, (3) arbustal semiabierto, (4) arbustal semicerrado y (5) arbustal cerrado.

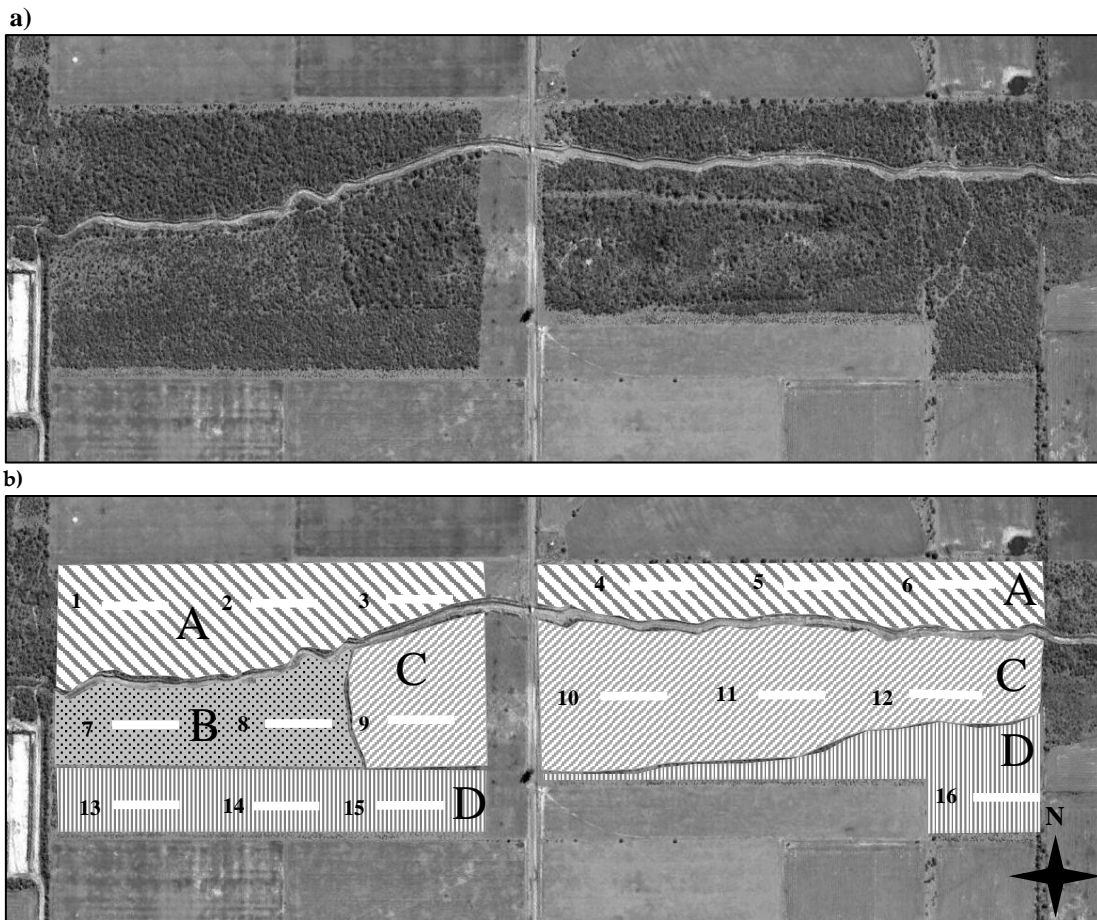


Figura 1: a) fotografía aérea del bosque de la Escuela de Educación Técnica N° 299. b) estratificación propuesta para los muestreos (A, B, C y D) y parcelas muestrales (líneas blancas). Fuente: elaboración propia, adaptado de Google Earth, 2010.

3. RESULTADOS

a. Estrato arbóreo

La especie más frecuente fue el *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco), seguido por *Acacia caven* (Molina) Molina (aromito), *Celtis tala* Gilles ex Planch. (tala) y *Geoffroea decorticans* (Guillies ex Hook. et Arn.) Burkart (chañar). Otras especies nativas presentes en menor proporción fueron: *Parkinsonia aculeata* L. (cina-cina), *Prosopis affinis* Spreng. (ñandubay) y *Sapium haematospermum* Müll. Arg. (curupí). Se observaron además, especies exóticas tales como *Melia azedarach* L. (paraíso), *Morus nigra* L. (mora) y *Ligustrum lucidum* Ait (ligustro). En la unidad A las especies más abundantes fueron algarrobo y tala; en la unidad B, aromito, algarrobo y chañar; en la unidad C, chañar, algarrobo y tala; y en la unidad D, algarrobo y aromito, tal como se observa en la Tabla 1.

Prosopis alba fue la especie que más aportó al área basal en cada una de las unidades; y la que presentó el mayor número de individuos y área basal para todo el bosque (Tabla 1). El aumento del área basal no se correlacionó en todos los casos con la frecuencia de las especies, como se observó en la unidad C, donde *P. alba* aportó casi el 60 % al área basal, mientras que la frecuencia no alcanzó el 30 %, lo que muestra la presencia de pocos algarrobos pero de grandes diámetros. En la misma unidad, *G. decorticans* aportó solo el 23 % del área basal, a pesar de encontrarse en gran número (mayor al 45%), valores que muestran la presencia de muchos individuos de diámetro pequeño (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de especies y área basal (m²/ha) aportado por especies para las unidades ambientales A, B, C, D y para toda la superficie.

Especie	A	B	C	D	Total
<i>Prosopis alba</i>	51,1 (9,18)	29,2 (3,96)	29,0 (7,13)	57,6 (5,90)	46,4 (7,12)
<i>Acacia caven</i>	6,9 (0,62)	31,9 (2,93)	1,6 (0,31)	40,9 (4,49)	19,2 (1,78)
<i>Celtis tala</i>	32,0 (2,56)	9,7 (0,95)	23,4 (2,11)	0,5 (0,06)	18,4 (1,62)
<i>Geoffroea decorticans</i>	9,1 (0,73)	25,0 (1,65)	46,0 (2,85)	0,5 (0,03)	15,0 (1,20)
<i>Melia azedarach</i>	0,0 (0,0)	2,8 (0,41)	0,0 (0,0)	0,5 (0,11)	0,6 (0,08)
<i>Parkinsonia aculeata</i>	0,4 (0,08)	1,4 (0,22)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,5 (0,06)
<i>Morus nigra</i>	0,4 (0,03)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,2 (0,01)

En las celdas el primer número corresponde a la frecuencia de especies (%) y el valor entre paréntesis corresponde al aporte al área basal (m²/ha).

El área basal presentó el mayor valor en la unidad A. En la unidad C se observó la menor densidad de árboles. La unidad D presentó la mayor densidad de árboles, los cuales resultaron en su mayoría codominantes y con vitalidad de copa buena; además, en esta unidad, más del 50 % de los árboles mostraron estado sanitario sano. Los árboles muertos fueron más frecuentes en la unidad A; lo cual coincidió con la mayor proporción de árboles dominados y con vitalidad de copa mala con respecto al resto de las unidades. Menos del 20 % de los árboles presentó fuste recto, resultando mayormente torcidos (Tabla 2).

El bosque en general y las unidades en particular, exhibieron una estructura irregular, disminuyendo la proporción de individuos al aumentar las clases diamétricas. La mayor frecuencia de clase diamétrica estuvo comprendida entre 10-15 cm; mientras que sobre la superficie total, el 94% de los árboles presentó diámetro menor a 25 cm (Tabla 2). Las distintas unidades mostraron diferencias estadísticamente significativas en los diámetros medios (Tabla 3), resultando la unidad A la que presentó el mayor diámetro promedio.

Las unidades A y C mostraron los mayores valores de altura media de árbol (Tabla 3), sin mostrar diferencias significativas (Tabla 3). Las unidades A y C con mayor altura media de árbol coincidieron con las formaciones boscosas más maduras del predio y con una alta participación de chañar y tala, especies que presentaron mayor altura media (6,3 y 6,6 m respectivamente). Por

otra parte, las unidades B y D mostraron menor altura media y alta proporción de algarrobo y aromito, para las cuales la altura media fue de 5,8 y 4,7 m respectivamente.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable altura media de fuste entre las unidades B y D, y entre las unidades A y C, pero las diferencias fueron significativas entre aquellas y éstas (Tabla 3). Las unidades B y D, con altura media de fuste más baja coincidió con la mayor abundancia en dichas unidades de *A. caven* y *P. alba*, con ramificaciones a menor altura, presentando 1,55 y 1,90 fustes promedio por árbol para algarrobo y aromito respectivamente. Por el contrario en las unidades A y C tomaron mayor participación especies como chañar y tala, que ramificaron a mayor altura, por ejemplo en el total de árboles muestreados, el chañar presentó en promedio 1,09 fustes por árbol y el tala 1,22.

En toda la superficie, el 33 % de los individuos muestreados se encontraron sanos; este resultado muestra que dos tercios de la población presentó estado sanitario enfermo o muy enfermo. El 16% de los árboles mostraron calidad de fuste óptima, siendo rectos y estando libres de enfermedades; sin embargo más del 75 % de los árboles tuvieron fuste torcido o muy torcido. Por otra parte, el inventario mostró que casi el 60 % de los árboles presentó vitalidad de copa regula o mala (Tabla 2). No obstante se observaron árboles con buenas características sanitarias y forestales; alrededor del 11 % de los árboles en la unidad A, B y C; y el 25 % en la unidad D, exhibieron calidad de fuste recto y sano (Tabla 2). En la unidad D el estado sanitario de los fustes fue en general muy bueno (menos del 4 % con afecciones sanitarias severas), concordando con una población de individuos jóvenes (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad, árboles muertos, árboles ramificados debajo de 1,30 m, área basal, frecuencia por clases diamétricas, posición sociológica, vitalidad de la copa, rectitud de fuste y estado sanitario para las unidades ambientales A, B, C, D y para toda la superficie.

Unidad ambiental		A	B	C	D	TOTAL
Densidad (árboles/ha)		385	360	310	495	403
Árboles muertos (%)		6,0	0,0	4,0	1,0	3,6
Árboles ramificados debajo de 1,30 m (%)		37,5	42,2	25,6	51,2	40,3
Área basal (m ² /ha)		13,3	10,1	12,4	10,6	12,0
Frecuencia en (%) de individuos por clase diamétrica	10-15	44,2	77,4	47,8	86,6	64,2
	15-20	31,4	16,5	18,5	11,4	20,2
	20-25	17,4	2,6	16,6	2,1	9,9
	25-30	4,6	0,0	10,2	0,0	3,3
	30-35	2,1	0,9	1,3	0,0	1,1
	35-40	0,0	1,7	3,2	0,0	0,7
	40-45	0,3	0,0	0,6	0,0	0,2
	45-50	0,0	0,9	1,3	0,0	0,3
	50-55	0,0	0,0	0,6	0,0	0,1
Frecuencia posición sociológica (%)	Cod	73,8	84,7	74,2	87,9	80,2
	Ddo	22,5	4,2	9,7	10,6	11,8
	Dte	3,6	11,1	16,1	1,5	8,1
Frecuencia vitalidad de la copa (%)	B	43,6	19,4	37,9	60,6	40,4
	R	34,0	72,2	46,0	35,9	47,0
	M	22,4	8,3	16,1	3,5	12,6
Frecuencia rectitud de fuste (%)	1	16,9	15,3	19,4	25,3	19,2
	2	54,1	45,8	56,5	42,9	46,8
	3	29,0	38,9	24,2	31,8	30,9
Frecuencia de estado sanitario (%)	S	33,8	15,3	27,4	55,6	33,0
	E	52,8	65,3	57,3	40,9	54,1
	Me	13,4	19,4	15,3	3,5	12,9

Referencias: Posición sociológica del árbol: Cod. codominante; Ddo. dominado; Dte. dominante. Vitalidad de la copa: b. buena; m. mala; r. regular. Rectitud del fuste: 1. recto; 2. torcido y 3 muy torcido. Estado sanitario: E. enfermo; Me. muy enfermo; S. sano.

Tabla 3. DAP medio, altura media y altura de fuste media para las unidades ambientales A, B, C y D.

Unidad ambiental	DAP medio (cm)	Altura media del árbol (m)	Altura media de fuste (m)
A	18,2 a	6,25 a	1,56 a
B	13,9 b	5,50 b	1,08 b
C	16,8 c	6,28 a	1,52 a
D	12,3 d	5,08 c	0,58 b
CV (%)	35	21	67

En cada columna, letras distintas indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0,05$), CV (%) Coeficiente de variación.

b. Estrato arbustivo

Las especies más frecuentes fueron *Acacia praecox* Griseb. (garabato), *Grabowskia duplicata* Arn. (tala de burro) y *Heimia salicifolia* (Kunth) Link (quebra arado), En la unidad A el estrato arbustivo se presentó disperso en algunos sectores y abierto en otros. La unidad B se encontró desprovista de arbustos. En la unidad C se encontraron distintas formaciones, desde zonas con arbustos aislados, hasta arbustales semicerrados. En la unidad D se observó solo algunas zonas de arbustos aislados.

4. DISCUSIÓN

a. Estrato arbóreo

Las especies con mayor frecuencia dentro del relicto de bosque estudiado fueron algarrobo, aromito, tala y chañar; estas especies son comunes en la subregión del Algarrobo. Ella, abarca las llanuras del centro de Córdoba, parte de Santa Fe y San Luis, y en donde la comunidad clímax del bosque está formada por algarrobo negro, algarrobo blanco, chañar y tala, entre otras (Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, 2003; Lewis *et al.*, 2006). Además, se observaron otras especies nativas en menor proporción, como cina-cina y ñandubay, las cuales no son mencionadas por Lewis *et al.* (2006) para bosques del Espinal.

En el bosque en estudio las especies exóticas encontradas fueron mora, ligustro y paraíso, todas ellas en baja frecuencia; no obstante, se debe tener en cuenta la observación que realiza Lewis *et al.* (2004). quienes advierten sobre la invasión o proliferación de especies exóticas en bosques del Espinal, las cuales contribuyen a la pérdida de los rasgos característicos de estos relictos de bosques, y en algunos casos, hasta el remplazo.

En el presente estudio se pudo constatar que la estructura del bosque es irregular, es decir, con mayor frecuencia de árboles de menor diámetro; este tipo de estructura irregular es común en bosques del Espinal (PIARFON, 2005). Grulke *et al.* (2007) coinciden en que esta es la estructura típica de los bosques chaqueños, aunque señalan excepciones en rodales dominados fuertemente por una especie, donde la estructura es considerada como regular.

El área basal constituye una medida de densidad del bosque, refleja la cantidad de árboles y su tamaño, y es un buen índice del volumen relativo de madera (Wadsworth, 2000). El bosque en estudio presenta un área basal promedio de 12 m²/ha, con parcelas que superaron los 16 (m²/ha), similar a los valores observados por Burkart (1996) en el Espinal Entrerriano, los cuales se encuentran entre 6 y 12 m²/ha. Por otra parte, el valor de área basal observado es algo mayor al señalado por Simón *et al.* (2003), quienes encontraron para un algarrobal de la Cuña Boscosa Santafesina que su área basal fue de 8,3 m²/ha. Por su parte Lewis *et al.* (2006) citan valores

mayores para bosques cercanos a Coronda, alrededor de 25 m²/ha, aunque este valor incluye a todos los individuos con DAP mayor a 1 cm, lo cual puede explicar la gran diferencia con el valor de área basal encontrado en este trabajo.

La mayor parte de los árboles mostraron condiciones defectuosas, con vitalidad de copa regular o mala, fustes torcidos y enfermos. Estas características pueden deberse a que en estos bosques se ha realizado una extracción selectiva de individuos sanos y rectos, lo cual, sumado a las escasas o nulas acciones de intervención para el mejoramiento de los mismos, ha dado como resultado un bosque empobrecido. Históricamente la región del Espinal se caracterizó por una extracción forestal desmedida y sin ningún tipo de planificación, lo que llevó a que en la actualidad no se disponga de suficientes ejemplares con fustes de calidad (Karlin y Bernasconi, 2005; Lewis *et al.*, 2006). Según Sabattini *et al.* (2002), no es sorprendente que algunos montes del Espinal con especies de alto valor, como el algarrobo, llegaran al riesgo de extinción como tipos forestales de importancia y como ecosistemas únicos.

Muchos de los algarrobos que se observaron con mal estado sanitario, torcidos o decrepitos, se encontraron en posición sociológica como dominados, especialmente por tala; esta situación fue observada principalmente en la unidad A. Esta apreciación es análoga a la realizada en otros bosques del Espinal por Lewis *et al.* (2006), quienes señalan la escasa regeneración de algarrobo y su inminente reemplazo por tala.

La mayor altura promedio de fuste (1,56m) se observó en la unidad A, no obstante, esta altura no es suficiente para la obtención de fustes maderables. Bender (2016) encontró en un algarrobal de la provincia de Santa Fe, que la altura de fuste promedio fue de 1,92 m, y menciona que la altura de fuste puede estar determinada por la extracción permanente de ramas basales con fines de carpintería menor, manejo del ganado, tendido de alambrados, limpieza para el paso de maquinaria agrícola y apertura de caminos internos dentro del monte. Por otra parte, Palacios y Brizuela (2005) atribuyen a que la extracción de ramas en bosques de algarrobo se realiza con diferentes fines, principalmente como leña. Debe tenerse en cuenta que la extracción de ramas de árboles del monte nativo sin la debida planificación y que carece de manejo silvícola, no asegura la obtención de un fuste adecuado (Bender, 2016).

b. Estrato arbustivo

Las dos especies arbustivas más frecuentes, *A. praecox* (garabato) y *G. duplicata* (tala de burro) fueron mencionadas por diversos autores. Pensiero *et al.* (2005), indican que la presencia de *A. praecox* es mayor en aquellos bosques que han sido muy alterados por el hombre, comportándose en esos casos como planta invasora. Lewis *et al.* (2006) observaron *G. duplicata* en el estrato arbustivo de bosques del Espinal; estos autores encontraron además situaciones donde este estrato es virtualmente inexistente, pasando por un estado discontinuo hasta sectores más densos con arbustos de hasta 1,5 m de altura.

5. CONCLUSIONES

La evaluación de la vegetación leñosa de este relicto de bosque a partir del inventario forestal fue el paso inicial y fundamental para conocer el estado actual del bosque. Estos fragmentos de bosques con predominio de *Prosopis* revisten gran importancia ecológica, económica y social resultando fundamental su estudio y conservación. El inventario diferenciando unidades ambientales permitió establecer cuatro porciones de bosque con características particulares, lo que facilitará un abordaje específico priorizando las futuras intervenciones.

Con la información generada será posible enunciar pautas de manejo que tiendan a preservar los suelos y la vegetación, manteniendo o mejorando la capacidad de producción de bienes y servicios

que ofrece el bosque. Es preciso que los tratamientos estén dirigidos a mejorar la calidad y sanidad de los árboles y a mantener la identidad del bosque. Mediante podas y raleos se podría: extraer árboles y ramas muertas, controlar especies exóticas y arbustales semicerrados, mejorar el crecimiento individual y de la masa, sanear los pies remanentes, favorecer la regeneración natural y asegurar así la perpetuidad de este relicto de bosque del Espinal Santafesino.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atlas de los Bosques Nativos Argentinos, 2003. *Proyecto bosques nativos y áreas protegidas BIRF 4085-AR*. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 245 p.
- Bender, A. 2016. *Variabilidad de los patrones estructurales en Algarrobo Blanco (Prosopis alba Grisebach) y Ñandubay (Prosopis affinis Sprengel) y su influencia sobre las magnitudes dendrométricas*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- Burkart, R.; J. García Fernández y E. Riegelhaupt, 1996. *Estado actual del uso y la conservación de los Bosque Nativos de la Argentina*. Fundación para la conservación de las especies y el medio ambiente (FUCEMA). 72 p.
- Castillo, F.E. y F.C. Sentis, 2001. *Agrometeorología*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 517 p.
- Di Rienzo J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C.W. Robledo, 2008. *Infostat, software estadístico, versión 2008*. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Exner, E.; C. D'Angelo y J. Pensiero, 2004. Vegetación y flora de la Reserva Universitaria de la Escuela Granja de Esperanza (Santa Fe, Argentina). *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 3 (1-2): 53-76.
- Google Earth, 2010. *Imagen satelital Sa Pereira*. Disponible en: <<http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>>.
- Grulke, M.; M. Brassiolo; F. Díaz Lanes; K. Obst; G. Ortíz; G. Soto y J. Michela, 2007. *Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco*. Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco. 135 pp. [en línea] Disponible en: <<http://produccion.chaco.gov.ar/Bosques/Forestal%20N/MANUAL.pdf>>.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR), 1991. *Carta de suelos de la República Argentina. Esperanza-Pilar*. INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina. 135 p.
- Karlin, U. y J. Bernasconi, 2005. *Tecnologías tradicionales. PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos)*. Argentina. 14 p. [en línea] Disponible en: <<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20MyE/TecTradicional.pdf>>.
- Lewis, J.P.; E.F. Pire; I.M. Barberis y D.E. Prado, 2006. Los bosques del espinal priestépico en las proximidades de la localidad de Coronda. Provincia de Santa Fe (Argentina). *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias* (Universidad Nacional de Rosario) 10: 13-26.
- Lewis, J.P.; I.M. Barberis; D.E. Prado y S. Noetinger, 2004. Los remanentes de bosques del Espinal en la provincia de Córdoba. *Revista Agromensajes de la Facultad 13*. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Rosario. [en línea] Disponible en: <<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/7AM13.htm>>.
- Palacios, R. y M. Brizuela, 2005. Prosopis: Historia y elementos para su domesticación. *Agrociencia IX* (1y2): 41- 51.
- Pensiero, J.; J. Muñoz y V. Martínez, 2005. *Etnobotánica*. PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos). Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085 - AR Región del Monte y del Espinal. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Universidad Nacional de Entre Ríos, Universidad Nacional del Litoral, Universidad Nacional de Córdoba, 45 pp.

