

# MECANISMOS DE ESTABLECIMIENTO DE ÁRBOLES NATIVOS EN PLANTACIONES DE *Pinus taeda* L. EN EL N DE MISIONES, ARGENTINA

ESTABLISHMENT MECHANISMS OF NATIVE TREES IN PLANTATIONS OF *Pinus taeda* L. IN NORTH OF MISIONES, ARGENTINA

Fecha de recepción: 19/10/2016 // Fecha de aceptación: 25/11/2016

## Luis Ritter

Ing. Forestal. Becario CONICET. Lab. de Investigación de Sistema Ecológicos y Ambientales (LISEA), FCAyF, UNLP./IBS-CONICET – FCF UNaM. luisritter@gmail.com

## Juan Goya

Ing. Forestal. Profesor Titular de Silvicultura. Lab. de Investigación de Sistema Ecológicos y Ambientales (LISEA), FCAyF, UNLP. jfgoya@gmail.com

## Martín Pinazo

Ing. Forestal. Investigador. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Montecarlo. pinazo.martin@inta.gob.ar

## Paula Campanello

Dra. en Biología. Investigador Adjunto CONICET. IBS, CONICET – FCF UNaM. pcampanello@gmail.com

## Renzo Eichelberger

## Lucas Rojas

Estudiante avanzado de Ingeniería Forestal. FCF-UNaM. renzofores54@gmail.com rojasjoselucas@gmail.com

## Marcelo Arturi

Dr. en Recursos Naturales. Profesor Titular de Biometría Forestal. Lab. de Investigación de Sistema Ecológicos y Ambientales (LISEA), FCAyF, UNLP. marceloarturif@gmail.com

**Yvyrareta**  
Reserva Forestal. Páramo de Arboles

## RESUMEN

La regeneración de árboles nativos en plantaciones forestales incrementa su diversidad biológica y disminuye sus efectos ambientales negativos. En Misiones las plantaciones de *Pinus* L. ocupan una importante superficie en una ecoregión de alto valor de conservación. En este trabajo se estudió el establecimiento por germinación de individuos arbóreos nativos en cinco rodales con diferente proporción de bosque nativo en el entorno, uso previo, edad y área basal. Además, se determinó el porcentaje de individuos establecidos por germinación o por rebrote en las especies más frecuentes. Se analizó si las diferencias de composición entre rodales estuvieron relacionadas con las diferencias en las características descritas. Las diferencias de proporción de bosque nativo en el entorno y el área basal se relacionaron con diferencias de composición de los rodales pero no se hallaron relaciones con la edad o el uso previo. Las plantaciones con más bosque nativo en el entorno presentaron mayor abundancia de especies propias de etapas maduras del Bosque Atlántico en tanto que, el establecimiento de especies pioneras ocurrió en

## SUMMARY

The regeneration of native trees in forest plantations increases its biological diversity and can reduce its negative environmental effects. In the Province of Misiones, *Pinus* L. plantations cover a large area in an ecoregion of high conservation value. The present study was carried out to describe the establishment from seeds of native trees in five stands with different cover percentage of native forest in the surroundings, land use history, age and basal area. In addition, the percentage of individuals produced from seeds or sprouts was determined for common regenerating species. The association of compositional differences between stands and their differences in the described features was analyzed. Differences in the cover percentage of native forest and basal area were associated with compositional differences but not relations were found with age or land use history. Stands with higher cover percentage of native forest in the surroundings exhibited higher abundance of tree species characteristic of mature stages of the Atlantic Forest while the establishment of pioneers was mainly observed in stands with low basal area and recently thinned.

rodiales con reducida área basal por aplicación de raleos recientes. Se hallaron grupos diferenciados de especies con predominancia de establecimiento por germinación o una participación similar de germinación y rebrote.

**Palabras Clave:** Regeneración, Germinación, Rebrote, Diversidad, Bosque Atlántico.

Well differenced species groups were identified in sprouts percentages since some species were only found as established from seeds while others exhibited similar proportions or higher frequency of sprouts.