- PIARFON (Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos, AR), 2005. *Estudio Forestal Monte y Espinal. Argentina*. 44 p. [en línea] Disponible en: <<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBYAP/File/A3/PIARFON%20MyE/Forestal.pdf>>.
- Sabattini, R. A.; N. Muzzachiodi y A. F. Dorsch, 2002. *Manual de prácticas de manejo del monte nativo*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. 56 pp. [en línea] Disponible en: <<http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/ecologia/libros/Manual%20Monte%20Nativo-CD1.pdf>>
- Simón, M. 2006. Componente forestal nativo (7-24). En: *Mesa Agroforestal Santafesina (Ed.) Bosques para siempre -las prácticas para un manejo sustentable de los bosques santafesinos-*. Imprenta Daphereikon, Santa Fe, Argentina.
- SMADES (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, AR), 2007. *Zonificación del bosque nativo. Sobre la parcela rural de la provincia de Santa Fe, por medio de imágenes satelitales*. Acosta Hnos. S.H., Santa Fe, Argentina. 48 p.
- Wadsworth, F.H. 2000. *Producción Forestal para América Tropical*. Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). 583 p.



TRABAJO CIENTÍFICO

Extracción con fluido supercrítico de polifenoles de suncho dulce (*Tessaria dodoneifolia*) de Santiago del Estero. Comparación con métodos convencionales

*Supercritical fluid extraction of polyphenols from sweet suncho (*Tessaria dodoneifolia*) from Santiago del Estero. Comparison with conventional methods*

Badami, P. A.¹; J. D. Barraza¹; I. E. Suarez¹; A. B. Vásquez¹; A. R. Salguero²; H. J. Boggetti² y E. A. González²

Recibido en abril de 2018; aceptado en agosto de 2018

RESUMEN

Tessaria dodoneifolia, conocida vulgarmente como *suncho dulce*, *chilca*, *chilca dulce*, entre otros, es un arbusto ramoso perteneciente a la familia de las *Asteraceae*, la más numerosa en nuestro país. Es una especie autóctona del monte santiagueño, utilizada por sus pobladores para diversos usos: desde la construcción con sus ramas de asadores para pescados, armazones para mosquiteros, con fines medicinales y como fuente de tintes naturales, entre otras. Como tantas especies nativas del monte, existe muy poca información acerca de ella, específicamente desde el punto de vista químico, crucial para otorgarles mayor valor como productos forestales no madereros. Sobre la base de estos antecedentes en este trabajo se informa acerca del contenido de polifenoles y flavonoides totales de esta especie obtenido por la técnica de Extracción por Fluido Supercrítico (EFS) comparándose con dos métodos convencionales de extracción: reflujo y maceración. Los resultados indican que si bien el contenido polifenólico por EFS es levemente menor que los obtenidos por los otros métodos, su contenido en flavonoides es mayor, indicando una mayor calidad y selectividad de la técnica EFS.

Palabras clave: *Tessaria dododeifolia*, fluido supercrítico, polifenoles.

ABSTRACT

The *Tessaria dodoneifolia*, aka *suncho dulce*, *chilca*, or *chilca dulce* among other names, is a branchy shrub belonging to the *Asteraceae* family, the most numerous in our country. It is a species native to the local forest, widely used by its inhabitants whether as a medicine or a source for natural dyes; its branches can even be employed in the construction of fish grills or flycatcher frames. As with other native species of the local forest, there is little information about the species, particularly from a chemical standpoint, which is crucial to heighten its value as a non-wooden forest product. Thus, this paper informs about the total polyphenolic and flavonoid content of this species obtained by supercritical fluid extraction (SFE) in comparison with other two conventional extracting methods, namely reflux and maceration. The results show that even though the polyphenolic content obtained by SFE is slightly lower than that by the other two methods, its flavonoid content is higher which highlights the quality and selectivity of this technique.

Key words: *Tessaria dodoneifolia*, supercritical fluid, polyphenols.

¹ Cátedra de Química Orgánica y Biológica. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero, Argentina. E-mail: evagon@unse.edu.ar

² Instituto de Ciencias Químicas. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Av. Belgrano (S) 1912. Santiago del Estero, Argentina

1. INTRODUCCIÓN

El monte ha sido y es proveedor de recursos naturales que permiten la subsistencia de sus pobladores, tanto a lo referido a la explotación de la madera como a la utilización de los bienes y servicios que ofrecen: los denominados *Productos Forestales No Madereros* (PFNM). A pesar de que la utilización de los productos del monte viene llevándose a cabo desde siempre, recién en los últimos tiempos ha crecido el interés en ellos debido a la concientización del ambiente y sus problemáticas y además, porque la producción y comercialización responsable de los PFNM pueden proveer alternativas para el desarrollo de las comunidades (López Camacho, 2008; Medina, 2010).

El monte santiagueño forma parte del denominado bosque Chaco Argentino, el cual es considerado de poca productividad si sólo se lo considera como proveedor de madera dura, hecho erróneo dado que el 80 % de la biomasa forestal es desaprovechada en las diferentes etapas de la industrialización de la madera (Giménez *et al.*, 2008). Sobre estos hechos resulta sumamente necesario revertir esta concepción y promover un aprovechamiento integral de los recursos naturales de la región.

En lo que respecta a PFNM del monte santiagueño son muy pocas las investigaciones destinada a ellos, especialmente en lo que respecta a su caracterización química. Conocer acerca de estas especies autóctonas significa conocer las potencialidades que ofrecen, las posibilidades de comercialización, estrategias de manejos sustentables y, finalmente, la conservación de estos recursos naturales.

Dentro de la flora autóctona de la provincia de Santiago del Estero se encuentra *Tessaria dodoneifolia*, un arbusto ramoso de dos a tres metros de alto perteneciente a la familia de las *Asteraceae*, la familia más numerosa en nuestro país. (Katinas *et al.*, 2007) Sus hojas son simples, opuestas, sésiles, lanceoladas. Las flores son de color rosado-lilacinas, Los nombres vernáculos o vulgares con los que se conoce son: *chilca*, *chilca dulce*, *chilca negra*, *suncho*, *suncho dulce*. Esta especie es oriunda de Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina siendo muy frecuente su presencia en el centro-norte del país. Crece en terrenos bajos, en general salitrosos, y cercanos a los cursos de agua. Florece y fructifica en primavera y verano. Con sus ramas, los indios tobas confeccionan asadores para pescados y armazones para mosquiteros. Las unidades floríferas son abortivas. La infusión de hojas frescas tiene propiedades antimicóticas y es usada para el tratamiento de la micosis vaginal (Rondina *et al.*, 2010). Las hojas de *Tessaria dodoneifolia* son dulces dado que contienen el dihidroflavonol dihidroquercetin 3-acetato, 80 veces más dulce que una solución al 2 % p/v de sacarosa representando una nueva clase de edulcorantes no calóricos de origen natural (Dhammika Nanayakkara *et al.*, 1988).

Dentro de las potencialidades de las especies vegetales se encuentra la de ser fuente de sustancias bioactivas con múltiples beneficios, tanto para la salud como para la industria, por ejemplo, proporcionando compuestos que contribuyan a preservar de alimentos, etc. (Valenzuela, *et al.*, 1992). Estas sustancias bioactivas incluyen a los denominados *polifenoles*. Los compuestos polifenólicos son una clase de biomoléculas que se originan en las plantas como producto de su metabolismo secundario y poseen variadas funciones fisiológicas y morfológicas (Ignat *et al.*, 2011).

En los últimos tiempos este grupo de sustancias ha despertado el interés de los investigadores debido a las numerosas propiedades que poseen y entre las que se destacan los efectos benéficos para la salud, específicamente la prevención de enfermedades crónicas (García-Lafuente *et al.*, 2009). Si bien el mecanismo por el cual estos compuestos influyen el metabolismo humano no se conoce en detalle, existen en la bibliografía resultados que indican que tienen propiedades antioxidantes, antialérgicas, antimutagénicas, antiinflamatorias, entre otras. (González y Nazreno, 2011; Miyazawa y Hisama, 2003; Singh *et al.*, 2011; Nichols y Katiya, 2010; Dos Santos *et al.*, 2006).

Los compuestos polifenólicos están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Entre los presentes en el reino vegetal se destacan ligninas, lignanos, taninos condensados e hidrolizables, ácidos polifenólicos y flavonoides.

Los flavonoides son los compuestos polifenólicos más frecuentes en los tejidos vegetales. La familia de estos compuestos incluye a varios subgrupos: flavonas, flavonoles, isoflavonoles, antocianinas, antocianidinas, proantocinidinas y catequinas. Todos los flavonoides derivan de los aminoácidos aromáticos fenilalanina y tirosina y poseen una estructura base de tres anillos. La variación en la estructura de acuerdo al patrón de hidroxilación, prenilación, alcalinización y glicosilación, modifican el núcleo base y dan lugar a las subfamilias dentro de los flavonoides. Al igual que el resto de los polifenoles presentan actividad antioxidante desempeñando un papel esencial en la protección frente a los fenómenos de daño oxidativo, y tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis o el cáncer. (Martínez-Flórez *et al.*, 2002)

En la determinación del contenido polifenólico de matrices naturales resulta sumamente importante la etapa de extracción. Al respecto, existen numerosas técnicas convencionales tales como maceración, Soxhlet, y reflujo. Estos métodos presentan ciertas desventajas tales como el empleo de solventes tóxicos y contaminantes como así también considerables consumos de energía. Una alternativa lo constituye la Extracción por Fluido Supercrítico (EFS) considerada una “técnica de extracción verde” (Ameer *et al.*, 2017). En esta técnica se utiliza, como solvente de extracción, un fluido en condiciones de presión y temperaturas supercríticas bajo las cuales presenta propiedades que son intermedias a las exhibidas por gases y líquidos. En particular, la densidad de un fluido supercrítico se puede cambiar variando la presión aplicada lográndose así valores de densidad tan próximos a los de un líquido. La EFS ofrece ventajas sobre los métodos convencionales por ser más eficiente llevándose a cabo en menos tiempo y consumir menos energía (calor). Por lo tanto, al no someter a la muestra a temperaturas elevadas se evitan reacciones indeseables tales como oxidaciones. Finalmente, lo que la hace más atractiva: no se utilizan solventes orgánicos o se utilizan en mínimas proporciones (cuando se necesita mejorar la polaridad del fluido) resultando un método amigable con el ambiente. Estos beneficios son particularmente importantes cuando el fluido utilizado es CO₂ dado que presenta ventajas prácticas tales como temperatura crítica baja (31 °C), no es tóxico, no es inflamable, es relativamente económico y puede ser fácilmente purificado y reciclado en un proceso de extracción continua. Existen en bibliografía trabajos en los que se comparan a los métodos convencionales con la EFS, tal como el de Herrera *et al.*, (2007), quienes llevaron a cabo un estudio comparativo de la capacidad antioxidante de extractos de *Baccharis incarum* obtenidos por Soxhlet, maceración y EFS utilizando CO₂ como solvente y etanol como cosolvente a distintas proporciones desde el 5 al 15 %. Los resultados obtenidos revelaron que la mayor potencia antioxidante correspondió a la extracción por Soxhlet seguido por maceración y EFS al 15 % de etanol. Un caso similar fue el informado por Ordoñez *et al.*, (2006) en su estudio de la extracción de cafeína a partir de granos de café mediante CO₂ supercrítico y Soxhlet usando acetato de etilo. A pesar que en esta última se obtuvo un mayor rendimiento que en la EFS, su especificidad resultó ser menor, poniendo en evidencia una ventaja de la extracción supercrítica sobre los métodos convencionales. Además, otros beneficios están relacionados a los costos de la operación, los cuales son menores para EFS además del hecho de ser una técnica amigable con el ambiente.

Sobre los antecedentes descritos anteriormente el objetivo de este trabajo fue determinar la composición de polifenoles y flavonoides totales de extractos de *Tessaria dodoneifolia* obtenidos por maceración, reflujo y EFS empleando CO₂ como fluido supercrítico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y preparación de las muestras

Las muestras de *Tessaria dodoneifolia* empleadas en este trabajo fueron recolectadas en el predio de la sede Zanjón de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en el mes de noviembre de 2016. Una vez recogidas fueron inmediatamente llevadas al laboratorio donde se seleccionaron ramas y tallos, se lavaron y se secaron en estufa a 40 °C hasta peso constante, para ser luego molidas con una picadora doméstica, y almacenadas herméticamente en oscuridad.

Extracción

Extracción por Reflujo (**ER**): 1 g de muestra seca de *Tessaria dodoneifolia*, ramas y tallos previamente molidos, fue colocada en 100 ml de etanol absoluto Ciccarelli en un equipo de extracción por reflujo y fue calentada a ebullición por el lapso de una hora. El tiempo de extracción fue seleccionado mediante ensayos previos que indicaron que ese tiempo era el mínimo necesario para obtener los máximos contenidos. Cumplidos los tiempos de extracción, los extractos fueron filtrados e inmediatamente analizados.

Extracción por Maceración (**EM**): se procedió de la misma manera que en la extracción por reflujo igual, esto es, se colocaron la misma cantidad de muestra y solvente, dejándose macerar 24 h a temperatura ambiente y protegidos de la luz.

Extracción por Fluido Supercrítico (**EFS**): el sistema de extracción empleado fue descrito por Giannuzzo *et al.*, (2003): en la celda de extracción se colocaron 0.35 g de *Tessaria dodoneifolia* seca y previamente molida. El fluido utilizado fue CO₂ y como cosolvente se empleó alcohol etílico absoluto para Análisis (ACS) marca Dorwil al 10 % v/v. La presión de la cámara fue de 9.0 MPa y la temperatura 50 °C. El tiempo de extracción correspondió a 30 min y fue determinado previamente, ya que se corroboró que el o los compuesto/s de interés se extraen entre los primeros 15 a 20 min. Los componentes de los extractos se recolectaron haciendo burbujear el fluido sobre una alícuota de alcohol etílico. Una vez obtenidos los extractos, se llevaron a un volumen final de 50 ml con etanol absoluto. Cada una de las extracciones se llevó a cabo por triplicado.

Determinación de polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales (PT) fue determinado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Ivanova *et al.*, 2005; Shaghghi *et al.*, 2008). Este método es ampliamente utilizado para la determinación de los PT totales presentes en una muestra y se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes formando complejos de un color azul intenso. Dado que el método es colorimétrico, la técnica implica la utilización de la espectroscopia UV-Vis leyéndose la absorbancia a 750 nm. A 0,5 ml de cada extracto se adicionó 0,6 ml del reactivo de Folin-Ciocalteu (Biopack) previamente diluido 1:2 con agua destilada. Transcurridos 5 minutos se agregó 0.6 ml de Na₂CO₃ al 20 % y se llevó a 10 ml con agua destilada. Luego del tiempo de incubación en ausencia de luz, 90 minutos a temperatura ambiente, se procedió a leer la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis Spectrum, modelo SP 2100 UV con cubeta de vidrio de 1 cm de paso óptico. El contenido de PT se obtuvo a partir de una curva de calibración ($y = 0,1089x + 0,0297$, $R^2 = 0,9986$), realizada con ácido gálico como compuesto de referencia (MP Biomedicals, Figura 1).

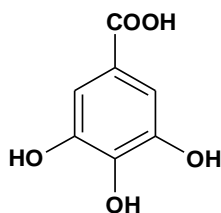


Figura 1. Estructura química del ácido gálico

Los resultados se expresan como *mg equivalentes a ácido gálico por g de muestra seca* (mg EAG/g MS). Los análisis se realizaron por triplicado informándose las correspondientes desviaciones estándar.

Determinación de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales (FT) fue determinado mediante el método espectrofotométrico basado en la formación de un complejo coloreado entre el AlCl_3 y los grupos carbonilo e hidroxilo del flavonoide (Figura 2), (Mabry *et al.*, 1970).

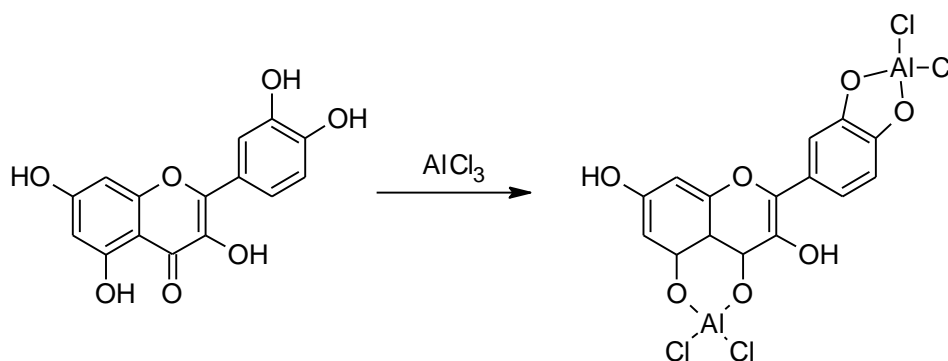


Figura 1. Ecuación química de la reacción entre el flavonol quercetina y cloruro de aluminio.

La formación de este complejo ocasiona un corrimiento batocrómico e hiperocrómico del espectro de absorción (Figura 3) pudiéndose de esta manera determinar el contenido de la muestra. Para la cuantificación se eligió como flavonoide de referencia a quercetina (Q) a partir de la cual se determinó la correspondiente curva de calibración ($y = 0,0591x + 0,0034$, $R^2 = 0,9991$). El procedimiento consistió en agregar a un matraz 1,5 ml de etanol, 0,2 ml de solución metanólica de AlCl_3 al 5 %, 0,1 ml de solución de acetato de sodio 1M, alícuotas de la solución de Q y se llevó a volumen final de 5 ml con agua destilada. Luego de 30 minutos se procedió a la lectura de la absorbancia a 415 nm. Para la determinación del contenido de FT de las muestras de *Tessaria dodoneifolia* se procedió de la misma manera que la descrita anteriormente sólo que en lugar de adicionar la solución patrón de quercetina se adicionó 0,5 ml del extracto etanólico. El contenido se expresó como *mg equivalentes a quercetina por g de materia seca*, mg EQ/g MS. Todos los análisis se realizaron por triplicado, informándose las correspondientes desviaciones estándar.

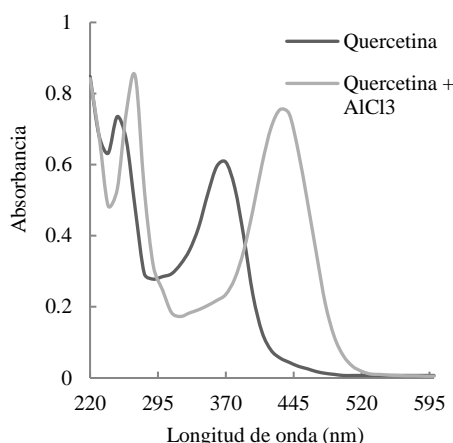


Figura 2. Corrimientos espectrales por reacción de quercetina con cloruro de aluminio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se indican los resultados obtenidos por las diferentes técnicas de extracción empleadas.

Tabla 1. Contenido polifenólico total (PT) expresado como mg EAG/g de MS y contenido de flavonoides totales (FT) expresados como mg EQ/g MS para extractos etanólicos de *T. dodoneifolia*. ER: extracción por reflujo. EM: extracción por maceración 24 h. EFS: extracción por fluido supercrítico.

Tipo de extracción	PT mg EAG/g de MS	FT mg EQ/g MS
ER	36,40 ± 0,87	14,06 ± 0,46
EM	32,93 ± 0,37	13,33 ± 0,15
EFS	27,07 ± 1,09	20,20 ± 1,16

Los valores obtenidos para PT están en concordancia con los reportados en la bibliografía. Petacci *et al.*, (2012), informan el contenido PT, determinado por el método de Folin-Ciocalteu, de extractos de hierbas de la especie *Asteraceae* que van desde 32.65 ± 0.70 (*Lychnophora ramosissima*) a $147,97 \pm 2,66$ mg/g. Este contenido parece conferir a la familia de las *Asteraceae* actividad insecticida, principalmente hacia las especies Lepidoptera, Orthoptera e Hymenoptera.

El contenido de FT se encuentra dentro del rango de lo informado en bibliografía para otras especies similares. Torres Carro *et al.* (2015) reporta que *Tessaria absinthioides* tiene un contenido de flavonas/flavonoles que varía entre 21-24 μg equivalente de quercetina/mg peso seco, además observa que mezclada con otras dos especies nativas (*Parastrephia lucida* y *Ephedra multiflora*) son capaces de inhibir a la enzima lipoxigenasa, asociada a la aparición de enfermedades crónicas.

En relación al tipo de técnica de extracción utilizada muestran que los métodos convencionales (reflujo y maceración) presentan contenidos similares, siendo los obtenidos por reflujo levemente superiores tanto para PT como para FT. Este resultado es esperado dado que el calor mejora la eficiencia de la extracción al mejorar la velocidad de difusión y la solubilidad de las sustancias a extraer. Sin embargo, también es un hecho conocido que la extracción con altas temperaturas provoca simultáneamente la degradación de las sustancias.

Para la EFS el contenido polifenólico total es menor que los obtenidos por métodos convencionales, aproximadamente un 25 % menos que el obtenido por ER. Sin embargo, para el caso de flavonoides totales, con la EFS se obtuvo un contenido un 30 % más que por las técnicas convencionales. Este hecho pone de manifiesto una de las características de la metodología: su selectividad la cual podría deberse a cuestiones relacionadas con la solubilidad de los compuestos en el fluido supercrítico. El CO₂ solubiliza mejor a sustancias apolares o muy poco polares dentro de las cuales se encuentran los flavonoides, mientras que los polifenoles, tales como el ácido gálico, tienen un carácter polar y por ende son menos solubles en el fluido supercrítico, hecho observado en los resultados obtenidos (Ignat *et al.*, 2011; Ameer *et al.*, 2017).

Más allá de los resultados obtenidos, resulta importante destacar el hecho de que la EFS es una técnica con numerosas ventajas tales como: la rapidez en la extracción, la eficiencia, el bajo costo y el no consumo de solventes orgánicos, tóxicos y contaminantes, por lo que es una técnica preferible a los métodos convencionales.