**Key Words:** Regeneration, Germination, Sprouting, Diversity, Atlantic Forest.

## INTRODUCCIÓN

La regeneración de especies vegetales nativas en plantaciones forestales representa un proceso que tiende a disminuir sus efectos ambientales negativos. En la Provincia de Misiones las plantaciones comerciales de *Pinus spp.* constituyen una actividad económica relevante. Además, este territorio conserva el principal remanente de Bosque Atlántico Sur que representa uno de los sistemas boscosos más diversos a nivel mundial (MYERS 2000). Por diversidad y su importante superficie en la Provincia constituye un área prioritaria de conservación a nivel internacional (DI BITETTI *et al.* 2003). DUMMEL y PINAZO (2013) encontraron un total de 91 especies de árboles nativos regenerando espontáneamente en el sotobosque de plantaciones forestales de *Pinus taeda* L. en el NO de Misiones. La regeneración de la vegetación nativa en sitios productivos abandonados fue estudiada en la selva montana de las Yungas (GRAU *et al.* 1997) y en el Bosque Atlántico de Misiones (HOLZ 2006, HOLZ *et al.* 2009, VACCARO *et al.* 2003). Todas estas contribuciones indicaron que la edad del sitio abandonado y el uso previo fueron las variables más importantes para entender diferencias en el proceso de recuperación entre sitios. En Misiones se encontró que, en áreas degradadas por el uso agrícola y ganadero, existen limitantes para la regeneración de las especies arbóreas nativas relacionados con la baja disponibilidad de semillas, malas condiciones edáficas y competencia con especies herbáceas (HOLZ y PLACCI 2008). El rebrote es otro mecanismo de propagación ampliamente distribuido en las especies arbóreas de diferentes bosques del mundo que permite la regeneración de la vegetación nativa en sitios abandonados (HOLZ 2006, KAMMESHEIDT 1998). Estudios de regeneración realizados en el Bosque Atlántico Sur en Paraguay y Misiones sugieren la importancia de este mecanismo en la regeneración después de la ocurrencia de disturbios naturales o antrópicos (HOLZ 2006, KAMMESHEIDT 1998). El rebrote puede

depender de las características climáticas y la incidencia de disturbios. Tiende a ser un mecanismo de regeneración más frecuente en bosques tropicales secos que en bosques tropicales húmedos (BUSBY *et al.* 2010, VESK y WESTOBY 2004) y su frecuencia tiende además a aumentar con la frecuencia de disturbios (VANDERMEER *et al.* 1995; VAN BLOEM *et al.* 2006). Determinar la importancia relativa de los mecanismos de establecimiento de árboles nativos en las plantaciones es importante para entender si ese proceso es más sensible a los procesos de aislamiento que inciden sobre las probabilidades de dispersión de semillas o bien resulta más importante el efecto del manejo y el uso previo sobre órganos vegetativos con capacidad de generar individuos nuevos por rebrote. En el presente trabajo se analizó la regeneración de árboles nativos en plantaciones evaluando los mecanismos de establecimiento a fin de estimar la importancia relativa de los procesos de establecimiento por semilla y por rebrote.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en los departamentos de Montecarlo, Iguazú y General Manuel Belgrano, provincia de Misiones, Argentina. Los sitios de muestreo se encuentran comprendidos fitogeográficamente en el distrito de las Selvas Mixtas, Provincia Paranaense, donde la precipitación media anual en la zona es de unos 2000 mm, distribuidos uniformemente durante todo el año, la temperatura media anual es de 21,8 °C con amplitud media mensual de 10,8 °C (CABRERA 1976). Los predios pertenecen a productores agropecuarios y medianas empresas forestales que cultivan *P. taeda* sobre suelos rojos, Ultisol, Kandiuult (SOIL SURVEY STAFF 1992), siendo las plantaciones establecidas sobre tierras provenientes tanto de ciclos previos de plantación de *Pinus spp.* como de cultivos agrícolas o desmonte del bosque nativo. El manejo habitual de las plantaciones de *Pinus spp.* en la Provincia de Misiones se inicia con una densidad de plantación

de 1200 - 1700 ind.ha<sup>-1</sup> y una primer aplicación de raleo entre los 5 y los 8 años. En tanto, el turno de cosecha más frecuente para la obtención de madera aserrada y/o laminada es entre 15 y 25 años dependiendo de la calidad del sitio, este turno se reduce hasta 12 años si el objetivo es la industria celulósica.

### Muestreo

A los efectos del presente estudio fueron seleccionados 5 rodales de los cuales 4 presentaron entre 8 y 12 años y uno 37 años. Este último correspondió a una plantación que no fue cosechada recientemente. Dos de los rodales fueron raleados: Nat8 un año antes del muestreo y For10 un mes antes del muestreo. Se realizaron cuatro muestreos durante primavera y otoño de 2014 y 2015 con la finalidad de cuantificar la densidad (ind.ha<sup>-1</sup>) por especie, de renovales provenientes de germinación, detectando especies de emergencia primaveral y las de verano-otoño. Sólo un rodal fue muestreado en las cuatro fechas mientras que los restantes abarcaron sólo una primavera y un otoño, ya sea de 2014 o 2015. En cada rodal se instalaron 15 parcelas permanentes de 2 m de ancho por 10 m de longitud (20 m<sup>2</sup>) con un distanciamiento mínimo de 15 m entre ellas, siendo la superficie total 300 m<sup>2</sup>. En cada parcela se relevó la presencia de todos los individuos de árboles nativos que medían entre 10 y 50 cm de altura en los que podía observarse la marca de la inserción de los cotiledones.

En cada rodal se establecieron 4 parcelas circulares de 300 m<sup>2</sup> cada una con la finalidad de determinar la densidad y área basal de los árboles plantados. Las mismas estuvieron dispuestas en los vértices de un diseño cuadrangular de 30 m de lado. Se consignó además el uso previo a la plantación a través de consulta con los propietarios y corroboración mediante imágenes satelitales LANDSAT. Mediante tales imágenes se cuantificó además la proporción de bosque nativo en el entorno de cada rodal muestreado. Para esa cuantificación se procedió a realizar una clasificación supervisada (RICHARD y JIA 1999) y estimar la proporción de bosque nativo en un radio de 300 m a partir del punto central de muestreo (RITTER *et al.* 2013).

### Determinación del mecanismo reproductivo

Con el objetivo de determinar el mecanismo reproductivo (rebrote o semilla) de los renovales de árboles nativos fueron seleccionados 3 rodales distintos a los de germinación. Al momento de la medición estos rodales contaban entre 12 y 19 años de edad, área basal entre 20 y 26 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>,

densidad entre 660 y 1150 ind.ha<sup>-1</sup>, y el uso anterior del suelo fue agrícola y forestal. Sobre la base de datos de 114 especies presentes en las plantaciones de pino de la región (RITTER *et al.* datos no publicados) se procedió a seleccionar un subconjunto de 24 especies teniendo en cuenta su frecuencia de aparición en las plantaciones y su importancia económica y ecológica. En cada uno de los tres rodales se procedió a localizar, a lo largo de una transecta, individuos de las especies seleccionadas mayores de 50 cm de altura y que no superaran 1 cm de diámetro del tallo a 1,30 m desde el suelo. Los individuos de la misma especie debían estar a una distancia mínima de 10 m. En total se observaron 190 individuos.

### Análisis de datos

Se calcularon correlaciones de Pearson para evaluar si la densidad total de renovales y la riqueza de especies de los mismos estuvieron correlacionadas con la edad, la densidad de árboles plantados, el área basal, y la proporción de bosque nativo en el entorno. Se llevó a cabo un análisis de clasificación (JONGMAN *et al.* 1995) para obtener una representación gráfica de las relaciones de similitud en la abundancia por especies obtenidas en diferentes fechas y en diferentes rodales. Para llevar a cabo dicho análisis se construyó una matriz con una sola observación por rodal que integró resultados del muestreo de primavera y otoño en cada sitio. El valor utilizado por especie fue el mayor de ambas estaciones. En el caso del rodal con cuatro fechas de muestreo se utilizaron sólo dos de ellas. En dicho análisis se utilizó la distancia de Bray y Curtis como medida de disimilitud y el método de Ward como método de aglomeramiento (JONGMAN *et al.* 1995). Se aplicaron las pruebas de Mantel (FORTIN y GUREVITCH 1993) para evaluar si la distancia en los valores de abundancia entre rodales se relacionaban con diferencias en la edad, densidad, área basal, uso previo y bosque nativo en el entorno. Se utilizó el paquete “vegan” del software estadístico “R” (OKSANEN *et al.* 2013).

Se llevaron a cabo análisis exploratorios para evaluar tendencias en la proporción de los renovales establecidos por rebrote o germinación entre rodales con diferentes condiciones de uso previo y manejo. De manera similar se evaluó si los mecanismos de establecimiento difirieron en su frecuencia entre especies.

## RESULTADOS

Se registró un total de 48 especies arbóreas germinando en todos los sitios de muestreo. La

abundancia por rodal varió entre 19 y 115 individuos lo cual equivale a 633 y 3833 ind.ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que la riqueza de bosque nativo en el entorno, mientras que la riqueza y densidad más baja se registró en rodales jóvenes y sin bosque nativo en el entorno o con baja proporción del mismo. Sin embargo, esta variable no estuvo correlacionada con la densidad y riqueza de renovales como tampoco lo estuvieron la edad del rodal, la densidad de árboles plantados y el área basal.