4. CONCLUSIONES

Tessaria dodoneifolia es una potencial fuente de sustancias polifenólicas que le confieren propiedades benéficas no sólo para la salud sino también para ser utilizadas en la industria. Dentro de los compuestos que pueden obtenerse de sus extractos, se destacan los flavonoides, sustancias sumamente valiosas para la industria farmacéutica y cosmética, entre otras.

Para la extracción de estos metabolitos se puede recurrir a diferentes técnicas convencionales tales como las que se usaron en este trabajo, sin embargo, debido a la tendencia a preferir técnicas amigables con el ambiente, la extracción por fluido supercrítico, EFS es una excelente alternativa. En este trabajo se compararon los resultados obtenidos por las técnicas convencionales frente a EFS. Si bien los resultados obtenidos por EFS en este trabajo no mostraron un mayor rendimiento en la bajo esta técnica, se obtuvo un extracto de mayor calidad en lo que respecta a su composición poniendo en evidencia una las tantas ventajas que ofrece, además de menores tiempos de operación, menores costos y mayor cuidado del ambiente.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Forestales. UNSE. Al Consejo de Investigaciones en Ciencia y Tecnología. UNSE. Al Consejo Interuniversitario Nacional (CIN).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ameer, K.; H. M. Shahbaz y J. Kwon. 2017. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 00, 1-21.
- Dhammika Nanayakkara, N. P.; R. A. Hussain; J. M. Pezzuto; D. D. Soejarto y A. D. Kinghorn. 1988. An Intensely Sweet Dihydroflavonol Derivative Based on a Natural Product Lead Compound. *Journal of Medicinal Chemistry* 31, 1250-1253.
- Dos Santos, M. D.; M. C. Almeida; N. P. Lopes y G. E. P. De Souza. 2006. Evaluation of the Anti-inflammatory, Analgesic and Antipyretic Activities of the Natural Polyphenol Chlorogenic Acid. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 29, 11, 2236-2240.
- García-Lafuente, A.; E. Guillamón; A. Villares; M. A. Rostagno y J. A. Martínez. 2009. Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*. 58, 537-552.
- Giannuzzo, N.; M. Nazareno; H. Mishima; H. Boggetti. 2003. Supercritical Fluid Extraction of Naringin from *Citrus Paridisis* L. *Phytochemical Analysis*. 14, 221-223.

- Giménez, A. M.; J. G. Moglia; P. Hernández y R. Gerez. 2008. La factibilidad de incrementar el valor de los bosques del Chaco mediante el aprovechamiento de la corteza forestal. *Quebracho* 15: 9-14.
- González, E. A. y M. A. Nazareno. 2011. Antiradical action of flavonoid-ascorbate mixtures. *LWT - Food Science and Technology* 44, 558-564
- Herrera, S. Y.; I. C. Zampini; R. D'Almeida; H. Boggetti y M. I. Isla. 2007. Extracción con fluido supercrítico de compuestos con capacidad Antioxidante de *Baccharis incarum*: comparación con métodos convencionales. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 6 (5), 250-251.
- Ignat, I.; I. Volf y V. I. Popa. 2011. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry* 126, 1821-1835.
- Ivanova, D.; D. Gerova; T. Chervenkov y T. Yankova. 2005. Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. 96, 145-150.
- Katinas, L.; D. G. Gutiérrez; M. A. Grossi y J. V. Crisci. 2007. Panorama de la familia *Asteraceae* (= *Compositae*) en la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 42 (1-2), 113-129.
- López Camacho, R. 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombia Forestal* Vol. 11: 215-231.
- Mabry, T. J.; K. R. Markham y M. B. Thomas. 1970. *The Systematic Identification of Flavonoids*. Springer-Verlag, London.
- Martínez-Flórez, S.; J. González-Gallego; J. M. Culebras y M.^a J. Tuñón. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria* XVII (6) 271-278.
- Medina, J. C. 2010. Productos Forestales no madereros: su potencialidad en el Chaco Semiárido. Italia. Country Compass, *Non woods news* 21. FAO. Español.
- Miyazawa, M. y H. Hisama. 2003. Antimutagenic Activity of Flavonoids from *Chrysanthemum morifolium*. *Biosci. Biotechnol. Biochemistry* 67, 10, 2091-2099.
- Nichols J. A. y S. K. Katiya. 2010. Skin photoprotection by natural polyphenols: anti-inflammatory, antioxidant and DNA repair mechanisms. *Archives of Dermatological Research*. 302, 2, 71-83.
- Ordoñez, A. F.; N. Y. Rojas; F. Parada; I. Rodríguez. 2006. Estudio comparativo de la extracción de cafeína con CO₂ supercrítico y acetato de etilo. *Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes*. 24, 23-33.
- Petacci, F.; W. S. Tavares; S. S. Freitas; A. M. Teles; J. E. Serrão y J. C. Zanuncio. 2012. Phytochemistry and Quantification of Polyphenols in Extracts of the *Asteraceae* weeds from Diamantina, Minas Gerais State, Brazil. *Planta Daninha, Viçosa-MG*. 30, 1, 9-15.
- Rondina, R. V. D.; A. L. Bandoni y J. D. Coussio. 2010. Argentine medicinal plants with potential antifungal activity. *Domínguezia*. 26,1, 31-39.
- Shaghghi, M.; J. L. Manzoory y A. Jouyban. 2008. Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin-Ciocalteu spectrophotometric method. *Food Chemistry*. 108, 695-701.
- Singh, A.; S. Holvoet y A. Mercenier. 2011. Dietary polyphenols in the prevention and treatment of allergic diseases. *Clinical & Experimental Allergy*. 41, 10, 1346-1359.
- Torres Carro, R.; M. I. Isla; M. R. Alberto. 2015. *Actividad antioxidante e inhibición de la enzima lipoxigenasa de preparados fitoterápicos*. Resúmenes X Simposio Nacional de Biotecnología REDBIO Argentina. San Miguel de Tucumán. [en línea] Disponible en: <<http://redbioargentina.org.ar/simposio2015/resumenes/presentados/BV51.pdf>>
- Valenzuela, A.; S. Nieto; B. K. Cassels y H. Speisky. 1992. Inhibitory effect of boldine on fish oil oxidation. *Journal of American Oil Chemists Society*, 68, 935- 937.



TRABAJO CIENTÍFICO

Germination of three Fabaceae species of interest for ecological restoration in the Southern Monte, Patagonia, Argentina

Germinación de tres especies de Fabaceae de interés para la restauración ecológica en el Monte Austral, Patagonia, Argentina.

Paredes, D. A.^{1,2}; M. E. Rodríguez Araujo^{1,2} y D. R. Pérez¹

Recibido en febrero de 2018; aceptado en agosto de 2018

RESUMEN

Grandes áreas del Monte Austral han sido severamente degradadas por el pastoreo excesivo y actividades de extracción de petróleo. La rehabilitación y la restauración a través de la plantación de especies nativas se consideran alternativas adecuadas para revertir este problema. En particular se recomiendan plantaciones de especies de Fabaceae para reiniciar la sucesión ecológica porque pueden mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos y por su capacidad para fijar nitrógeno. Además, esta familia incluye numerosas especies que proporcionan forraje, madera, ornamentación y materiales con potencial uso industrial, y pueden incluirse en aquellos proyectos de restauración que integren objetivos sociales y ecológicos. Para explorar la aptitud de estas especies en la rehabilitación y restauración de áreas degradadas, inicialmente es necesario evaluar qué tratamientos pregerminativos son apropiados para una germinación rápida y uniforme de las semillas en vivero. En este contexto, el objetivo de nuestro estudio fue determinar el efecto de los tratamientos de escarificación química (durante 5 y 45 minutos) y los tratamientos húmedos y fríos (durante 7 y 30 días) sobre la germinación de las siguientes especies: *Parkinsonia praecox* (Chañar breá), *Prosopidastrum striatum* (Manca caballos) y *Senna aphylla* (Pichanilla). Las tres especies estudiadas tuvieron mayores porcentajes de germinación con escarificación química durante 45 minutos, mientras que los tratamientos húmedo-frío no difirieron del control. Concluimos que la escarificación ácida es adecuada para la propagación a gran escala de estas especies, ya que permite tratar grandes cantidades de semillas en poco tiempo y con resultados homogéneos.

Palabras clave: *Parkinsonia praecox*, *Prosopidastrum striatum*, semillas, *Senna aphylla*, tratamientos pregerminativos.

ABSTRACT

Large areas of the Southern Monte in the Patagonia have been severely degraded by overgrazing and oil extraction activities. Rehabilitation and restoration by planting native species are suitable alternatives to reverse this problem. Planting Fabaceae species is particularly recommended to reinitiate the ecological succession because of their ability to improve the soil physical and chemical properties as well as their nitrogen-fixing capability. In addition, this family includes several species that are used as fodder, timber, and for decorative and industrial uses. Thus, these species can be included in restoration projects that integrate social and ecological goals. To explore the suitability of these species for the restoration and rehabilitation of degraded areas, it is necessary to assess what pre-germination treatments are appropriate to obtain a fast and uniform germination in nursery gardens. The goal of this study was to determine the effect of chemical scarification treatments (5 or 45 minutes) and wet-cold treatments (7 or 30 days) on the germination of the following species: *Parkinsonia praecox*, *Prosopidastrum striatum*, and *Senna aphylla*. The three studied species showed the highest germination percentages with chemical scarification during 45 minutes, while the wet-cold treatments did not differ from the control. In conclusion, the acid scarification treatment is suitable for the large-scale propagation of these species because a substantial quantity of seeds can be treated in a short time and with homogeneous results.

Key words: *Parkinsonia praecox*, *Prosopidastrum striatum*, seeds, *Senna aphylla*, pre-germination treatments.

¹ Laboratorio de Restauración y Rehabilitación de Ecosistemas Áridos y Semiáridos. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud. Universidad Nacional del Comahue. Neuquen. Argentina. E-mail: daniela.paredes@facias.uncoma.edu.ar

² CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

1. INTRODUCTION

The Monte comprises 50 million hectares and is considered the most arid region of Argentina (Abraham *et al.*, 2009). Due to ecological differences throughout its great extension, it is divided into three districts: Northern, Eremea, and Southern (Roig, 2009). The Southern District is located south of the Colorado River and is characterized by a landscape of Patagonian plateaus and scarcity of trees (Movia *et al.*, 1982). Unfortunately, the Southern Monte has been degraded by overgrazing and oil extractive activities (Guevara *et al.*, 1997; Busso and Fernández, 2017). As a result, areas with bare soil, landscape fragmentation, and desertification have increased (Fiori and Zalba, 2003; Mazzonia and Vazquez, 2009).

Active restoration works by planting native species are needed to reverse the degradation of the Monte (Bertiller and Bisigato, 1998; Pérez *et al.*, 2011). One of the plant families recommended to restore degraded areas in arid zones is the Fabaceae (Aronson *et al.*, 1993; Bainbridge, 2007; Padilla *et al.*, 2009) because many species of this family can improve the physical and chemical properties of soils and can fix nitrogen from the atmosphere (China *et al.*, 2004, Córdova-Sánchez *et al.*, 2011, Castellano-Hinojosa *et al.*, 2016). Different authors highlighted the importance of this plant family to facilitate ecological succession (Van Andel *et al.*, 1993) and to achieve a self-sustaining recovery of arid environments (Marrs *et al.*, 1981). In addition to its ecological contribution, this family includes numerous species that provide fodder, timber, and materials for decorative and industrial purposes (Burkart, 1952; Lewis *et al.*, 2005; Barboza *et al.*, 2009). Thus, they can be used in productive restoration projects that pursue both ecological and social goals (Cecon, 2013). However, restoration projects in large desertified areas of the Monte in the Patagonia require many seedlings, for which different propagation techniques can be used, such as sexual reproduction from seeds, division of vegetative parts, and seedling rescue. The importance of using seeds lays in their genetic variability, which confers a higher likelihood of survival through the process of natural selection (Gold *et al.*, 2004; Fenner and Thompson, 2005). Germination treatments for certain Fabaceae from arid zones of Argentina showed dissimilar results according to different authors and the origin of the seeds (Funes and Venier, 2006; Masini *et al.*, 2012; Galindez *et al.*, 2016; Rodríguez Araujo *et al.*, 2017; Zapata *et al.*, 2017). In particular, in the Southern Monte, the results of pre-germination treatments showed significant variations in the germination percentage of *Ephedra ochereata* Miers even throughout distances of approximate 500 km (Rodríguez Araujo *et al.*, in review). For other Fabaceae species from Southern Monte and Patagonia, the most effective duration of chemical scarification treatments differed according to the biogeographical origin of the species (Rodríguez Araujo *et al.*, 2017).

In this paper, we assessed the effectiveness of different germination treatments for three species of Fabaceae native to the Monte used as livestock fodder and have potential value for ecological restoration (Von Müller *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2010; Muiño, 2010): *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins; *Senna aphylla* (Cav.) H.S. Irwin & Barneby, and *Prosopidastrum striatum* (Benth.) R.A. Palacios & Hoc. Based on the hypothesis that the effectiveness of pre-germination treatments differs according to the species, the objectives of this study were the following:

- To evaluate the effect of different treatments on the germination of *Parkinsonia praecox*, *Prosopidastrum striatum*, and *Senna aphylla*.
- To assess if prolonged periods under humid conditions allow the germination of the three species; and
- To determine which treatment achieves the highest germination in a fast and uniform way for its application in restoration projects.

2. MATERIALS AND METHODS

Study area

Seed collection was carried out in the Southern Monte, to the east of the Neuquén Province, below 400 m.a.s.l. The average annual rainfall is less than 200 mm, with a maximum rainfall in spring and winter and a minimum in summer (Morello, 1958). The average temperature is 13-14 °C, while the monthly averages of day and night temperatures vary between 28 °C and 15 °C in January and 7 °C and 2 °C in July, respectively. Vegetation occupies 45% of the area and is distributed in oval patches formed by shrubs and grasses (Busso and Bonvissuto, 2009). The dominant shrubs are *Larrea divaricata* Cav., *L. cuneifolia* Cav., *L. nitida* Cav., *Monttea aphylla* (Miers.) Benth. and Hook. var. *aphylla*, *Boungainvillea spinosa* (Cav.) Heimerl, *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr., *Schinus johnstonii* F. A. Barkley, and *Lycium chilense* Miers ex Bertero. Different species of grasses are commonly associated with these shrubs, such as *Pappostipa speciosa* (Trin. and Rupr.) Romasch, *Eremium erianthum* (Phil.) Seberg & Linde-Laursen, and *Poa ligularis* Nees ex Steud. (Movia *et al.*, 1982).

Distribution, main characteristics of the species, and known uses

- *Parkinsonia praecox* (previously called *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook.) Harms *ssp. glaucum* (Cav.) Burkart & Carter).

Distributed in Argentina coincidentally with the phytogeographic province of the Monte (Martínez Carretero, 1986), it is a shrub up to 2.5 m high, short trunk, green bark. The flowers are 10-14 mm, yellow, with a small number of flowers in each cluster. The legume measures 3-8 x 0.5-1.5 cm, is ellipsoid to oblong and compressed. The seeds measure 3-4 mm and are ovoid, greenish with brownish streaks (Correa, 1984; Martínez Carretero, 1986). This species lives in extremely arid sites and grows well in rocky cracks and on stony hillsides with up to 80-90% slope (Correa, 1984). It blooms in spring and summer and bears fruits in late summer and early fall. The gum that is exuded from its bark is used for candy and as glue. Due to the rapid decomposition of its wood, it has little application as fuel (Alesso *et al.*, 2003).

- *Prosopidastrum striatum*

It is distributed from the south of Mendoza and the north of Neuquén provinces, in an easterly direction, towards the south of the Buenos Aires province, and along the Patagonian coast up to Santa Cruz province (Palacios and Hoc, 2005). It is a shrub of 1-1.5 m high, with stiff, sharp branches, 2-5 mm in diameter at the base and arranged at 35-90° with respect to their carrier axis. It has capituliform inflorescences, 7-13 mm in diameter, with 15-25 flowers. The dry fruit has a linear to elliptical or oblong outline, dehiscent by the ventral suture, or indehiscent (lomento) that is disarticulated in 3-19 monospermic pods. The seeds have an oval outline and a fissured line interrupted near the micropyle (Palacios and Hoc, 2005). It is used as fodder, especially for horses that prefer hard pastures (Muiño, 2010).

- *Senna aphylla*

Widely distributed, it is one of the characteristic members of the phytogeographic province of the Monte between 50 and 1,800 m.a.s.l. (Correa, 1984). It is a shrub or sub-shrub of 0.40-1.50 m in height. Branches measure 0.75-4 mm in diameter and are flexible, glabrous, with an untidy appearance, and slightly pendulous ends. The flowers are located in simple clusters arranged along the top of the branches, with yellow-orange petals. The fruit is a straight or slightly curved legume with seeds in oblique longitudinal position (Correa, 1984; Gandullo *et al.*, 2004). It is used as natural fodder in arid zones, firewood, and for manufacturing brooms, fences, and rural roofs; it is also used as a medicinal and ornamental plant (Gruneisen, 1996; Palacio, 2010).

Collection and processing

The site and date of collection was different for each species since the legumes were obtained directly from the plants when they reached maturity (Table 1). Collecting protocols were followed to ensure a representative sample of the genetic variability, which implied collecting at least 30 healthy plants without exceeding 20% of mature fruits per plant at the time of collection (Gold *e al.*, 2004; Ulian *et al.*, 2008). The seeds collected from each species were gathered in a set (seed pool) for the experiments.

Then, the seeds were stored in the Germplasm Bank of the “Árido” (Rodríguez Araujo *et al.*, 2015) in a controlled freezer at -8 °C until the time of the experiment. This temperature is within the range recommended by Johnson (1983) to maintain seed viability and prevent insect damage in other Fabaceae.

Table 1. Collecting sites and dates

Species	Origin	Coordinates	Collecting dates	Germination testing dates
<i>Parkinsonia praecox</i>	Aguada San Roque	38°00'00.60" South 68°55'22.03" West	December 2010	June 2011
<i>Prosopidastrum striatum</i>	Dique Planicie Banderita	38°36'30.78" South 68°24'43.20" West	January 2013	May 2013
<i>Senna aphylla</i>	Aguada San Roque	38°00'00.60" South 68°55'22.03" West	December 2010	June 2011

Germination treatments

Two chemical scarification times were applied using sulfuric acid: 5 minutes (Ch5) and 45 minutes (Ch45). Likewise, two wet-cold treatments were tested: 7 days (Wc7) and 30 days (Wc30), together with a control group without any treatment (C). For the chemical scarification treatment (Ch5 and Ch45), seeds of each species were placed in beakers, and 98 % sulfuric acid was added until they were completely covered. The mixture was periodically stirred with a glass rod for the time corresponding to each treatment. Then, the mixture was drained in a plastic strainer placed on a funnel to collect the acid waste in a suitable container for storage until its final disposal. The seeds were rinsed with running water and placed on blotting paper.

For the wet-cold treatments (Wc7 and Wc30), plastic trays covered with a cotton layer moistened with water were used. A layer of paper napkins was placed on top of the cotton to hold the seeds. A new layer of napkins was placed on top of the seeds, followed by another layer of cotton. Subsequently, the cotton was sprayed with a fungicide to prevent fungal growth (Willan, 2000). Finally, the layers were covered with another plastic tray, and the whole sets were placed in a refrigerator at 4 °C and in the dark for the duration of each treatment.

Germination assays

For the germination tests, the seeds were placed in Petri dishes of 9 cm in diameter with filter paper. Subsequently, they were placed in a germination chamber at a minimum temperature of 10 °C ± 1 °C during 12 hours of dark and at a maximum temperature of 20 °C ± 1 °C during 12 hours of light, which represents the conditions in which the seeds would be during autumn germination (Paez *et al.*, 2005). Germination (i.e., the emergence of the radicle) was recorded every other day for a period of 42 days, and the germinated seeds were removed from the box.

To assess the effect of the treatments, the germination percentage at the end of the experiment and the average germination times (AGT) were calculated. The AGT is the average number of days a single seed takes to germinate, calculated by the following formula (Ranal and Santana, 2006):

$$AGT = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

Where: f_i is the number of days since the beginning of the germination experiment, and x_i is the number of seeds that germinated within consecutive time intervals.

Statistical analysis

A completely randomized design with one factor and five levels (treatments) was used. There were three replicates of 30 seeds each. The data was analyzed with an ANOVA using the InfoStat software. The assumptions of normality were evaluated using the modified Shapiro-Wilk test, and the homogeneity of variance was assessed using the Levene test. The analyses of the germination percentage of *P. striatum* and the AGT of *S. aphylla* were performed using the Kruskal Wallis nonparametric test because the assumption of homogeneity of variance was not met. In all cases, the significance level was 0.05.

3. RESULTS

Germination assays

The three studied species presented the highest germination percentages with the Ch45 treatment: 82.2 % for *P. praecox*, 75.5 % for *P. striatum*, and 100 % for *S. aphylla* (Figure 1). The Ch5 treatment produced intermediate germination values (higher than the control group but lower than those with Ch45) for the species *S. aphylla*. In the case of *P. praecox* and *P. striatum*, Ch5 did not produce significant differences in germination compared to the control. Likewise, the wet-cold treatments (Wc7 and Wc30) did not show significant differences in germination compared to the control for the three studied species.

When analyzing the germination results as a function of time (Figure 2), we found that *P. praecox* rapidly increased the germination percentage with Ch45 after 4 days since the beginning of the experiment (60 %) and peaked (82.2 %) on day 36. In this species, the treatments Ch5, Wc7, Wc30 and the control showed gradual germination throughout the experiment with maximum values of 34.4, 17.8, 17.8 and 20 %, respectively. The species *P. striatum* also responded well to the Ch45 treatment since it reached 50 % germination on day 11 and a maximum of 75 % on day 32. In the Ch5 and control treatments, the seeds germinated on day 14 and reached a value of 18.8 % on day 42 and 4.4 % on day 39, respectively. In the Wc7 and Wc30 treatments, the germination was slower and reached only 5.6 % and 6.7 % on days 30 and 28, respectively. *S. aphylla* germinates in a fast and homogeneous manner with the Ch45 treatment since it exceeded 90% germination 4 days after the beginning of the experiment and reached 100 % on day 8. The response to the Ch5 treatment was similar but with lower germination percentages (83.3 %). Unlike the experimental treatments, the germination of the control was slower and reached only 20 %. The Wc7 and Wc30 treatments were also slower and had germination percentages lower than the control (14.4 %).