El análisis de clasificación (Figura 1) indicó que las diferencias entre rodales en la abundancia por especies de árboles nativos fueron mayores que las diferencias entre fechas de muestreo dentro de un mismo rodal. En el rodal con cuatro fechas de muestreo se observó mayor similitud entre aquellas que pertenecieron a la misma estación que las pertenecientes al mismo año.

Los resultados de las correlaciones de Mantel (Tabla 2) indicaron que los rodales con similar proporción de bosque nativo en un radio de 300 metros resultaron similares en los valores de abundancia por especies. De las restantes variables sólo el área basal del rodal se relacionó con la abundancia por especie. La selección de sitios condujo a que el área basal y la proporción de

especies varió entre 6 y 18 en los mismos rodales (Tabla 1). Los valores más elevados en riqueza y densidad se encontraron en rodales adultos y con bosque nativo en el entorno resultaran muy correlacionadas entre sí. Por ese motivo no fue posible diferenciar estadísticamente la respuesta de la abundancia por especie con respecto a esas variables. Algunas especies presentaron sus máximos de abundancia claramente localizados en rodales con mayor bosque nativo en el entorno mientras que otras presentaron la tendencia inversa o fueron indiferentes (Figura 2). En cuanto a la distribución de especies por su modo de dispersión se encontró que el 73 %, 23 % y 4 % de las especies presentaron dispersión zoócora, anemócora y otros modos, respectivamente.

De 190 individuos observados para determinar el mecanismo de establecimiento, 155 (82 %) presentaron establecimiento por semilla y tan solo 35 individuos (18 %) resultaron establecidos por rebrote. En los tres rodales se observaron similares porcentajes de individuos establecidos por semilla: 86 %, 83 % y 77 %. De 24 especies observadas, seis presentaron establecimiento exclusivamente por semilla y en seis el porcentaje de rebrote fue cercano o superior al 50 % (Figura 3).

**Tabla 1. Variables estructurales, uso previo, proporción de bosque nativo en el entorno de los sitios de muestreo y valores de riqueza y densidad por medición en cada rodal. Edad (años). AB: área basal (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). Dens: Densidad (ind.ha<sup>-1</sup>). UP: Uso previo. PBN: Proporción de bosque nativo en el entorno (%).**

**Table 1. Structure variables, landuse history, native forest cover around samples sites and richness values and density per sample date in each plantation. Age (years). AB: Basal area (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>). Dens: Density (ind.ha<sup>-1</sup>). UP: Land use history. PBN: native forest cover (%).**

Rodales:		For8	Nat8	Agr12	Nat37	For10
Variables de los rodales	Edad	6	6	10	35	8
	AB	22.4	36.8	34.2	30.9	25
	Dens	517	1567	1150	575	642
	UP	Forestal	B. nativo	Agrícola	B. nativo	Forestal
	PBN	0	31.6	42.8	23.7	10
Otoño 2014	Abundancia	933	1400	2267	---	---
	Riqueza	9	14	18	---	---
Primavera 2014	Abundancia	633	1467	2500	---	---
	Riqueza	6	14	18	---	---
Otoño 2015	Abundancia	---	---	1833	2900	1700
	Riqueza	---	---	13	18	20
Primavera 2015	Abundancia	---	---	2967	3833	1433
	Riqueza	---	---	13	18	21

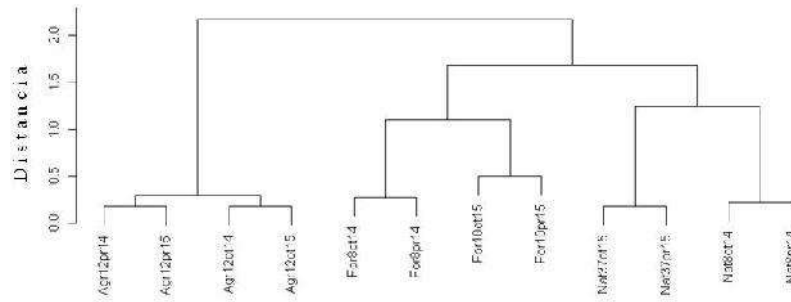


Figura 1. Dendrograma del análisis de clasificación sobre la base de la distancia de composición específica entre rodales.

Figure 1. Dendrogram of the classification analysis based on specific compositional distance between stands.

Tabla 2. Correlaciones de Mantel de la matriz de distancia de abundancia de especies con las distancias basadas en variables estructurales, uso previo y bosque nativo en el entorno. r: coeficiente de correlación, p: p-valor.