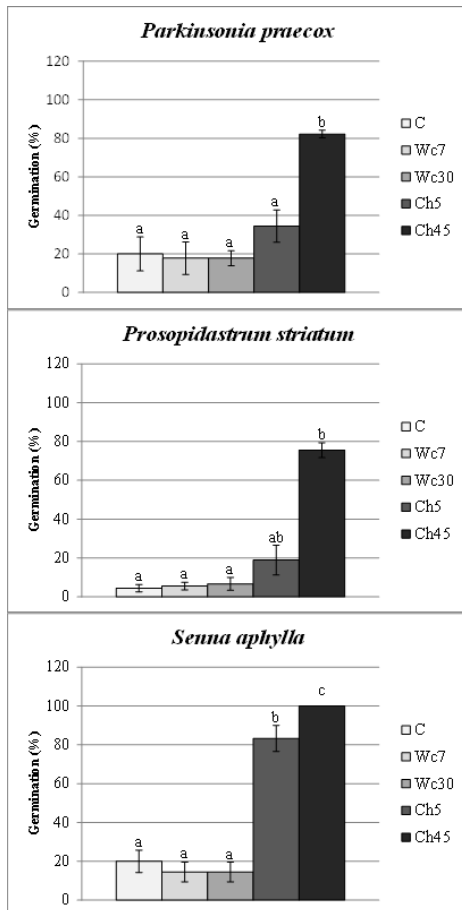


Figure 1. Germination percentage for each species at the end of the experiment (mean and standard deviation) according to each treatment (C: control; Wc7: Wet-cold 7 days; Wc30: Wet-cold 30 days; Ch5: Chemical scarification 5 minutes; Ch45: Chemical scarification 45 minutes). Different letters indicate significant differences at $p < 0.05$.

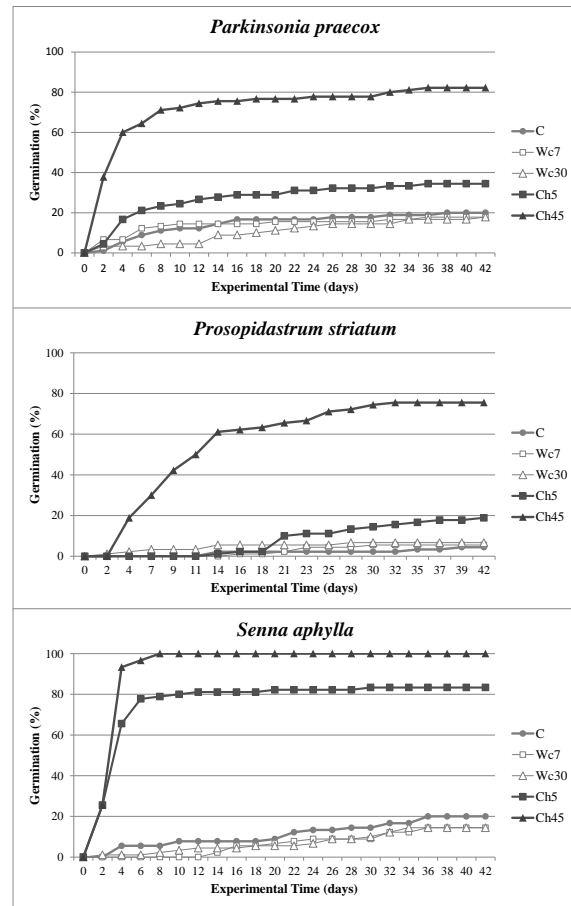


Figure 2. Accumulated germination percentage over time for each species according to each treatment (C: control; Wc7: Wet-cold 7 days; Wc30: Wet-cold 30 days; Ch5: Chemical scarification 5 minutes; Ch45: Chemical scarification 45 minutes).

For *P. praecox* non-significant differences were found in the AGT of the different treatments and the control group. However, the AGT of the Ch45 treatment was significantly lower than that of the Wc30. The AGT of *P. striatum* did not show differences among treatments and control probably due to the high variability of the results. In the case of *S. aphylla*, the Ch45 chemical scarification treatment showed a lower AGT (4.2 days) than Ch5, Wc7, Wc30 and the control (Figure 3).

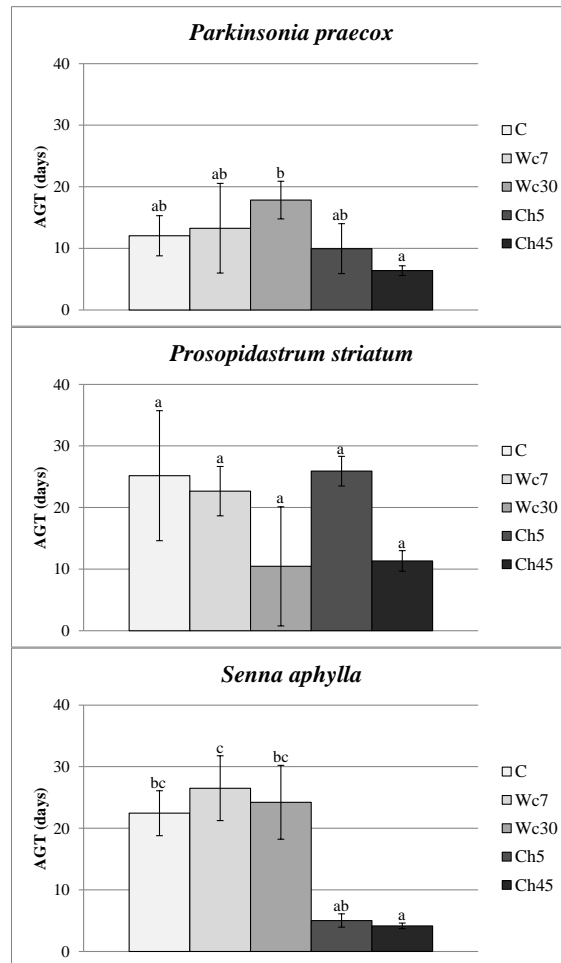


Figure 3. Average Germination Time (AGT) for each species according to each treatment (C: control; Wc7: Wet-cold 7 days; Wc30: Wet-cold 30 days; Ch5: Chemical scarification 5 minutes; Ch45: Chemical scarification 45 minutes).

4. DISCUSSION

The high germination percentages achieved using acid scarification showed the need for carrying out pre-germination treatments to obtain a fast and homogeneous germination. This result is consistent with the need of pre-germination treatments for other species of Fabaceae (Sanabria *et al.*, 2001; Pece *et al.*, 2013; Campos and Velez, 2015; Galíndez *et al.*, 2016). Species, subspecies, varieties, and seed sources constitute critical factors because they can cause significant differences in the outcomes of germination experiments (Cervantes *et al.*, 2014; Rodríguez Araujo *et al.*, 2017). For instance, research performed in the “Chaco Seco” (northern Argentina) with *Cercidium praecox* subsp. *praecox* (currently named *Parkinsonia praecox*) demonstrated the presence of physical dormancy that, after mechanical scarification (Funes *et al.*, 2009) and chemical scarification with sulfuric acid for 3 minutes (Pece *et al.*, 2013) resulted in germination percentages over 90 %. These results differ from those obtained in the present study for *Parkinsonia praecox* (previously called *C. praecox* subsp. *glaucum*) in the Southern Monte, where the germination percentage did not exceed 40 % when the acid was left for only 5 minutes. Instead, a high germination percentage was obtained using sulfuric acid for 45 minutes.

Within the genus *Prosopis* (Fabaceae), mixed results have been obtained according to the different origins of the Patagonian species (Vilela and Ravetta, 2001; Pentreath *et al.*, 2005; Zeberio and Calabrese, 2013). In the case of *Prosopis alpataco* Phil., the disparity among the

reported results with seeds from the Neuquén ranged from the absence of physical dormancy (Galíndez *et al.*, 2016) to the lack of germination without scarification (Rodríguez Araujo *et al.*, 2017). In the case of *Senna aphylla*, physical dormancy and high germination percentages with mechanical and chemical scarification were also found (Funes, *et al.*, 2009; Galíndez *et al.*, 2016). In the latter study, using seeds from the Neuquén province without specifying their locality, germination percentages higher than 90% and low AGT were obtained with ten minutes of acid exposure. In this study, similar germination percentages were obtained with 5 and 45 minutes of acid scarification (83.3 % and 100 %, respectively); however, the AGT were higher (5 ± 1.1 days and 4.2 ± 0.4 days, respectively). In other ecosystems, differences in germination have also been found depending on the distance among collection sites (Pérez-Domínguez *et al.*, 2013).

In addition, no other study has evaluated the suitability of germination treatments to break the dormancy of *Prosopidastrum striatum*. Thus, the present work constitutes the first assessment of adequate treatments to enable the germination of this species.

The high germination percentages achieved for the three studied species through acid scarification broaden the diversity of species available for restoration projects in the Southern Monte. The reintroduction of seedlings of these Fabaceae species in severely degraded sites can kick-start plant succession, facilitating the establishment and growth of other plant species and contributing to increased soil fertility (Marrs *et al.*, 1981; Gilbert and Anderson, 2003).

5. CONCLUSIONS

Based on these results, it is concluded that the chemical scarification treatment with sulfuric acid during 45 minutes is the best treatment for the three studied species. Acid scarification is applicable for the propagation of species on a large scale because it allows treating large quantities of seeds in a short period of time and with consistent results. Thus, this technique is suitable for ecological restoration projects using both seedlings produced in nursery gardens and in direct seeding assays in the field. Furthermore, the mere presence of moisture for long periods of time does not produce high germination percentages for *P. praecox*, *S. aphylla*, and *P. striatum* from the studied origins.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the financial support of the research project 04/U007 and the FUNYDER (Fundación de la Universidad Nacional del Comahue para el Desarrollo Regional). Likewise, the authors are grateful to the members of LARREA who participated in seed collections and to Adriana Rovere and the Laboratorio Ecotono (CRUB) where part of the germination experiments were carried out. We also thank Professor Ricardo Gandullo for the taxonomic identification of the specimens of *Prosopidastrum striatum*.

REFERENCES

- Abraham, E.; H. F. del Valle; F. Roig; L. Torres; J. O. Ares; F. Coronato and R. Godagnone. 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments* 73(2):144-153.
- Alesso, S. P.; P. Araujo and R. Tapias. 2003. Aprovechamiento de la goma de brea (*Cercidium praecox*) en bosques secundarios del Parque Chaqueño Seco. Influencia del tamaño de las heridas sobre la producción. *Quebracho* 10:60-70.
- Aronson, J.; C. Floret; E. Floch; C. Ovalle and R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A View from the South. *Restoration ecology* 1(1):8-17.

- Bainbridge, D. 2007. *A Guide for Desert and Dryland Restoration. New hope for Arid Lands*. Island press. Washington. USA. 391 p.
- Barboza, G. E.; J. J. Cantero; C. Núñez; A. Pacciaroni and L. Ariza Espinar. 2009. Medicinal plants: A general review and a phytochemical and ethnopharmacological screening of the native Argentine Flora. *Kurtziana* 34(1-2):7-365.
- Bertiller, M. B. and A. Bisigato. 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state-and-transition model for the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8:191-19.
- Burkart, A. 1952. *Las Leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas*. Ed. ACME, Buenos Aires. 569 p
- Busso, C. A. and G. L. Bonvissuto. 2009. Structure of vegetation patches in northwestern Patagonia, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 18(11):3017-3041.
- Busso, C. A. and O. A. Fernández. 2017. Arid and semi-arid rangelands of Argentina. In: Gaur, M.K. and Squires, V.R. (Eds.), *Climate Variability Impacts on Land Use and Livelihoods in Drylands*. pp 261-291. Springer International Publishing. 348 p.
- Campos, C. M. and S. Velez. 2015. Almacenadores y frugívoros oportunistas: el papel de los mamíferos en la dispersión del algarrobo (*Prosopis flexuosa* DC) en el desierto del Monte, Argentina. *Revista Ecosistemas* 24(3):28-34.
- Castellano-Hinojosa, A.; D. Correa-Galeote; J. Palau and E. J. Bedmar. 2016. Isolation of N₂-fixing rhizobacteria from *Lolium perenne* and evaluating their plant growth promoting traits". *Journal of basic microbiology* 56(1):85-91.
- Ceccon, E. 2013. *Restauración en Bosques Tropicales Fundamentos Ecológicos Prácticos y Sociales*. Díaz de Santos Editorial. México. 288 p.
- Cervantes, M.; E. Ceccon and C. Bonfil. 2014. Germination of stored seeds of four tree species from the tropical dry forest of Morelos, México. *Botanical Sciences* 92(2):281-287.
- China, E.; A. R. Rodríguez and J. Mora. 2004. Control de la erosión del suelo con leguminosas arbustivas forrajeras endémicas de Canarias. Universidad del Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 21(4):264-275.
- Córdova-Sánchez, S.; M. Castelán-Estrada; S. Salgado-García; J. D. Palma-López; J. A. Vera-Núñez; J. J. Peña-Cabriales; L. C. Lagunes-Espinoza and R. Cárdena-Navarro. 2011. Fijación biológica de nitrógeno por tres fabáceas (Leguminosae) en suelos ácidos de Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 15(1):31-50.
- Correa, M. 1984. *Dicotyledóneas* diapétalas. In: *Flora Patagónica (República Argentina)*. Tomo 8, parte IVb. Colección Científica del INTA. 309 pp.
- Fenner, M. and K. Thompson. 2005. *The ecology of seeds*. Cambridge University Press. 205 pp.
- Fiori, S. M. and S. M. Zalba. 2003. Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 12(6):1261-1270.
- Funes, G. and P. Venier. 2006. Dormancy and germination in three *Acacia* (*Fabaceae*) species from central Argentina. *Seed Science Research* 16(1):77-82.
- Funes, G.; S. Diaz and P. Venier. 2009. La temperatura como principal determinante de la germinación en especies del Chaco seco de Argentina". *Ecología Austral* 19(2):129-138.
- Galíndez, G.; D. Ceccato; G. Malagrina; B. Pidal; G. Chilo; H. Bach; R. Fortunato and P. Ortega-Baes. 2016. Physical seed dormancy in native legume species of Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 51(1):73-78.
- Gandullo, R.; J. Gastiazoro; A. Bünzli and C. Coscaron-Arias. 2004. *Flora típica de las bardas del Neuquén y sus alrededores*. Petrobrás. 246p.
- Gilbert, O. L. P. and P. Anderson. 2003. *Habitat Creation and Repair*. Oxford University Press Inc, New York.

- Gold, K.; P. León-Lobos and M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. *Boletín INIA* N° 110. 62 pp.
- Gruneisen, P. H. 1996. *La vegetación del Monte en el yacimiento Aguada de la Pichana*. Total Austral. Buenos Aires, Argentina. 59 pp.
- Guevara, J. C.; J. B. Cavagnaro; O. R. Estevez; H. N. Le Houérou and C. R. Stasi. 1997. Productivity, management and development problems in the arid rangelands of the central Mendoza plains (Argentina). *Journal of Arid Environments* 35(4):575-600.
- Jonhson, C. 1983. *Manual sobre insectos que infestan la semilla de Prosopis*. F.A.O. Tucson, Arizona. [en línea] Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/006/q4165s/Q4165S00.htm#TOC>>.
- Lewis, G.; B. Schrire; B. Mackinder and M. Lock. 2005. *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens. Kew. 577 p.
- Marrs, R. H.; R. D. Roberts; R. A. Skeffington and A. D. Bradshaw. 1981. Nitrogen and the development of ecosystems. In: Lee, J.A., S. McNeill and I.H. Rorison (eds.). *Nitrogen as an Ecological Factor* pp. 113.-136. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Masini, A. C. A.; A. E. Rovere and D. R. Pérez. 2012. Requerimientos pregerminativos de dos especies leñosas: *Anarthrophyllum capitatum* Sorarú y *Anarthrophyllum elegans* (Gillies ex Hook. and Arn.) F. Philippi. *Quebracho* 20(2):85-96.
- Martínez Carretero, E. 1986. Ecología, Fitogeografía y Variación Intraespecífica de *Cercidium praecox* (Ruiz et Pavon) Harms. (*Leguminosae*) en Argentina. *Documents Phytosociologiques* 10(2):319-329.
- Mazzonia, E. and M. Vazquez. 2009. Desertification in Patagonia. *Developments in Earth Surface Processes* 13:351-377.
- Morello, J. H. 1958. La provincia fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* 2:11-158.
- Movia, C. P.; G. H. Ower and C. E. Pérez. 1982. *Estudio de la Vegetación Natural de la Provincia de Neuquén*. Tomo I: Relevamiento. Ministerio de Economía y Hacienda. Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales. Argentina.
- Muiño, W. A. 2010. Ethnobotanical Study of the Rural Population of the West of the Pampa Plain (Argentina). *Ethnobotany Research and Applications* 8:219-231.
- Padilla, F. M.; R. Ortega; J. Sánchez and F. I. Pugnaire. 2009. Rethinking species selection for restoration of arid shrublands. *Basic and Applied Ecology* 10(7):640-647.
- Páez, A.; C. A. Busso; O. A. Montenegro; G. D. Rodríguez and H. D. Giorgetti. 2005. Seed weight variation and its effects on germination in *Stipa* species. *Phyton-Revista Internacional de Botanica Experimental* 54:1-14.
- Palacio, M. O. 2010. *Plantas silvestres empleadas con fines medicinales por pobladores rurales de Abrita Grande, Santiago del Estero*. [en línea] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237489913_Plantas_silvestres_empleadas_con_fines_medicinales_por_pobladores_rurales_de_Abrita_Grande_Santiago_del_Estero>.
- Palacios, R. A. and P. S. Hoc. 2005. Revisión del género *Prosopidastrum* (*Leguminosae*) para la Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40(1-2):113-128.
- Pece, M. G.; M. M. Acosta and M. T. Sobrero. 2013. Influencia de la temperatura y la luz sobre la germinación de *Cercidium praecox* (Ruiz and Pav. ex Hook.) Harms subsp. *praecox*. *Revista Forestal Venezolana* 57(1):29-35.
- Pentreath, V.; M. Stronati; E. Gonzalez; N. Frayssine and A. D'ambrogio. 2005. Germinación de *Prosopis denudans* Benth (*Leguminosae*). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40 (supl.):105-106.
- Pérez, D.; A. Rovere and F. Farinaccio. 2010. *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Argentina*. Vázquez Mazzini (eds.) 80 pp.

- Pérez, D.; F. Farinaccio; F. González; J. Lagos; A. Rovere and M. Díaz. 2011. Rehabilitation and restoration to combat desertification in arid and semi-arid ecosystems of Patagonia. *In: Winslow, M., S. Sommer, H. Bigas, C. Martius, J. Vogt, J. Akhtar-Schuster and R. Thomas (eds.). Understanding Desertification and Land Degradation Trends. Proceedings of the UNCCD First Scientific Conference, 22-24 September 2009, during the UNCCD Ninth Conference of Parties. Buenos Aires, Argentina.*
- Pérez-Domínguez, R.; E. Jurado; M. A. González-Tagle; J. Flores; O. A. Aguirre-Calderón and M. Pando-Moreno. 2013. Germinación de especies del matorral espinoso tamaulipeco en un gradiente de altitud. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4:156-163.
- Ranal, M. A. and D. G. D. Santana. 2006. How and why to measure the germination process?. *Brazilian Journal of Botany* 29(1):1-11.
- Rodríguez Araujo, M. E.; N. M. Turuelo and D. R. Pérez. 2015. Banco de semillas de especies nativas de Monte y Payunia para restauración ecológica. *Multequina* 24:75-82.
- Rodríguez Araujo, M. E.; D. R. Pérez and G. L. Bonvissuto. 2017. Seed germination of five *Prosopis* shrub species (*Fabaceae-Mimosoideae*) from the Monte and Patagonia phytogeographic provinces of Argentina. *Journal of Arid Environmental* 147:159-162.
- Rodríguez Araujo, M. E.; C. Milano and D. R. Pérez. Germinación de *Ephedra ochreatea* Miers, arbusto de interés para la restauración productiva de ambientes áridos de Argentina. *Agrociencia* In review.
- Roig, F. A.; S. Roig-Juñent and V. Corbalán. 2009. Biogeography of the Monte desert. *Journal of Arid Environments* 73(2):164-172.
- Sanabria, D.; R. Silva; M. A. Oliveros and R. Barrios. 2001. Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro* 13(3):117-124.
- Ulian, T.; A. E. Rovere and B. Muñoz. 2008. Taller sobre conservación de semillas para la restauración ecológica. *Ecosistemas* 17:147-148.
- Van Andel, J.; J. P. Bakker and A. P. Grootjans. 1993. Mechanisms of vegetation succession: a review of concepts and perspectives. *Acta botanica neerlandica* 42(4):413-433.
- Vilela, A. E. and D. A. Ravetta. 2001. The effect of seed scarification and soil-media on germination growth, storage, and survival of seedlings of five species of *Prosopis* L. (*Mimosaceae*). *Journal of Arid Environments* 48:171-184.
- Von Müller, A. R.; R. O. Coirini and U. O. Karlin. 2007. Evaluación socioeconómica de la producción de goma de brea en el Chaco Árido. *Multequina* 16(1):83-98.
- Willan, R. L. 2000. *Pre-Tratamiento de semillas. Técnicas para la germinación de semillas forestales*. Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 54 pp.
- Zapata, R. M.; C. Azagra Malo and M. S. Karli. 2017. Tratamientos pregerminativos para la ruptura de la dormición en semillas de tres poblaciones de *Ramorinoa girolae*, leñosa endémica de zonas áridas en Argentina. *Bosque* (Valdivia) 38(2):237-245.
- Zeberio, J. M. and G. M. Calabrese. 2013. Tratamientos pregerminativos en tres especies del género *Prosopis*. *In: Pérez, D. R., A. E. Rovere and M. E. Rodríguez Araujo. Restauración ecológica en la diagonal árida de la Argentina*. Vazquez Mazzini Editores:130-139.



NOTA TÉCNICA

Metodología para determinar tiempos de implantación de *Prosopis alba* en Santiago del Estero

Methodology to determine operating times for the implantation of Prosopis alba in Santiago del Estero

Cardona, G.¹; R. Sánchez Ugalde¹; J. García¹; Á. Veliz²; C. Vega² y M. Sarmiento¹

Recibido en mayo de 2018; aceptado en octubre de 2018

RESUMEN

La necesidad de calcular los costos en las actividades de plantación llevadas a cabo en el Programa Forestal Santiagueño (PFS) exige disponer previamente de datos técnicos de tiempos operativos de dichas actividades. El objetivo de este trabajo es describir la metodología que se siguió para calcular los tiempos de las labores manuales y mecanizadas que efectivamente se realizaron en el marco del PFS para lograr plantaciones forestales. Para conformar la muestra de estudio se seleccionaron seis pequeños productores que forestaron con algarrobo blanco (*Prosopis alba*) en la zona de riego de Santiago del Estero. Si bien las unidades de muestreo son escasas, representan el 40 % de productores que alcanzó el Programa durante el período 2017-2018 y el 34 % de las hectáreas forestadas. El trabajo de campo permitió registrar la forma de ejecutar las labores de implantación y medir el rendimiento de las mismas.

Palabras clave: *Prosopis alba*, estudio de tiempos, labores de plantación.

ABSTRACT

The need for estimating costs in the forest activities carried out in the Santiagueño Forest Programme (SFP) requires the prior availability of technical data concerning the operating times involved. The aim of this work is to describe the methodology used to calculate the times of both manual and mechanized tasks effectively performed within the SFP frame to achieve forest plantations. In order to define the study sample, six small producers who forested with white carob (*Prosopis alba*) in the irrigation area of Santiago del Estero were selected. Although scarce, the sampling units represent 40 % of the producers reached by the Programme during the 2017-2018 period and 34 % of the forested hectares. From this work it was possible to record how implantation tasks should be carried out and determine how their performance should be measured.

Key words: *Prosopis alba*, times study, plantation work.

1. INTRODUCCIÓN

Los productores forestales conciben que el programa de promoción de la Ley Nacional N° 25.080, con su incentivo a las forestaciones, es una especial asociación entre el Estado y el sector privado, que se unen para desarrollar una actividad que por separado no podrían realizarla. Con esta mirada se puso en marcha el PROGRAMA FORESTAL SANTIAGUEÑO (PFS) durante el año 2017, convocando a pequeños y medianos productores, para la recuperación de suelos degradados, incentivando a duplicar y hasta triplicar zonas en recuperación y producción con *Prosopis alba* (algarrobo blanco).

¹ Cátedra de Economía y Administración Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE). Av. Belgrano (s) 1912. (4200) Santiago del Estero.

² Estudiantes de la carrera Tecnicatura en Vivero y Plantaciones Forestales.

El objetivo del PFS es el de contribuir a la recuperación de suelos degradados en el Área de Riego de Santiago del Estero mediante la implantación de *Prosopis alba* en aproximadamente 900 hectáreas en el período 2017-2021. Como objetivo secundario la forestación y reforestación generará potencialmente polos locales de producción.

Las áreas donde se ejecuta el proyecto corresponde a Bosques de Categoría III de bajo valor de conservación y zonas categorizadas de No Bosques, de la Ley Provincial N° 6.942 de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos de Santiago del Estero, en adhesión a la Ley Nacional N° 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

En la actualidad, la actividad forestal se presenta en el centro del debate nacional por ser considerada un sector estratégico para el desarrollo sostenible del país, que necesita adecuarse a mejores prácticas y alinearse hacia los desafíos globales ambientales del Plan Estratégico de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible de los Bosques, cumpliendo así los objetivos propuestos en la Agenda 2030 (Escobar, 2018).

En la Argentina, una de las últimas discusiones fue la continuidad o modificación de la herramienta jurídica vigente para la promoción forestal del país, la Ley 25.080 (de Inversiones para Bosques Cultivados) y su prórroga, la Ley 26.432. Entre los beneficios principales y el espíritu para la cual fue creada hace 20 años atrás, estaba el de otorgar Aportes Económicos No Reintegrables a pequeños y medianos productores que permitan incrementar la superficie forestada del país y la Estabilidad Fiscal a las empresas integradas a la forestación y desarrollo de la cadena foresto-industrial.

Para garantizar el éxito de las actividades forestales, se requiere, como en cualquier proceso productivo, que cada etapa se realice con la asignación óptima de los recursos, que se emplee el tiempo operativo apropiado, que las diferentes operaciones de trabajo se desarrollen adecuadamente y estén basadas en estándares de productividad para que los costos disminuyan (Coronel de Renolfi *et al.*, 2010).

En la provincia de Santiago del Estero son escasos los estudios sobre tiempos operativos, rendimientos y costos forestales. El antecedente más relevante es el de Coronel de Renolfi *et al.* (2010), que presenta un estudio de tiempos operativos de cada una de las tareas para el cálculo de costos de plantación de *Prosopis alba* en la zona de riego de Santiago del Estero. A nivel nacional se pueden mencionar algunos antecedentes sobre este tema, como el de Vera y Larroca (2004), que presentan la estructura de costos de implantación de un monte de eucalipto en base a dos escenarios de suelo, trabajo en el que efectúan un minucioso estudio de tiempos operativos de las tareas. El INTA (2007) efectuó un relevamiento de las formas más frecuentes de preparación de terreno, plantación y mantenimiento hasta lograr una plantación forestal en la provincia de Misiones.

El objetivo central de este artículo es presentar la metodología real que se llevó a cabo en la medición de los coeficientes técnicos de trabajo y los rendimientos de las labores manuales y mecanizadas que se efectúan en el primer año de implantación de algarrobo (*Prosopis sp*) en Santiago del Estero, bajo los lineamientos del Programa arriba mencionado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Relevamiento de los datos

Para integrar la muestra de estudio fue necesario identificar los productores que tenían firmado el contrato correspondiente con el Programa Forestal.

Para el estudio se seleccionaron a seis productores que presentaron planes para forestar con algarrobo y que están incluidos en la categoría de pequeños (aquellos que preparan forestaciones

en superficies de no más de 10 ha). La muestra representa el 40 % del total de productores asistidos por el programa durante este periodo y el 34 % de las hectáreas forestadas.

Los datos recogidos corresponden a las operaciones de preparación de sitio y plantación. Cabe resaltar que el Programa establece, bajo contrato con cada productor, las tareas que se llevarán a cabo y se encuentran cubiertas por el mismo; los cuidados culturales quedan bajo la responsabilidad del productor.

La recolección de la información se realizó utilizando la técnica de observación directa. El procedimiento de toma directa de datos consistió en observar *in situ* los tiempos de trabajo de las operaciones que se llevan a cabo.

Los datos provinieron de pequeños productores de las localidades de La Aurora y El Aibe (Dpto. Banda), Colonia El Simbolar y Buey Muerto (Dpto. Robles), de la provincia de Santiago del Estero.

Cabe acotar que la actividad de plantación fue realizada por dos equipos de trabajo (cuadrillas), con modalidades de gestión diferente.

Los lugares y actividades desarrolladas en cada sitio se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Actividades cronometradas por localidad y condiciones del sitio y del tiempo

Depto.	Localidad	Actividad cronometrada	Condición de sitio	Estado del tiempo
Banda	La Aurora	Rastreada	Suelo salino con predominancia de vegetación halófito	Soleado
		Plantación	Suelo rastreado, limpio	Nublado
		Rastreada	Fachinal bajo con ganadería	Soleado
		Plantación	Suelo compactado, rastreado simple, con restos de espinas.	Nublado
	El Aibe	Rolado	Fachinal con predominancia de suncho y chilca	Soleado
		Plantación	Suelo con rastros (residuos del rolado)	Soleado y caluroso
Robles	Colonia El Simbolar	Plantación	Suelo rastreado, nivelado, con bordos de riego	Soleado
	Buey Muerto	Rolado	Fachinal con predominancia de suncho y chilca	Soleado

2.2. Metodología del trabajo

La toma de datos se realizó en base al siguiente escenario modal: superficies de hasta 10 ha, en las que se forestan con algarrobo y donde la historia previa de uso consigna que se trata de terrenos agrícolas en descanso, o salitrosos. La plantación se realizó con una densidad de 500 plantas por ha, con distanciamiento de 4m x 5m. El nivel técnico de las labores realizadas es de grado mixto: manual-mecánico. El jornal de trabajo es de 8 horas/día. Las actividades que se observaron y cronometraron son las correspondientes a preparación del suelo y plantación y comprenden las siguientes operaciones:

1. Preparación del suelo: rolado y rastreada.
2. Plantación: marcación, hoyado, distribución de plantas y plantación propiamente dicha.

No se realizó la medición de cuidados culturales tales como limpieza y control de hormigas, ya que el Programa no contempla estas actividades, como se explicó anteriormente.

Si bien la lista de labores y las prácticas de manejo son similares a las desarrolladas en otros lugares, se observaron variantes en algunas de las tareas que realizan los productores de la muestra, en particular aquellas vinculadas al modo de organizar la preparación del terreno, marcación y apertura de hoyos.

La tarea de plantación fue delegada a dos cuadrillas con las siguientes características:

Cuadrilla 1

Formada por 11 operarios que se trasladaban todos los días hasta el lugar de plantación. Las tareas eran rotatorias, asignadas por el jefe de cuadrilla y se desarrollaban simultáneamente. Los integrantes de la misma, en su mayoría jóvenes, tienen experiencia en labores agrícolas, pero no en tareas silvícolas.

Esta cuadrilla contaba entre su capital de explotación con: un camión Mercedes Benz modelo 1624 para transportar los operarios y plantines; un tanque de agua de 500 l, alambre para marcar las líneas, 3 palas, 2 hachas y 2 baldes para distribuir el gel.

Cuadrilla 2

Formada por 7 operarios, sin experiencia en actividades forestales, pero si capacitados previamente por su jefe. Las tareas en este caso eran distribuidas por los mismos operarios, de acuerdo con sus habilidades. Esta cuadrilla llegaba al sitio de la plantación y permanecía en el mismo hasta culminar con la actividad.

Dentro de los recursos de la cuadrilla 2, se encontraba: una camioneta Toyota Hilux SRV tracción 4x4 con tráiler para trasladar los plantines y la casilla, un teodolito, 3 jalones, 4 palas, cinta de agrimensor y alambres varios.

2.3. Medición del tiempo efectivo

Según Fonseca (2002), el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para determinar, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea predeterminada, según una norma de ejecución preestablecida, con la debida consideración de la fatiga, las demoras personales y los retrasos inevitables.

Hodson (2001), dijo que el estudio de tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido por un trabajador calificado quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado.

Los estudios de tiempos y movimientos juegan un papel importante en la productividad de cualquier empresa. Medir y establecer cuánto tiempo se invierte en el trabajo permite identificar aquellas tareas que, por alguna razón, influyen de manera negativa en el rendimiento de la compañía y, así, diseñar estrategias para corregirlas. Además es útil para solucionar los problemas en la ejecución del proceso, conocer la capacidad de los operarios, organizar los puestos de trabajo y aprovechar eficientemente los materiales y la maquinaria (Pinilla, 2014).

La medición de tiempos y descripción de tareas se efectuó filmando las actividades, cronometrándolas luego en terreno y/o gabinete y volcando posteriormente los datos observados en planillas confeccionadas para tales fines.

Para la medición del tiempo propiamente dicho se tuvo en cuenta lo expresado por Renolfi *et al* (2010), citando a Brenes Bonilla (2004), la medición del tiempo requerido en cada actividad debe aplicarse únicamente cuando la labor es ejecutada por un obrero sin limitaciones físicas y con capacitación para ejecutar la labor (un trabajador promedio). En la medición del tiempo efectivo no se incluyen los tiempos de preparación para el trabajo, ni las detenciones ni el trabajo en vacío.

Para cronometrar y determinar los tiempos efectivos de trabajo de las diferentes tareas se debió seleccionar una por vez y efectuar la toma del tiempo a los diferentes operarios que realizaban la

misma con movimientos repetitivos. El cronometraje se realizó en forma aleatoria, en las dos cuadrillas, en distintos momentos de la jornada laboral y a diferentes operarios, a fin de recoger las variaciones en el rendimiento de trabajo. El número de observaciones a cada operario fue de 10 mediciones continuas por vez, con 2 repeticiones durante la jornada, con excepción de las labores sin movimientos repetitivos como la rastreada y el rolado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción de las tareas observadas

Se describe a continuación el modo en que se llevaron a cabo las labores de preparación de terreno y plantación dentro de lo planificado por el Programa Forestal Santiagueño. Las tareas de preparación de terreno fueron realizadas por un contratista y las plantaciones por las cuadrillas 1 y 2.

Rolado

Para la actividad de rolado se empleó un rolo triturador con cuchillas aceradas autoafilables de 2,8 m de ancho y 1,5 m de diámetro. El implemento utilizado tenía en su interior una mezcla de agua y aceite ocupando las 3/4 del volumen total del cilindro lo que le otorga un gran peso.

La modalidad de trabajo consistió en hacer una primera pasada por el perímetro del área a trabajar, actividad conocida como “marcación”. Luego se trabajó el lote desde afuera hacia el centro del predio, procurando trabajar el lote a lo largo, para evitar dar vueltas excesivas y reducir el consumo de combustible (Figura 1).

El tractor utilizado para tirar el rolo fue un Zanello 417 con cabina reforzada, de 170 HP. Se recomendó avanzar en una dirección Norte-Sur para lograr el enfriamiento del motor del tractor.

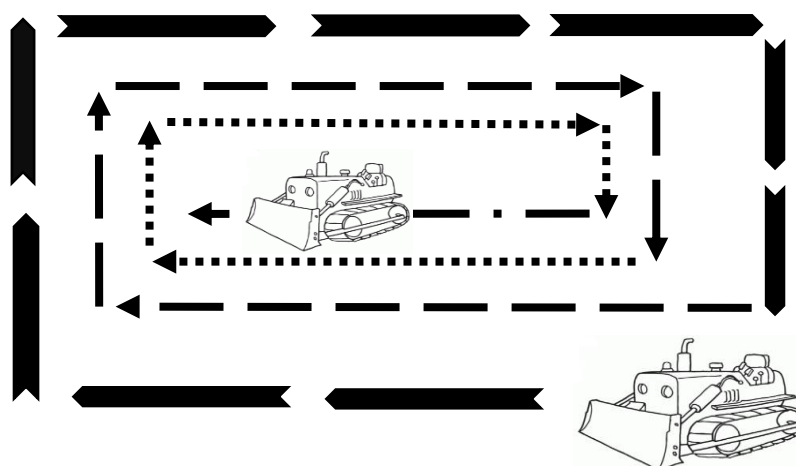


Figura 1. Proceso de rolado

Rastreada

Para esta actividad se utilizó maquinaria de diferentes potencias:

1. Rastra pesada de 36 discos con un ancho de labor de 3 m, tirada por un tractor marca Zanello, modelo 450 de 160 HP.

- Rastra pesada de 28 discos con un ancho de labor de 3,5 m, tirada por un tractor Deutz modelo 85 de 114 HP.

Para la medición del tiempo, se tuvo en cuenta el horario de entrada y salida de la máquina del lote a trabajar; la superficie total trabajada se calculó mediante dispositivo GPS.

Marcación de líneas base

En esta tarea, las cuadrillas utilizaron diferentes métodos. La cuadrilla 1 un método mecanizado en una primera instancia, donde las líneas base fueron marcadas con un tractor de 120 HP que tiraba un marcador con cuchillas desplazables, tipo cincel, las cuales estaban separadas a 5m de distancia logrando una línea uniforme a medida que se avanzaba en el lote. Este método también se utilizó para marcar las líneas de plantación.

La cuadrilla 2, en cambio optó por usar el método manual; en el cual las líneas base de la plantación se obtuvieron empleando teodolito. Para esta actividad se utilizaron tres jalones, dos en los extremos de la línea y uno en el medio. Esta operación requirió en total tres operarios. (Figura 2)

En una segunda instancia la cuadrilla 1 optó por reemplazar la tarea mecanizada por la marcación manual utilizando teodolito para obtener una mayor precisión en la medición.

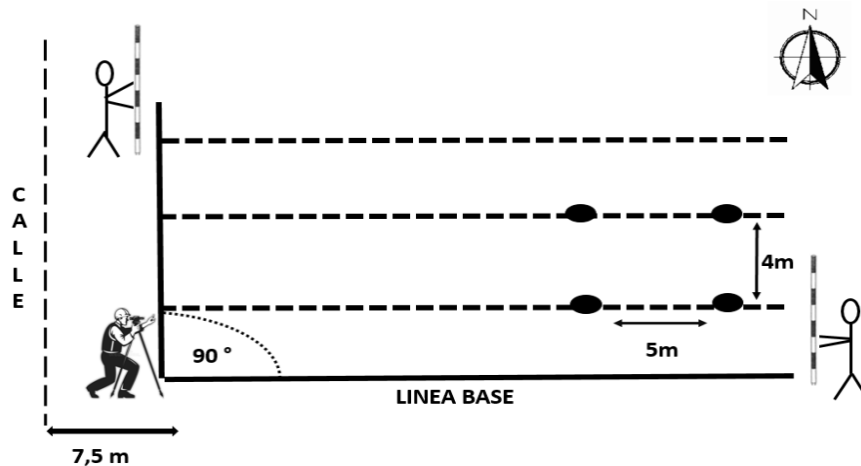


Figura 2. Marcación de línea base

Marcación de las líneas de plantación y hoyado

La cuadrilla 1 utilizó en las primeras marcaciones un método mixto. Se colocaron jalones cada 10 m (velas) lo cual permitió orientar al maquinista a la hora de realizar la marcación, como se observa en la Figura 3. El tractor avanzaba haciendo coincidir el centro del tractor con la línea de las velas, dejando dos marcas paralelas con un distanciamiento de 5 metros. Para esta operación se emplearon cinco personas, conformado el equipo de trabajo, un maquinista y cuatro ayudantes. La cuadrilla 1 realizó la tarea de hoyado una vez que finalizó con la marcación.

En cambio, la cuadrilla 2 por su parte, optó por realizar las tareas de marcación y hoyado de forma simultánea. La marcación fue realizada tensando una cinta de 50 m con marcas cada 5 m, en cada marca se realizaba un pozo hasta completar la fila de la plantación. Una vez plantada la primera fila se tiraba una caña de 4m de longitud hacia la fila siguiente. Posteriormente, se colocaban jalones en la nueva línea y se corroboraba su correcta alineación para avanzar nuevamente con las tareas de marcación y hoyado. Esta operación era realizada por 4 operarios; 2 de ellos iban desde un principio realizando los hoyos y luego se acoplaban los 2 que habían marcado la línea.

Este método fue luego adoptado por la cuadrilla 1, reemplazando la actividad de marcación mecanizada por la marcación manual y realizando simultáneamente marcación y hoyado, donde 2 operarios extendían un alambre de 50 m señalado cada 4 metros con una marca, que permitía ubicar las plantas dentro de las filas. Las distancias entre filas (5 m) eran medidas con cinta de agrimensor. En sus extremos tenían dos estacas las cuales eran enterradas por el operario hasta que el alambre quedaba tenso, luego se realizaba el hoyado. Para esta actividad se utilizaron 3 operarios.

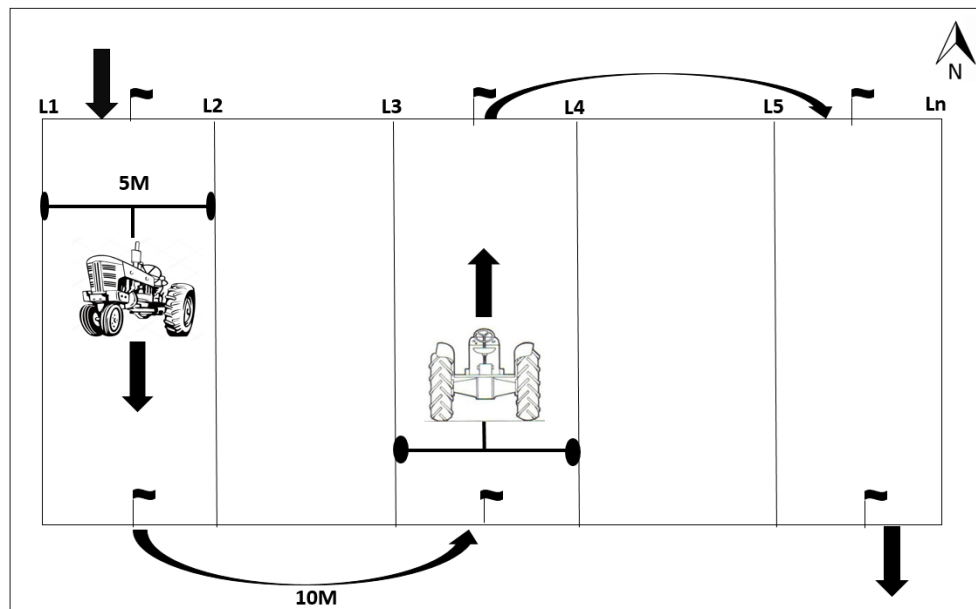


Figura 3. Marcación semimecanizada

Distribución de plantas en el terreno

La cuadrilla 1 realizó la distribución de plantas con el camión propio, cargado de plantines y tanques con agua. El camión avanzaba por las entrefilas haciendo paradas cada 50 m, siempre posicionándose detrás de la cuadrilla. De esta forma se facilitó la descarga y distribución de los plantines y del hidrogel.

Dos operarios bajaban los cajones con plantines y los distribuían, colocándolos al costado de los hoyos a lo largo de las filas. Cada cajón contenía 35 platines.

En la cuadrilla 2 por su parte, el operario descargaba un cajón con platines y lo cargaba en su hombro. Avanzaba por la línea dejando un plantín al costado de cada pozo, luego regresaba al acoplado dejando el cajón vacío y retirando otro para repetir la labor.

Aplicación de gel hidratante

El hidrogel se preparó en un tanque en una proporción de 2gr/pl/0,5 litros de agua y fue mezclado durante 15 minutos.

La cuadrilla 1 mezclaba el producto en un tanque cisterna de 1.000 litros de agua, el cual era remolcado por una camioneta que avanzaba por el centro de la plantación. El tanque contenía un grifo en su parte inferior que permitía cargar baldes de 20 litros. La aplicación a cada hoyo, era realizada por dos operarios, utilizando recipientes de 500 ml.

En la cuadrilla 2 en cambio, un operario mezclaba el gel hidratante con agua en un tanque de 500 litros; una vez homogeneizado el producto, se descargaba manualmente en receptáculos de 20

litros. Cada operario distribuía dos recipientes en el área de trabajo (uno en cada mano), que eran colocados entre dos filas, ocupando cada uno un sector diferente (sector izquierdo y derecho). El operario avanzaba colocando el gel en cada hoyo y regresaba por la fila contigua hacia el lugar de origen y así se repetía la operación en el otro sector. Esta cuadrilla utilizó dos operarios. (Figura 4).

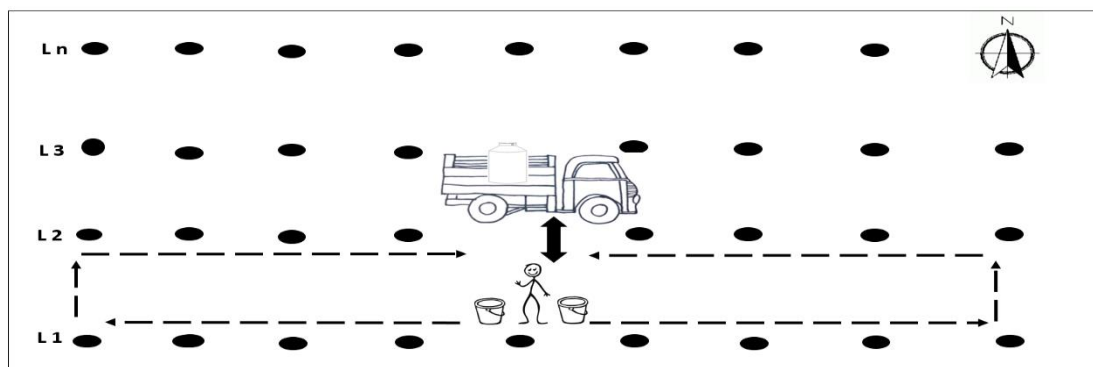


Figura 4. Aplicación de gel hidratante

Plantación

La cuadrilla 1 realizó la actividad con tres operarios y consistió en cortar el envase contenedor del plantín con ayuda de un cuchillo, depositar el plantín en el pozo, tapar y pisonear alrededor de la planta y se desplazarse al próximo pozo.

La cuadrilla 2 utilizó igual metodología, pero solo afectaba un solo operario, mientras los demás realizaban el hoyado.

Descripción de las tareas realizadas

Para la preparación del suelo se realizó, o el proceso de rolado y o el de rastreado; en ningún caso ambos, siendo que dichas actividades suelen ser complementarias. La superficie promedio trabajada según el implemento utilizado (medida en hectáreas por hora) se muestra en la Figura 5.

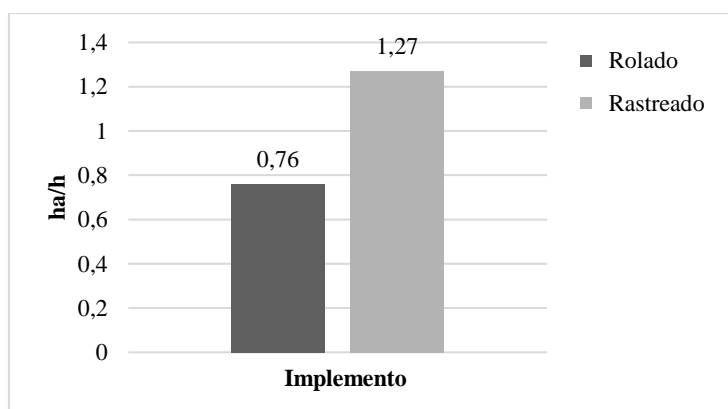


Figura 5. Superficie promedio de preparación de sitios de plantación por hora, según implemento utilizado

La eficiencia del tipo de implemento a utilizar, depende de las condiciones iniciales del sitio.

En cuanto a las actividades vinculadas directamente con la plantación, los tiempos efectivos promedio por hectárea son los que se observan en la Figura 6.

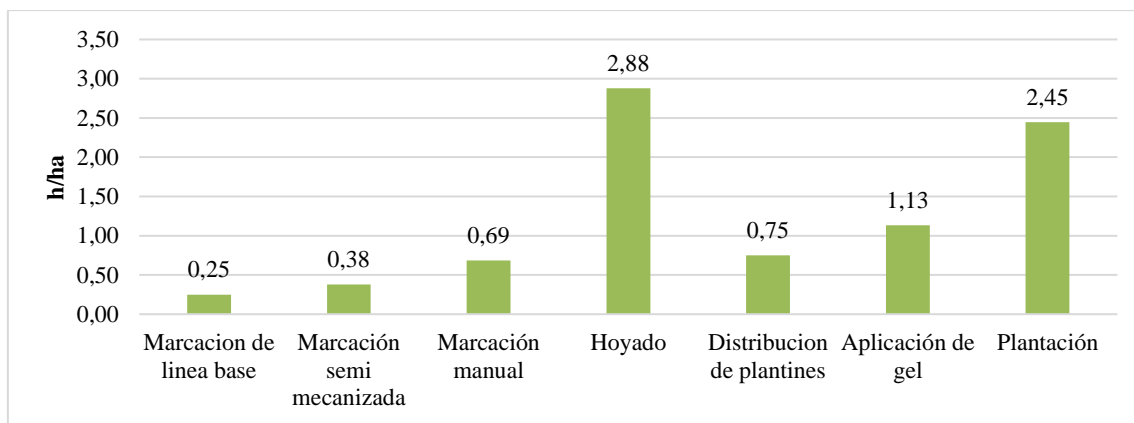


Figura 6. Tiempo promedio de ejecución por actividad

En la figura se puede observar que las actividades de plantación que más tiempo demandan son el hoyado y la plantación propiamente dicha.

En cuanto a la marcación de las líneas de plantación, el método manual insume un 81% más de tiempo que el método semi mecanizado, siendo este último más impreciso en cuanto a la alineación lograda.

La Figura 7 muestra los tiempos promedio de ejecución de cada actividad según la cuadrilla que desempeñó las tareas de marcación, hoyado, distribución de plantines, aplicación de gel y plantación.

La cuadrilla 1 fue más eficiente en las actividades de marcación manual y hoyado, mientras que la cuadrilla 2 fue más eficiente en la colocación de gel, distribución de plantines y plantación.

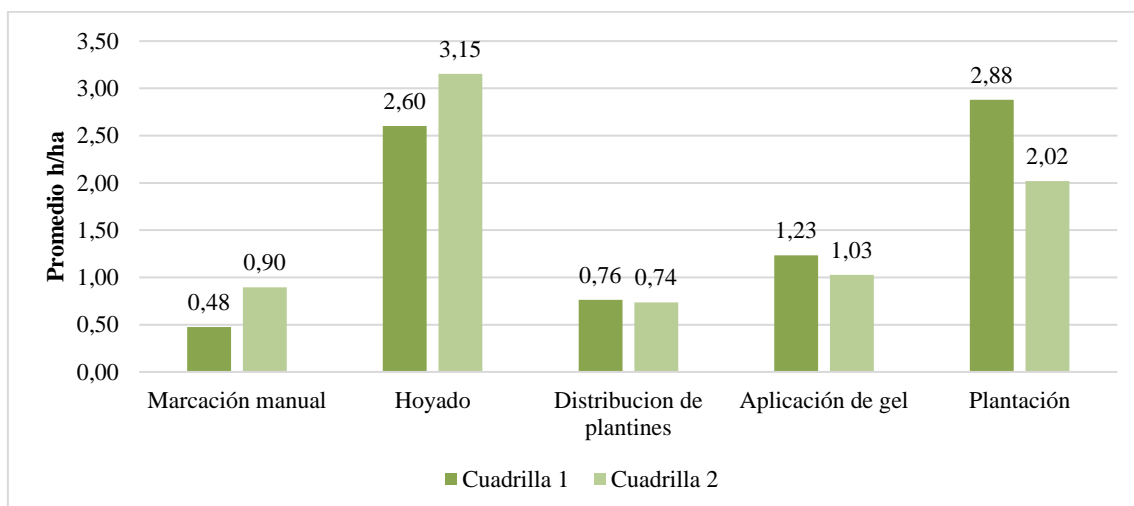


Figura 7. Tiempo promedio de ejecución por actividad según cuadrilla

Hay que tener en cuenta que la actividad de hoyado está sujeta a las condiciones iniciales del suelo, lo que hace que la actividad pueda llevar más o menos tiempo. La Figura 8 muestra los tiempos efectivos promedio de realizar el hoyado para cada sitio analizado.

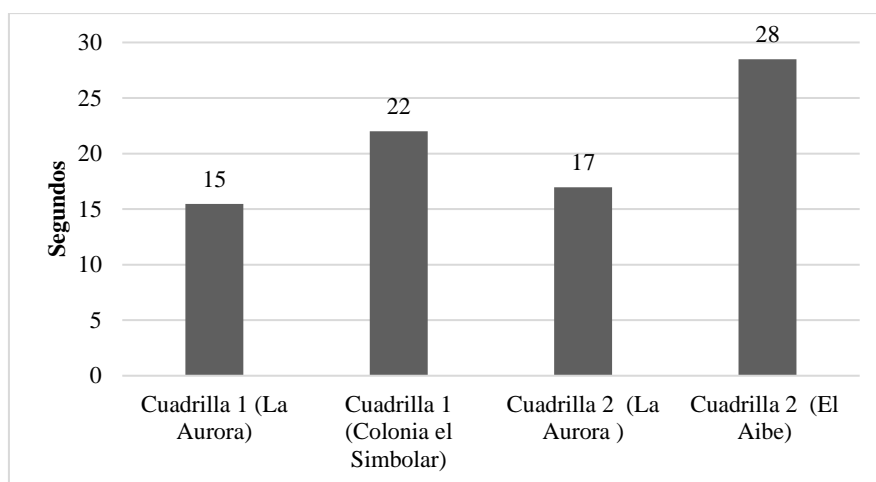


Figura 8. Tiempos efectivos promedio de ejecución en hoyado según cuadrilla y lugar.

Según muestra la figura, el sitio con mayor dificultad para el poceado fue El Aibe. Allí el suelo se encontraba con residuos derivados de la actividad de rolado, por lo cual previo a la actividad de poceado, era necesario realizar una limpieza manual. Por esta razón el resultado del tiempo promedio por la cuadrilla 2 en el poceado es más alto que el de la cuadrilla 1.

4. CONCLUSIONES

De los resultados de este trabajo se concluye que:

Para la preparación del suelo el implemento a utilizar dependerá de las condiciones iniciales del mismo.

Para la marcación de las líneas de plantación el método semi-mecanizado es más rápido que el manual pero más impreciso para lograr una alineación correcta.

En la colocación del gel hidratante no se mostraron diferencias de tiempos significativas con respecto a las metodologías utilizada por las cuadrillas. Lo que si debe resaltarse de la cuadrilla 1, que en la actividad de llenado de baldes con el gel hidratante utilizando el tanque cisterna con remolque; resguarda ergonómicamente la salud de los operarios, evitando realizar grandes esfuerzos.

Las actividades de plantación que emplean un mayor tiempo efectivo por hectárea son el hoyado y la plantación propiamente dicha. El tiempo que conlleva la actividad de hoyado depende de cómo se encuentre el suelo en cuanto a la presencia de residuos derivados de la limpieza del terreno. Suelos más limpios llevan a menores tiempos operativos en la realización de pozos.

La cuadrilla 1 fue más eficiente en las actividades de marcación manual y hoyado (sin considerar las condiciones iniciales del sitio), mientras que la cuadrilla 2 lo fue en la colocación de gel, distribución de plantines y plantación.

Por todo lo anteriormente citado, no es posible recomendar una forma determinada de realizar las actividades de plantación de *Prosopis alba*, en la zona de riego de Santiago del Estero. Lo que sí, se sugiere realizar una combinación de la forma de trabajar de estas dos cuadrillas teniendo en cuenta el sitio y los recursos con que se cuentan.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los productores encuestados, a las cuadrillas y jefes de cuadrillas por la colaboración en la toma de datos. Además por la información recibida agradecemos a: Mesa Forestoindustrial de Santiago del Estero (Mefise), Facultad de Ciencias Forestales de UNSE, Colegio de Graduados en Ciencias Forestales, INTA Santiago del Estero, Dirección de Bosques y Fauna de Santiago del Estero, Secretaría de Agricultura Familiar, Estación Experimental de Fernández de la Universidad Católica de Santiago del Estero (UCSE), Instituto de Estudios Ambientales y Desarrollo Rural de la Llanura Chaqueña de la Universidad Nacional de Santiago del Estero y principalmente al proyecto que financio estas actividades (Proyecto PNUB ARG 12/013 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación).

5. REFERENCIAS

- Brenes Bonilla, J. 2004. *Determinación de costos y rendimientos del proceso productivo en un vivero forestal de teca en la provincia de Chiriquí, Panamá*. Tesis Bachiller. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Chiriquí, Panamá. 137 p.
- Coronel de Renolfi, M.; G. Cardona y A. Ruiz. 2010. Coeficientes técnicos del primer año de plantación de *Prosopis sp* en Santiago del Estero, Argentina. *Quebracho* 18(1,2): 58-70.
- Escobar P. 2018. *La foresto-industria argentina adhirió a los objetivos de la Agenda 2030 y se alinearán al plan de desarrollo sostenible de Naciones Unidas*. [En línea] [Fecha de consulta: abril 2018] Disponible en: <<http://misionesonline.net/2018/01/20/la-foresto-industria-argentina-adhirio-a-los-objetivos-de-la-agenda-2030-y-se-alineara-al-plan-de-desarrollo-sostenible-de-naciones-unidas>>.
- Fonseca, E. 2002. *Plan de capacitación del estudio del trabajo*. [En línea] Disponible en: <<http://www.monografias.com/trabajos10/folle/folle2.shtml>>
- Hodson W. K. 2001. *Manual del Ingeniero Industrial*. II Tomo. Editorial Mc Graw Hill. México. 4650 p.
- INTA. 2007. *Coeficientes técnicos de plantaciones forestales en la provincia de Misiones*. INTA EEA Montecarlo. Misiones. 34 p.
- Pinilla L. 2014. Estudio de tiempos y movimientos: la medición de la productividad. [En línea] [Fecha de consulta: abril 2018]. Tomado de la *Revista Metal Actual* / Edición 33. Disponible en: <<http://revista-mm.com/administracion/estudio-tiempos-movimientos-medicion-productividad>>.
- Vera L. y F. Larroca. 2004. *Evaluación económica de la producción de madera de eucalipto en el nordeste de Entre Ríos*. INTA EEA Concordia. Entre Ríos. 19 p.



NOTA TÉCNICA

Análisis de la demanda doméstica de leña y carbón en localidades de Santiago del Estero, Catamarca, Tucumán y Córdoba

Domestic demand analysis for firewood and coal in cities of Santiago del Estero, Catamarca, Tucumán and Córdoba

De Bedia, G. R.¹; J. M. Naval¹; R. Sánchez Ugalde²; D. Ledesma³; N. Salim¹; F. Díaz³; F. Cisneros² y M. Luna⁴

Recibido en abril de 2018; aceptado en octubre de 2018

RESUMEN

La importancia de la producción de leña en la región chaqueña pone particular interés en fomentar el uso sustentable de este recurso, como fuente de trabajo e ingresos para las familias productoras. Para ello el presente trabajo se propone analizar la demanda doméstica de leña y carbón, en Santiago del Estero, Catamarca, Tucumán y Córdoba.

Se realizaron 923 encuestas a consumidores de leña y/o carbón durante el año 2013, con el fin de conocer cuál es el consumo anual de leña y carbón, cuáles son sus principales usos, las fuentes de abastecimiento, el precio al cual adquieren estos productos, cuál es la valoración relativa de diferentes atributos de los combustibles como la leña, el carbón y el gas y con qué otros productos se asocia la leña.

Los resultados obtenidos indican que el principal uso doméstico de la leña y el carbón es la cocción de alimentos, el carbón se consume en más hogares que la leña, pero ésta presenta mayor consumo en kg per cápita que el carbón y presenta mayor diversidad de usos. Se visualiza además la ausencia de un sistema de logística en provisión y venta a un precio de referencia para la leña. La leña y el gas se presentan como productos más atractivos que el carbón para la cocción de alimentos, pero la dificultad para conseguir leña puede ser una limitante si se promociona como un producto de consumo masivo.

Palabras clave: consumo, productos forestales, combustibles.

ABSTRACT

The importance of producing firewood in the Chaco region sets particular interest in promoting the sustainable use of this resource, as a source of family producers labor and income. The present work intends to analyze the domestic demand of firewood and coal, in Santiago del Estero, Catamarca, Tucumán and Córdoba. To know what the annual consumption of firewood and charcoal is as well as its main uses, the sources of supply, the price they pay for these products, their relative valuation of the different features of the fuels (firewood, coal and gas) and to what other products firewood is associated, 923 surveys were conducted on consumers of firewood and / or coal in 2013. The results obtained indicate that the main domestic use of firewood and charcoal is cooking; most homes consumed coal instead firewood though its consumption per capita is higher than coal and presents greater possibilities of uses. The absence of a logistic system for the supply of firewood and of a reference price for its sale is observed. Firewood and gas appear as more attractive products than coal for cooking, but the difficulty in obtaining firewood can be a drawback in case it is promoted as a product of mass consumption.

Key words: consumption, forest products, fuels.

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Campo Experimental "Francisco Cantos", Ruta Nacional N°9 km 1108, La Abrita, CP G4206XBK, Santiago del Estero, Argentina, E-mail: debedia.gonzalo@inta.gob.ar

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Av. Belgrano (S) N° 1912, CP 4200, Santiago del Estero, Argentina.

³ Dirección General de Bosques y Medioambiente de Santiago del Estero, Independencia N° 475, CP 4200, Santiago del Estero, Argentina.

⁴ Asesor Programa Cambio Rural II, Ministerio de Agroindustria de la Nación, Pedro León Gallo S/N, CP G4197, Nueva Esperanza, Dpto. Pellegrini, Santiago del Estero, Argentina.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La producción forestal mundial es destinada en gran medida a su uso como combustible. En el año 1980, el uso de biomasa forestal para combustible representaba el 53 % de la producción forestal mundial, mientras que en 2014 representó el 50 % de las 3.700 millones de m³ de madera producidos en el año (FAO, 2015). En los países en desarrollo se observa una mayor asignación de la producción a combustible, alcanzando casi el 90 % de la producción forestal nacional, principalmente para la cocción de alimentos y la calefacción de hogares (Broadhead *et al.*, 2001).

En Argentina, de las 4 millones de toneladas de materia prima forestal proveniente de bosques nativos (promedio 2001-2011), el 75 % es leña, empleada para su transformación a carbón (46 %) o para su consumo directo (29 %); y el 85 % de la producción forestal nacional de bosques nativos es originaria de la región chaqueña (Navall, 2012); lo cual denota la importancia de la leña en nuestro país y en la economía de esta región.

En la República Argentina y particularmente en Santiago del Estero convive un mercado formal con uno “no formal” de biocombustible sólido, leña para uso como energía doméstica, con muy diversas formas y unidades de comercialización (Vélez *et al.*, 2008).

En base a la importancia de la producción de leña en la región chaqueña y además por ser la principal área de bosques nativos del país, resulta de particular interés fomentar el uso sustentable de este recurso, como fuente de trabajo e ingresos para las familias productoras considerando que este modelo de extracción brinda recursos locales que evitan la emigración del campo generando mano de obra local, que, si bien es de baja experticia y tecnicismo, sostiene el arraigo.

Debido a la importancia en términos sociales y económicos, es que el objetivo del presente trabajo pretende analizar la demanda y preferencias de los consumidores domésticos de leña y carbón, en localidades del centro oeste del Chaco Seco Argentino. De esta manera, se busca aportar información útil para evaluar nichos de mercado, mejorar la rentabilidad de emprendimientos productivos forestales, y la eficiencia de políticas públicas de apoyo al uso sustentable de los bosques nativos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó una encuesta para relevar una serie de variables asociadas a la demanda de leña y carbón, volúmenes anuales del consumo familiar, usos, origen, valoración relativa y asociación con otros productos. La encuesta se realizó a 923 personas con capacidad de ser jefes de hogar, durante los meses de enero y febrero del año 2013. Las encuestas se realizaron en sitios públicos como estaciones de transporte de pasajeros y centros comerciales, entre otros; y el número de encuestas realizadas en cada localidad fue el máximo posible en función de los recursos disponibles.

Los sitios de muestreo se seleccionaron por su cercanía a las áreas boscosas (fuentes directas de leña), disponibilidad de los productos relevados en el mercado, por presentar actores de la economía monetarizada o posibles preferencias del producto.

En base a los criterios de selección y restricciones antes presentadas, se optó por desarrollar el presente trabajo y alcanzo a realizar 312 encuestas en las Ciudades Capital y La Banda en la Provincia de Santiago del Estero, 287 encuestas en la Ciudad Capital y Carlos Paz en la Provincia de Córdoba, 170 encuestas en la Ciudad Capital y localidades de Taffí del Valle y El Mollar en la Provincia de Tucumán y 154 encuestas en la Ciudad Capital y localidad de El Rodeo en la Provincia de Catamarca.

Estructura de la encuesta:

Para facilitar las respuestas, sistematización de la información y análisis posterior de la información recabada con la encuesta, se plantearon algunos de los siguientes interrogantes y se presentó a los encuestados un fajo de leña de 3 kg, que se empleó como muestra de referencia para orientar el dimensionamiento del consumo en las respuestas.

- a) ¿Cuál es el consumo anual de leña y carbón?
- b) ¿Cuáles son los usos principales de la leña y carbón?
- c) ¿Cuáles son las fuentes principales donde obtiene la leña / carbón y el precio de venta?
- d) ¿Cuál es la ponderación comparativa para diferentes atributos entre los combustibles, leña, carbón y gas?
- e) ¿Con qué producto se asocia la leña? (carne, verduras, vino, gaseosas, carbón, fósforos, pastillas de encendido y otro: cuál?)

Las demás variables incluidas y relevadas en la encuesta no se analizaron en el marco del presente trabajo.

La información recabada, se complementó mediante relatos de informantes calificados, observación de los encuestadores / autores y recabando historias de vida, del mismo espacio muestral (Combetto *et al.*, 1999).

Para el análisis de los principales usos de la leña y carbón se emplearon las variables de clasificación siguientes:

Leña:

- Horneado: engloba el uso para cocción de alimentos en distintos tipos de hornos.
- Asado: engloba al uso para el asado en parrillas y estacas.
- Calefacción: se refiere al empleo para hacer funcionar cualquier artefacto y forma de calefaccionar ambientes.
- Calentar agua: hace referencia al empleo para calentar agua con distintos fines de uso.
- Resto: engloba todos los usos que no están contemplados en las variables de clasificación restantes

Carbón:

- Asado: engloba al uso para el asado de alimentos en parrillas y estacas.
- Cocción alimentos/olla/disco se refiere al empleo para la cocción de alimentos en distintos artefactos y con distintas técnicas de operación como cocinas, ollas, discos, planchas, etc.
- Resto engloba todos los usos que no están contemplados en las variables de clasificación restantes
- Para el análisis de las principales fuentes de obtención de leña y carbón, se tuvo de referencia la clasificación en Directas, Indirectas y de Recuperados (Arias Chalico & Riegelhaupt, 2002) y se emplearon las variables de clasificación siguientes:

Leña:

- Aserrado: engloba las fuentes de provisión indirectas, que son especializados en procesar madera como: aserraderos, corralones y descartes de cualquier industria maderera.
- Produce: se refiere a las fuentes directas de obtención con recursos y en sitios propios.

- Compra ambulante: se refiere a la obtención por compra a vendedores ambulantes y en sitios de paso, que comercializan leña de fuentes directas.
- Proveen sin costo: hace referencia a la obtención por donaciones y/o extracción de lotes fiscales que pueden ser productos de fuentes directas, indirectas y/o recuperadas.
- Resto engloba todas las fuentes de obtención que no están contemplados en las variables de clasificación restantes.

Carbón:

- Compra en despensa: se refiere a las fuentes de provisión en las despensas generalmente barriales.
- Compra en verdulería: se refiere a las fuentes de provisión en las verdulerías barriales y/o de paso.
- Otros: se refiere a corralones y vendedores ambulantes.
- Compra en supermercado: son las fuentes de provisión en supermercados de distintas escalas de venta.
- Compra en carnicería: se refiere a las fuentes de provisión en comercios que son carnicerías exclusivamente.
- Resto engloba todas las fuentes de obtención que no están contemplados en las variables de clasificación restantes.

El carbón es una fuente de dendrocombustible indirecta en todos los casos.

Para la leña y carbón, los valores monetarios están expresados en dólares estadounidenses considerando un tipo de cambio promedio en los meses de enero y febrero de 2013 de 4,98 \$ argentinos por dólar, al cambio oficial, ya que para el mismo período, el país tenía un tipo de cambio no oficial de 6,8 \$ por dólar. La dolarización de los valores se debe a que esta moneda extranjera es más estable que la local, y el sólo hecho de utilizar el valor nominal en pesos hace que rápidamente queden desactualizados los valores por lo que se definió ajustarlo a la cotización del dólar en el momento en que se efectuaron las encuestas.

Para la ponderación comparativa de los atributos seleccionados: “Facilidad para conseguirlo/a”, “Nivel de preservación del ambiente”, “Precio más bajo”, “Mejor sabor en la cocción de alimentos”, “Incidencia positiva en la salud humana”, “Poder calórico” y “Facilidad para encender”, que refleja el nivel de satisfacción de los usuarios de los combustibles leña, carbón y gas, se diseñó una escala de clasificación con valoración negativa para cuantificar la insatisfacción y positivos para cuantificar la satisfacción de los usuarios, con un rango del 1 (uno) al 3 (tres). El mayor valor absoluto porcentual asignado, tanto negativo como positivo, refleja una mayor insatisfacción o mayor satisfacción, respectivamente.

En la escala de clasificación de las variables empleadas para evaluar con cuál producto se asocia la leña, las variables “NS/NC” engloba las respuestas de los encuestados que no saben o no contestan y “Otros” se refiere a todas las asociaciones que hacen los encuestados con productos que no están contemplados en las variables definidas.

El análisis realizado consistió en el cálculo del promedio y la desviación estándar. Se completó con gráficos y agrupación de frecuencias. Para ello se emplearon software de licencia libre (Infostat) y planilla electrónica de libros MS - Excel, según fue necesario.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Consumo anual de leña y carbón

Del total de encuestas realizadas, el consumo de carbón se realiza en el 91 % de los hogares, mientras que apenas más de la mitad de los hogares (55 %) consume leña.

De los hogares que consumen carbón y/o leña se obtuvo la siguiente información:

- En cuanto a leña, se consumen un promedio 291 kg/persona año, con una desviación de 81,2 kg/persona/año. Consumo significativamente menor al consumo rural de 438 kg per cápita que realizan en la localidad de Aldea Spatzenkutter, en la provincia de Entre Ríos (Roskopf *et al.*, 2007).
- Para el carbón, se consumen un promedio de 62 kg/ persona/año, con una desviación de 7,4 kg/persona/año.

Como puede observarse, se verifica una mayor dispersión en los valores para el consumo de leña que para el carbón.

b) Usos principales de la leña y carbón

b.1) Leña

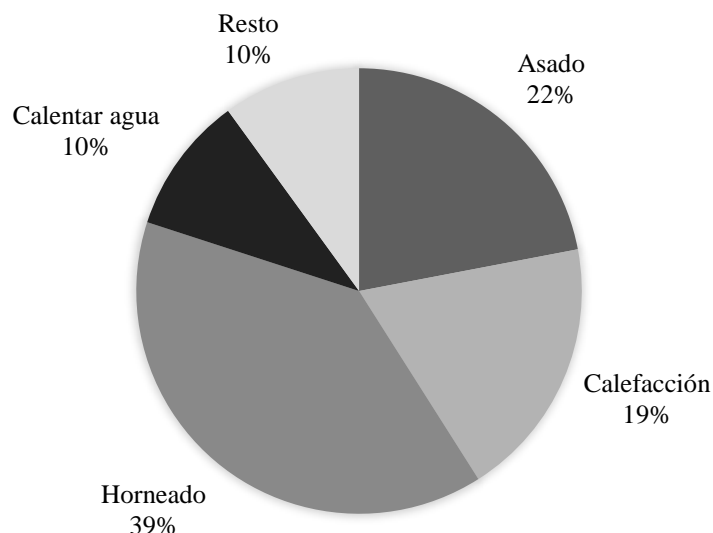


Figura 1. Participación del consumo de leña en sus diferentes usos.

El uso principal de la leña en los sitios de estudio es el “Horneado”, seguido de la “Asado” y entre estas dos variables de clasificación concentran más del 60 % del destino doméstico de la leña, como lo muestra la Figura 1.

En el estudio realizado por Roskopf *et al* (2007) para una localidad rural entrerriana, los resultados fueron similares, siendo la preparación de alimentos el principal uso de la leña, aunque la clasificación fue diferente (se incluye el lavado de ropa por ejemplo que en el presente análisis no fue abordado, debido a que en ningún caso los encuestados mencionaron esta alternativa).

b. 2) Carbón

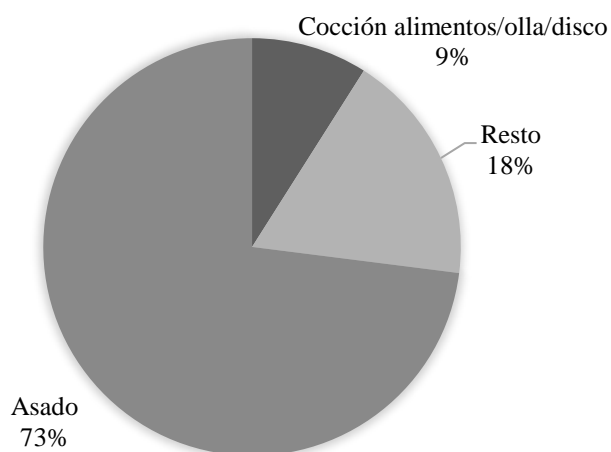


Figura 2. Participación del consumo de carbón en sus diferentes usos.

En la figura 2 puede observarse que el principal uso doméstico del carbón es “Asado”, concentrando más del 70 % con destino doméstico. La leña, por su parte, presenta más opciones de usos que el carbón.

c) Fuentes principales de donde se obtiene la leña / carbón y el precio de venta

c. 1) Leña

Tabla 1. Porcentaje de participación de los principales sitios de donde se obtiene la leña, precio de venta y desviaciones respecto al precio medio por sitio, según encuestas año 2013.

Fuente	% del total	Precio Mínimo US \$/kg	Precio Medio US \$/kg	Precio Máximo US \$/kg	Desviación en US \$ del Precio Medio	Desviación % del Precio Medio
Aserrado	33,1	0,161	0,251	0,341	0,090	31
Produce	32,3	0	0,026	0,052	0,026	1
Compra ambulante	16,4	0,088	0,145	0,201	0,056	38,9
Resto	10,1					
Proveen sin costo	8,1					
Total	100					

Según Tabla 1, las principales fuentes de provisión de leña para uso doméstico, se concentran en las tres primeras variables de clasificación, con el orden porcentual de importancia decreciente: “Aserrado” (33 %), “Produce” (32 %) y “Compra ambulante” (16 %), concentrando más del 80 % de las fuentes de provisión del producto.

La fuente de provisión de leña proveniente de “Aserradero” es donde el precio del producto es más elevado, para quien “Produce” el producto puede tener un precio definido o no y es el más bajo registrado.

En función de los resultados obtenidos, se podría suponer que el precio declarado por los consumidores, para la fuente de provisión “Produce”, realmente sea el gasto por el pago de los factores productivos utilizados o “costo explícito” (Coronel, 2011) para obtención del producto,

costos que son efectivamente pagados por los bienes o servicios adquiridos a un precio de mercado, sin considerar los costos implícitos que son los que no involucran un desembolso monetario (conocidos también como costos de oportunidad).

Si bien, para la “Compra ambulante” se registra un precio intermedio entre las variables consideradas, el porcentaje de consumidores que recurren a esta opción son muy escasos con respecto a las otras.

La fuente de provisión “Aserrado” y “Produce”, presenta la mayor y menor desviación en US \$ (dólares) con respecto a sus precios medios, respectivamente. Sin embargo, la opción “Compra ambulante” y “Produce” sustentan la mayor y menor desviación % (porcentual) con respecto a sus precios medios.

c. 2) Carbón

Tabla 2. Porcentaje de participación de los principales sitios donde se obtiene el carbón, precio de venta y desviaciones respecto al precio medio por sitio.

Fuente	% del total	Precio Mínimo US \$/kg	Precio Medio US \$/kg	Precio Máximo US \$/kg	Desviación en US \$ del Precio	Desviación % del Precio
Compra en despensa	40,5	0,53	0,56	0,60	0,03	5
Compra en verdulería	18,8	0,39	0,44	0,50	0,05	12,2
Otros	13,4	0,33	0,42	0,50	0,08	20,28
Resto	10,5					
Compra en supermercado	8,7	0,54	0,64	0,74	0,10	16,3
Compra en carnicería	8,1	0,43	0,52	0,61	0,09	17,24

Las principales fuentes de provisión de carbón para uso doméstico en los sitios de estudio, se concentran en las tres primeras variables de clasificación, con el orden porcentual de importancia decreciente, “Compra en despensa” (40 %), “Compra en verdulería” (19 %) y “Otros” (13 %), concentrando más del 70 % de las fuentes de provisión del producto, con una marcada superioridad a favor la variable “Compra en despensa” (Tabla 2).

La fuente de provisión de carbón “Compra en supermercado” es donde el precio del producto es más elevado (0,64 US \$/kg), pero el porcentaje de consumidores que optan por esta alternativa es muy bajo (9 %).

Las fuentes de provisión alternativas “Compra en despensa” y “Compra en carnicería”, son las que ocupan el segundo y tercer puesto en cuanto a niveles descendentes de precios. La primera fuente de provisión se presenta como la opción con el valor porcentual más alto de consumidores que la emplean / eligen.

La fuente de provisión de carbón “Compra en supermercado” y “Compra en despensa”, presenta la mayor y menor desviación en US \$ (dólares) con respecto a sus precios medios, respectivamente. Pero al tratarse de la desviación % (porcentual) con respecto a sus precios medios, las variables “Otros” y “Compra en despensa” sustentan la mayor y menor desviación, respectivamente.

El carbón presenta más opciones de fuentes para obtención y mayores precios de venta que la leña.

d) Ponderación comparativa porcentual para diferentes atributos de leña, carbón y gas.**Tabla 3.** Ponderación positiva y negativa para diferentes atributos de los productos leña, carbón y gas

Producto	Atributos						
	Facilidad para conseguirlo/a	Nivel de preservación del ambiente	Precio más bajo	Mejor sabor en la cocción de alimentos	Incidencia positiva en la salud humana	Poder calórico	Facilidad para encender
Leña	- 24,71	12,33	-11,85	30,89	26,74	9,71	8,03
Carbón	2,40	- 25,48	-16,61	-11,07	-23,22	-9,71	-8,03
Gas	22,31	13,15	28,47	-19,81	-3,52		

Luego de sistematizada la información, se calcularon los “porcentajes de valoración” en términos de: “satisfacción e insatisfacción”, con respecto de la media entre combustibles, para los diferentes atributos. La información resultante se sintetiza en la Tabla 3.

Los cuatro atributos que presentan los mayores valores porcentuales de satisfacción, respecto de la media entre combustibles en orden decreciente son: “Mejor sabor en la cocción de alimentos” para la leña, “Precio más bajo” para el gas, “Incidencia positiva en la salud humana” para la leña y “Facilidad para conseguirlo/a” para el gas.

Los cuatro atributos con mayores valores porcentuales de insatisfacción, respecto de la media entre combustibles en orden decreciente son: “Nivel de preservación del ambiente para el carbón”, “Facilidad para conseguirlo/a para la leña”, “Incidencia positiva en la salud humana” para el carbón y “Mejor sabor en la cocción de alimentos para el gas”.

La falta de respuesta para los atributos “Poder calórico” y “Facilidad para encender” para el gas, se puede deber a que los encuestados no tienen claro cómo asignarle un valor a la consulta.

e) Con cuál producto se asocia la leña**Tabla 4.** Porcentaje de importancia en la asociación de la leña con diferentes productos.

Producto	% del total
Carne	68,53
Verduras	7,97
Carbón	7,87
NS/NC	5,33
Vino	4,16
Fósforos	2,75
Pastillas de Encendido	1,34
Gaseosa	1,29
Otros	0,64
Total	100

Las personas encuestadas asocian a la leña, principalmente con la carne en una proporción considerable, como queda exhibido en la Tabla 4.

4. CONCLUSIONES

El principal uso doméstico de la leña y el carbón es la cocción de alimentos en hornos y distintos tipos de parrillas. Por lo cual, la transformación y comercialización de la madera para fines energéticos, en el mercado estudiado, debiera orientarse a las exigencias de este nicho de consumo.

En el espacio muestral del estudio, el carbón se consume en más hogares que la leña, pero ésta presenta mayor consumo per cápita y es más flexible que el carbón, en cuanto a sus posibilidades de usos domésticos.

Los sitios de provisión de leña, las variaciones en los precios y consumos registrados, revelan la ausencia o incipiente presencia de un sistema de logística en provisión y venta y un “precio de referencia” para el producto.

En el caso del carbón los principales sitios de provisión son las despensas barriales, verdulerías, corralones y vendedores ambulantes presentando un rango de alternativas más amplio que la leña, para acceder y ofrecer el producto.

El precio de venta del carbón se mantiene más elevado que el de la leña, pero se requiere un análisis económico financiero más exhaustivo, si se pretende invertir en la producción y comercialización de uno o ambos productos.

Si bien, de acuerdo a los atributos empleados en el estudio, la leña y el gas se presentan como combustibles más atractivos para la cocción de alimentos, que el carbón, la facilidad para conseguir leña, puede ser una barrera a sortear a la hora de promocionar su consumo.

El carbón es el producto con más atributos negativos, con respecto al gas y la leña. Lo cual merece un análisis prospectivo, como producto energético para cocción de alimentos.

El gas se pondera positivamente por atributos más ligados a aspectos de mercado, que por cualidades diferenciales del producto.

Dada la gran asociación que presenta la leña con la carne, se podrían considerar a estos bienes como bienes complementarios, tal como lo muestran los resultados de las encuestas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Chalico T. y E. Riegelhaupt. 2002. *Guía para estudios de demanda, oferta y abastecimiento de combustibles de madera*. Programa de manejo forestal sostenible. FAO.
- Broadhead, J. S.; J. Bahdon y A. Whiteman. 2001. *Past trends and future prospects for the utilisation of wood for energy*. Global Forest Products Outlook Study Working Paper N° 5. FAO, Roma.
- Combetto, A.; G. Pelicano; A. Benetti y L. Reboratti. 1999. Proceso de energización rural y generación de nuevas prácticas comunitarias. El caso de la Puna Jujeña. *Revista: AVERMA*. Vol3. [En línea] Disponible en: <<https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/1999/1999-t001-a007.pdf>>
- Coronel, M. y G. Cardona. 2011. *Cómo calcular costos forestales*. Universidad Nacional de Santiago del Estero, 1ra ed. Lucrecia. Santiago del Estero, Argentina.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2015. *Global production and trade of forest products in 2014*. [En línea] Disponible en: <<http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/>>
- Navall, J. M. 2012. *Análisis expeditivo de estadísticas forestales de bosques nativos*. Informe Técnico. [En línea] Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/analisis-de-estadisticas-de-produccion-de-bosques-nativos-2001-2011/at_multi_download/file/INTA-informe%20analisis%20estadisticas%20bosque%20nativo%202001-2011.pdf>

- Roskopf, R.; E. Riegelhaupt; P. Aceñolaza y J. Rosenberger. 2007. *Patrón local de uso para combustibles de madera en una localidad rural entrerriana*. Jornadas forestales de Entre Ríos, Argentina.
- Velez, S.; M. Sarmiento; O. Pranzoni; C. Godoy y D. Castro. 2008. Consumo de biocombustible sólido en la ciudad de Santiago del Estero: Mercado no formal doméstico. *Quebracho*:15. pp. 47-53.



ARTÍCULO INVITADO

A sesenta años de la creación de la Facultad de Ingeniería Forestal de Santiago del Estero

Sixty years after the foundation of the Faculty of Forest Engineering in Santiago del Estero

Roic, L.¹

Recibido en Noviembre de 2018

El comienzo de la historia

La carrera de ingeniería forestal nace en nuestro país con la creación de la Facultad de Ciencias Forestales de Santiago del Estero. Cuando recibí la propuesta de escribir un artículo respecto a los sesenta años transcurridos desde ese acontecimiento, tuve presente que se pueden tratar aspectos tan diversos como, entre otros, causas que motivaron la creación de la carrera, evolución, logros y evaluación de la situación actual de nuestra profesión y de su ejercicio, y desde luego, mencionar a todos a los que han participado en el devenir institucional. Debido a que muchos de esos aspectos han sido tratados en mayor o menor profundidad y extensión, decidí circunscribirme a lo atinente a algunos que se destacan en la historia de nuestra Facultad, en la que como estudiante tuve la suerte de participar desde el comienzo de su existencia.

En resumen, mi intención es hacer que se conozcan hechos y vivencias del pasado desconocidos por quienes no han sido sus protagonistas o testigos, y que por lo tanto desaparecerán con quienes tuvieron ese protagonismo o pueden dar testimonio. Es por eso que no pude sustraerme a la decisión de tratar aspectos no siempre conocidos ni recordados, pero que son las bases del sustento de nuestra historia profesional; no la historia de grandes logros, sino la historia que abarca actores, hechos y cambios que hemos presenciado, la semblanza de aquellos a los que debemos nuestra formación profesional, en fin, todo lo que en un aporte de conjunto ha servido para cimentar la historia y la proyección de la institución.

Comienzan mis recuerdos con los acontecimientos que decidieron la elección de la que sería mi profesión. En el año 1958 cuando ya había comenzado mis estudios en la Facultad de Agronomía de Tucumán, un compañero de estudios santiagueño me comentó que recientemente en Santiago del Estero se había creado una Facultad de Ingeniería Forestal y que decidió regresar a su provincia para seguir estudios en esa facultad. Debido a que la noticia motivó mi interés, decidí acompañarlo e indagar al respecto. Impresionado favorablemente, me inscribí en la nueva carrera convirtiéndome así en el primero de los muchos estudiantes que desde otras provincias vienen y siguen viniendo a Santiago del Estero para estudiar en la actual Facultad de Ciencias Forestales.

Completa el recuerdo de mi corta permanencia en la Facultad de Agronomía de Tucumán el obsequio que me hizo un compañero de esa facultad: era un ejemplar del primer número de una revista llamada Revista Forestal Argentina, dirigida por un ingeniero agrónomo llamado Domingo Cozzo. Lejos estaba yo de imaginar que en unos años, ese para mí desconocido profesional dictaría cursos en nuestra Facultad; que junto con otros colegas, yo publicaría en la revista a la que hice referencia y que la Facultad, casi en pleno, con docentes y estudiantes, asistiría el 6 de octubre de 1969 en Buenos Aires a la inauguración del Primer Congreso Forestal Argentino organizado y presidido por el ingeniero Cozzo. No puedo dejar de relatar la circunstancia que me

¹ Ing. Forestal. Ex docente de Botánica Forestal. Durante 33 años director del Jardín Botánico de la Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Actualmente, el Jardín Botánico lleva su nombre.

permitió conocer la existencia de quien ha sido reconocido como una autoridad nacional y mundial en la materia, y que tanto protagonismo tuvo en el quehacer forestal argentino.

Las actividades de la Facultad durante las primeras décadas, que es el período dentro del que se ubica este relato, se llevaron a cabo en el edificio de la calle Independencia 341 cedido por la Liga del Magisterio Santiaguense. El inicio formal de esas actividades lo constituyó el acto realizado a las diez de la mañana del 21 de abril de 1958, que contó con la presencia del Interventor Federal de la Provincia de Santiago del Estero vicealmirante Gabriel Maleville, del rector de la Universidad Nacional de Córdoba doctor Pedro León y otras autoridades locales. Quedó así oficialmente inaugurada la primera facultad argentina de ingeniería forestal, cuyo primer decano fue el doctor Juan Delibano Chazarreta, mientras que el ingeniero Néstor René Ledesma fue su primer vicedecano y brazo ejecutor del proyecto. El ingeniero Mario A. Lavaisse fue designado secretario. (Figura 1)

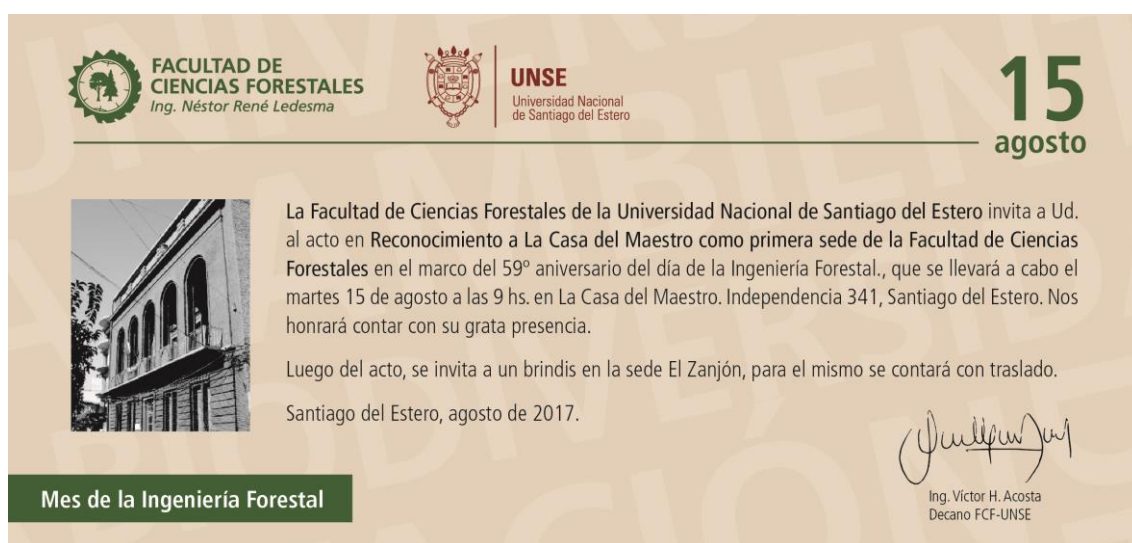


Figura 1. Invitación al acto de reconocimiento a La casa del Maestro como primera sede de la Facultad de Ciencias Forestales como parte de los festejos del 59 aniversario del día de la Ingeniería Forestal. Agosto de 2017.

El nuevo centro universitario comenzó con una situación especial en lo atinente a su denominación y funcionamiento, ya que por ley provincial recibía la denominación de Facultad de Ingeniería Forestal y también los recursos necesarios para su funcionamiento, mientras que la Universidad Nacional de Córdoba tenía a su consideración el reconocimiento académico pleno bajo la denominación de Instituto de Ingeniería Forestal, es decir que su existencia se mantuvo durante algunos años con una situación pendiente de resolución. Lógicamente, al avanzar en sus estudios los primeros ingresantes y ante la proximidad de la terminación de su carrera, adquirió el carácter de urgente la necesidad de contar con el reconocimiento académico pleno de la Universidad Nacional de Córdoba, lo que implicaba el otorgamiento del título universitario por parte de la misma.

En junio de 1962, una delegación presidida por el ingeniero Ledesma y compuesta por docentes y estudiantes, acompañados por el subsecretario de Asuntos Agrarios de la intervención federal en Santiago del Estero, viajó con el objeto de defender ante el Consejo Superior de esa Universidad el pedido de solución a la necesidad de que la Universidad Nacional de Córdoba otorgue nuestro título, ya que desde el año 1958, como Instituto de Ingeniería Forestal, estábamos incorporados a su estructura académica aunque con cuestiones del estado estatutario aún sin resolver. Participé en esa delegación en mi carácter de estudiante, y recuerdo la noche en la que fuimos recibidos en la sesión del Consejo Superior. Con la aprobación del proyecto oportunamente elevado para

completar la tramitación pendiente de resolución quedó abierto el camino para que la Universidad Nacional de Córdoba otorgara los nuevos títulos profesionales, lo que sucedió en el año 1963, después de que el 16 de agosto de ese año dos de los primeros estudiantes, Aníbal Dalmacio Costa y Héctor Rodolfo Reuter aprobaron su última asignatura. Corresponde destacar aquí el apoyo y solidaridad de dos estudiantes santiagueños de la Universidad de Córdoba, Humberto y Ricardo Sgoifo, quienes consiguieron que representantes estudiantiles ante el Consejo Superior presentaran y respaldaran el proyecto correspondiente al logro de nuestro anhelo.

La consolidación institucional se logró el 22 de marzo de 1968, cuando se firmó el convenio mediante el cual la Provincia de Santiago del Estero transfería su Facultad de Ingeniería Forestal a la Universidad Nacional de Córdoba, la que la incorporaba íntegramente a su presupuesto con la denominación de Instituto de Ingeniería Forestal. La denominación de Instituto de Ingeniería Forestal se mantuvo hasta que, con la transferencia a la Universidad Nacional de Santiago del Estero y la organización departamental de la misma, se pasó a la denominación de Área Forestal en 1975 y posteriormente a la de Escuela de Ingeniería Forestal, hasta que en 1984, con la estructuración por el sistema de Facultades, se le asignó la denominación de Facultad de Ciencias Forestales. En el año 2004 se le impuso la denominación actual en homenaje al ingeniero Néstor René Ledesma.

Ya establecida formalmente la denominación de Instituto de Ingeniería Forestal, el ingeniero Néstor R. Ledesma fue su director, mientras que el arquitecto Carlos M. Gómez Álvarez se desempeñó en el cargo de secretario. En 1968 el ingeniero Pedro E. Boletta fue designado en el cargo de secretario técnico, en el que continuó durante toda la permanencia del ingeniero Ledesma en su cargo de director. El arquitecto Gómez Álvarez fue el último director del Instituto hasta que se produjo la incorporación del mismo a la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Por ser extensa la nómina de docentes que se desempeñaron durante estos sesenta años, me limitaré a la mención de los que lo hicieron durante el primer año, como así también de los que tuvieron a su cargo la iniciación de asignaturas profesionales de los años posteriores. El transcurso del tiempo y otras causas originan cambios y sucesiones en las cátedras, por lo que un tratamiento completo del tema excedería los límites y el objetivo de este escrito. Todos los docentes y no docentes que formaron parte de la Facultad aportaron a su crecimiento institucional, por lo que queda pendiente la tarea de publicar sus nombres para expresar así un reconocimiento merecido.



Figura 2. El Sr José Ibáñez, uno de los primeros miembros del personal no docente, en compañía de los ingenieros Pedro E. Boletta y Lucas D. Roic, en ocasión del homenaje a la Casa del Maestro en el 59 aniversario de la creación de la carrera de Ingeniería Forestal

Los primeros años de actividades académicas

La inscripción de 133 estudiantes en primer año, teniendo en cuenta las circunstancias de lugar y de tiempo, era una cantidad muy significativa. No faltaban los que ya habían comenzado otros estudios universitarios y hasta había algunos con título de grado. Muchas clases se daban por la mañana y se repetían por la tarde para facilitar la asistencia de quienes tenían obligaciones laborales.

Comenzando por las asignaturas de primer año, la de Dibujo y Fotografía la tenían a su cargo los arquitectos Aníbal Oberlander y Antonio V. Contato. Con tanta paciencia como prestancia, fueron capaces de lograr que hasta los menos habilidosos pudiéramos cumplir con los objetivos de su asignatura. Debido a la inauguración de la Facultad, el arquitecto Contato confeccionó un elegante documento en el que expresa en idioma quichua un compromiso firmado por autoridades, público y alumnos. Cabe mencionar que la redacción y correspondiente traducción de ese compromiso ha sido una colaboración de la docente rural señora Isabel Garnica de Papalardo (dato suministrado por la doctora Lucrecia Contato) (Figura 3).



Figura 3. Documento elaborado por el Arq. Contato.

“Tacko, ckaaschiskayquita Natu ralezapcusiya ruaskkaraycu; micuy y proteccióncusaypajcanqui; cunan mosojcuna Ingeniería Forestal Facultadpayachanaanca iniyquijMisterionta, sakesuicupaypaatiyni piresguardoyquipajtucu ytiempor pi canapaj”

“Con el árbol que te mostramos, obra de la naturaleza, hacíamos nosotros con alegría la comida y protección para vivir. Ahora los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Forestal, quieren saber los misterios que encierran las plantas, dejar para ellos y, si pueden, para el resguardo de todos los tiempos venideros”

La enseñanza de Matemática estaba a cargo de la profesora Ana Micheli de Filippi, que aparte de su capacidad didáctica poseía una paciencia y habilidad especial: era capaz de ubicarse frente al pupitre de quien la consultaba y desarrollaba la explicación de una fórmula matemática escribiendo al revés. El doctor Guido Frediani complementaba con entusiasmo su tarea.

El doctor Arnaldo Gabellieri, profesor de Física, ponía gran empeño en explicar amablemente los principios y fenómenos de esa ciencia, la que me brindó la oportunidad de dar el examen más largo de mi carrera. En los laboratorios de la Escuela Industrial, a cargo del ingeniero Elfio Vélez y con la colaboración del agrimensor Carlos Gaillard, se hacían las prácticas de Física.

El doctor Jorge Morello, reconocido a nivel internacional en el ámbito de la Ecología, fue nuestro profesor de Botánica durante el primer año. Es difícil no recordar sus clases en las que se sentía la presencia de la naturaleza. Su indumentaria predilecta era la de campaña aunque estuviera dictando sus clases en el aula. En presencia de las plantas vivas era donde prefería transmitirnos sus conocimientos; lo seguíamos muy de cerca en las caminatas por nuestro bosque, sometiéndolo a una lluvia de preguntas sobre las plantas que se presentaban en nuestro camino. Cabe agregar que su labor estaba secundada por el ingeniero Leopoldo M. Flores, quien brindaba sus aportes con tanta eficiencia como entusiasmo; con pocos y precisos trazos hacía en el pizarrón excelentes dibujos botánicos, y además era el encargado de llenar una extensa mesa con muestras de plantas, cuyo reconocimiento tenía un rol determinante en el resultado del examen.

También era integrante del grupo de docentes de primer año la profesora de Inglés, señora Olga Freddel de Baulina, que preparó un apunte adaptado especialmente a las necesidades de nuestra orientación profesional. Finalmente, la asignatura Química General e Inorgánica estaba a cargo del ingeniero Walter Facal, cuyas clases implicaban la explicación de numerosas fórmulas que cubrían reiteradamente el pizarrón; el ingeniero Nunzio O. Abate, de dilatada trayectoria en nuestra carrera, estaba a cargo de las clases prácticas que se desarrollaban en los laboratorios de la Escuela Industrial.

Los años posteriores

Ya en el segundo año, tuvimos el privilegio de deleitarnos con las clases de Zoología Forestal del doctor Jorge Washington Ábalos. En él se daban cita las cualidades del maestro, del escritor y del científico. Basta con conocer algunos de sus libros para concluir que las explicaciones que daba sobre diversas especies animales en gran parte eran producto de su conocimiento directo, en vivo. Tenía la gran virtud de introducir el humor en lo serio y en lo científico, sin menoscabo de ello.

Al ingeniero Antonio Piñeiro le tocó la responsabilidad de dictar el curso de Edafología. Escuchar sus clases era oír una disertación excepcional en cualquier aspecto que se considerara. El dictado de Tecnología de la Madera estaba a cargo del ingeniero Pablo Diez Almirante que volcaba generosamente toda su experiencia en la materia, en especial en lo atinente a secado e impregnación.

La presencia de los ingenieros forestales en la docencia se inicia con la llegada del doctor José Balen, ingeniero forestal croata que representaba la figura del profesor tradicional, provisto de tanta ciencia como cultura. Poseedor de conocimientos amplios, se destacaba en silvicultura, aunque la dendrología, la economía y la política también estaban dentro de su aptitud docente. Su tarea fue el dictado de las asignaturas Dendrología y Fitopatología. Respecto al doctor Balen cabe decir que su historia ha merecido atención en el ámbito forestal de su país de origen; tal es así, que se ha ocupado del tema el doctor Igor Anić, presidente de la Academia de Ciencias Forestales de Zagreb (comunicación del doctor Anić al ingeniero Pedro E. Boletta).

El ingeniero Demetrio Havrylenko, forestal ucraniano, dictaba las asignaturas Silvicultura y Conservación y Defensa del Bosque. Naturalista por excelencia, tenía un especial conocimiento

de nuestros bosques sureños y una particular afición por los insectos. En la ya citada sede de la calle Independencia perteneciente a la Liga del Magisterio Santiagueño se habían habilitado dos habitaciones para residencia de profesores. Una de ellas era la ocupada por el ingeniero Jorge Petrak y la otra, ocupada por el ingeniero Havrylenko, constituía un sitio de pequeñas reuniones de estudiantes con su maestro. Conversaciones respecto a una diversidad de temas se desarrollaban cuando lo visitábamos en algún tiempo libre entre clases o a veces hasta los días en que no había actividad académica, ya sea por el solo placer de la compañía de sus años y su experiencia o para consultas específicas.

El profesor Rodolfo Golbach era el titular de la cátedra de Entomología Forestal; desarrollaba sus clases con tanta solvencia como didáctica. Era uno de los varios profesores que se trasladaban desde otras ciudades (en su caso Tucumán) para dictar sus clases. Cuando pernoctaba en Santiago para dictar su clase del día siguiente, solía recorrer vidrieras iluminadas en compañía del ing. Havrylenko para hacer una fructífera recolección de insectos. Al comenzar el doctor Morello el dictado de la asignatura Geobotánica se hicieron viajes de campo compartidos con Entomología; como sucede con los árboles del bosque, se establecía una competencia, pero ésta era una competencia armoniosa que consistía en un torrente de preguntas de los alumnos y de respuestas de los maestros.

¿Quién de sus alumnos no guarda un recuerdo del ingeniero Petrak?. Emigrado de su Croacia natal, en sus clases de Ordenación el conocimiento directo de los bosques de las diferentes latitudes de nuestro país le servía para dar ejemplos concretos, tomados del medio, y para comparar con sus viejos conocidos: los bosques europeos. Se presentaba para dictar sus clases con una infaltable corbata verde, como para no dejar duda de su profesión forestal. Sus apuntes eran de una caligrafía tan uniforme y prolija como su redacción, la que superaba la fluidez de su expresión oral. Su vida se apagó repentinamente en el mismo sitio en el que impartió durante varios años su enseñanza.

Otro compatriota suyo, el ingeniero Casimiro Uhrin, desempeñó un rol preponderante en nuestra casa de estudios. Apoyado en sus inquietudes por el ingeniero Ledesma, sobre su escritorio elaboró el proyecto de un sistema para dotar de agua a las poblaciones santiagueñas por medio de acueductos, ignorada iniciativa que ha sido la base de los actuales canales del interior santiagueño. El Plan de Recuperación de la Economía Forestal Santiagueña, el Instituto Forestal de Industrialización y Administración (IFIA), así como los Distritos Forestales, fueron proyectos originados en nuestra casa de estudios debido a su iniciativa y eran propuestas válidas para aprovechar y mantener los recursos forestales de la provincia. Tuve la suerte de poder trabajar en los dos primeros.

Una mención especial merece el ingeniero Felipe Mussi, que sacrificaba días de descanso para viajar desde Rosario a su provincia natal para dictar las clases de Industrias II, haciéndolo sin el propósito de acrecentar ni su currículum ni su ingreso monetario. Pagaba de su sueldo los gastos de pasaje y donaba el resto a la Facultad. Aparte de sus clases que hemos escuchado días sábado, domingo, y hasta un 25 de mayo, nos daba un ejemplo respecto a la mejor manera de honrar una fecha patria.

El dictado de las asignaturas Hidráulica Forestal y de Resistencia de Materiales y Construcciones estaban a cargo de los ingenieros Roberto Lazarte y Rubén Linares, respectivamente. El dictado del primer curso de Fitotecnia Forestal, de carácter intensivo, lo desarrolló el ingeniero Wilfredo Barrett, de tan importante como dilatada trayectoria.

Resultados de la dedicación exclusiva

A partir del año 1969 en el tan añoso como distinguido edificio donde se iniciaron las actividades se habilitaron gabinetes para el uso de los docentes con dedicación exclusiva, los que fueron ocupados por los ingenieros Casimiro Uhrin, Camilo A. Robles, Luis A. Armand, Celia R. Gaillard y José del C. Díaz, algunos, como en mi caso, compartidos. Los ingenieros Roberto B. Raña y Néstor S. Correa que fueron los primeros profesores con dedicación exclusiva de Fitopatología y de Fisiología, cumplían su tarea en sus respectivos laboratorios. Con el ingeniero Díaz además de haber sido compañeros desde el primer año de estudios, nos unía la circunstancia de haber sido los primeros egresados del Instituto de Ingeniería Forestal que fueron designados en el cargo de profesor del mismo.

Antes de que se concentraran las actividades de los profesores en la sede del entonces Instituto de Ingeniería Forestal muchos docentes atendían consultas de los estudiantes en su propio domicilio. La asignación de gabinetes significó un incremento de las relaciones entre los docentes y entre éstos y los estudiantes, sin más limitaciones que las necesarias para evitar superposiciones horarias.

Los viajes para la enseñanza de campo

La enseñanza de campo y posteriormente las pasantías eran y siguen siendo una parte importante de nuestra formación profesional. Para las excursiones de estudio utilizábamos habitualmente camiones y camionetas cedidos por reparticiones provinciales, lo que nos permitió conocer sitios de la provincia y de provincias vecinas. Una variante excepcional la constituía un ómnibus alquilado; en ese caso se identificaba a sus pasajeros colocando prolijamente en los costados un lienzo sobre el que algunos habilidosos compañeros se encargaban de pintar un letrero que decía “Facultad de Ingeniería Forestal”.

Así conocimos los bosques de quebrachos que se podía apreciar a lo largo de los caminos del norte de nuestra provincia, con alturas y diámetros que ahora solo quedan en nuestro recuerdo o en la bibliografía. Así conocimos la entonces abundante vegetación de la sierra de Guasayán y en lo personal, pude hacer mi primer viaje como ayudante de cátedra acompañando a ese gran botánico que fue el doctor Teodoro Meyer. En ese viaje llamaron mi atención unos cactus semiesféricos de hasta más de 50 cm de diámetro (pertenecientes a la especie *Lobivia bruchjii*) abundantes a lo largo del camino de acceso a Tafí del Valle, a orillas del cual, en el sector que atraviesa la selva, se podía observar también una considerable cantidad de helechos de varias especies

En la actualidad en muchos de los sitios visitados otrora provistos de abundantes ejemplares de quebrachos, cuesta encontrar un ejemplar adulto digno de representar su estirpe en una fotografía. La abundante vegetación de la sierra de Guasayán ya no exhibe su abundancia anterior. Los grandes cactus semiesféricos mencionados precedentemente han desaparecido de ese sitio y los helechos abundantes en cantidad y en diversidad ya no son ni abundantes ni diversos. Estos cambios son solo un ejemplo de las alteraciones ocasionadas por la actividad humana que afectan al paisaje y al ambiente, con consecuencias en la economía y el bienestar social.

Creo oportuno completar este comentario con la versión castellana del compromiso que expresa en idioma quichua el documento ya mencionado confeccionado con motivo del acto inaugural: “con el árbol que te mostramos, obra de la naturaleza, hacíamos nosotros con alegría la comida y protección para vivir, Ahora los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Forestal, quieren saber los misterios que encierran estas plantas, para dejar para ellos y, si pueden, para resguardo de todos los tiempos venideros”.

Consideraciones finales

Deseo finalizar estas páginas en las que he procurado expresar por lo menos algunos aspectos sobresalientes de nuestra historia institucional, dejando para quienes son protagonistas del presente y del pasado inmediato la tarea pertinente.

Si bien ya he expresado que queda pendiente la misión de recordar para un merecido reconocimiento numerosos nombres, quiero agregar algunos a los mencionados en los párrafos precedentes. Son ellos los doctores José A. López, Eduardo Coronel y Dante C. Fiorentino, que fueron directores de los institutos de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), de Tecnología de la Madera (ITM) y de Control Biológico (INCOBI). Por su intensa actividad en campaña, su capacidad organizativa y su compenetración con el medio, merece una mención especial el ingeniero Heinz Fischer, el primero de los expertos aportados por el convenio con la República Federal de Alemania. No puedo omitir los nombres de los doctores Ricardo Lutti y Federico Vervoorst, que también aportaron a la docencia durante los primeros años.

Finalmente, respecto al ingeniero Ledesma solo diré que nos hizo conocer en el mundo y nos vinculó con relevantes personalidades de la ciencia y la técnica. Su empeño nos permitió hacer realidad la frase con la que finaliza su libro "Botánica" el reconocido naturalista y escritor doctor Eduardo L. Holmberg: "Y después, si la materia le ha interesado, estudie, medite y trabaje, y conocerá los grandes maestros. Hágase maestro. Y que el espíritu de la Verdad y de la Justicia sean con Vd."