Table 2. Mantel correlations of species abundance distance matrix with structural variables, land history use and native forest cover distances. r: correlation coefficient, p: p-value.

Estadístico	Variables				
	Bosque nativo	Uso previo	Área basal	Edad	Densidad
r	0.659	0.37	0.74	0.305	-0.005
p	0.025	0.202	0.011	0.639	0.531

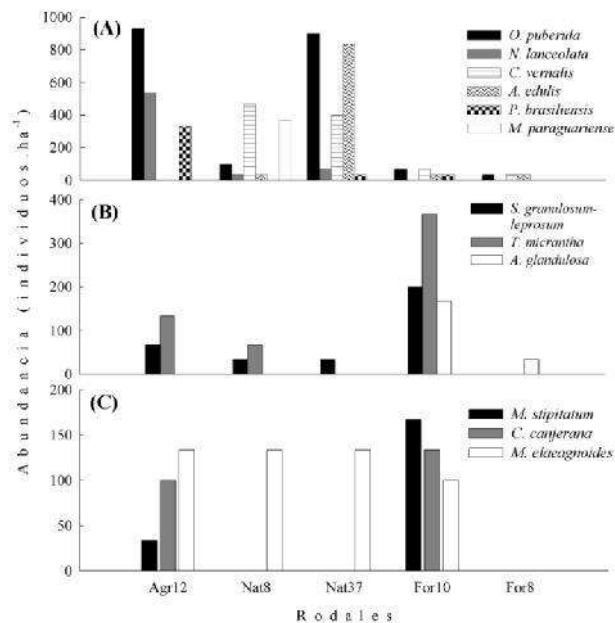
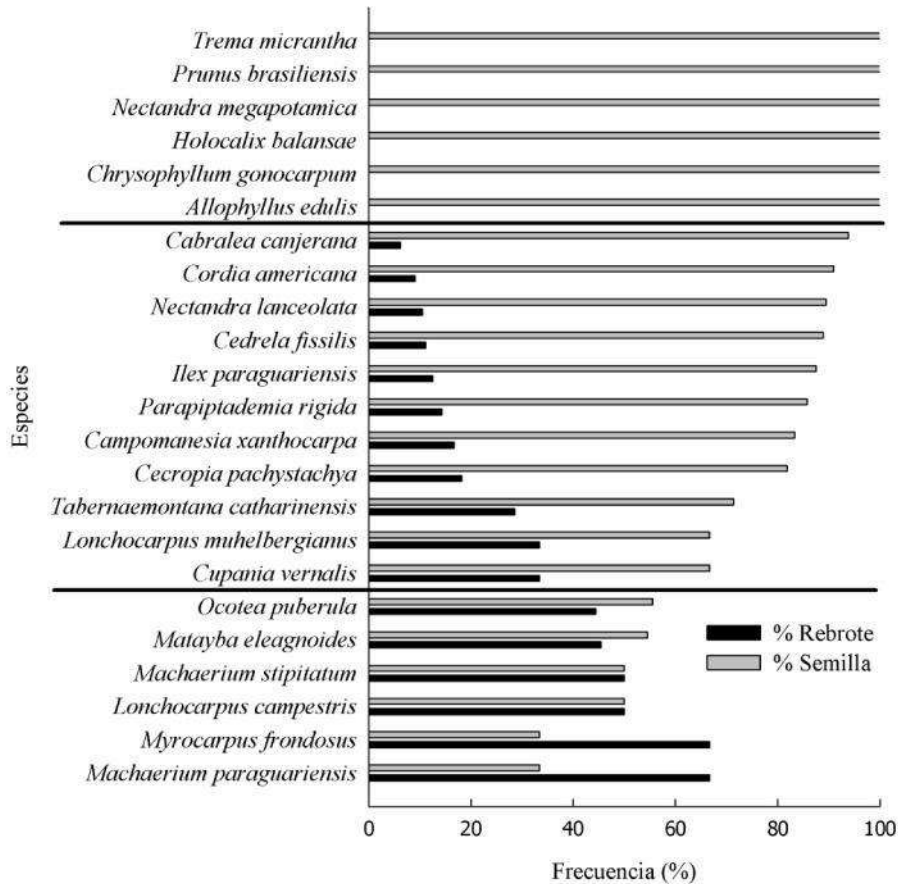


Figura 2. Distribución de abundancia de (A): especies abundantes en sitios con media a alta proporción de bosque nativo en el entorno, (B): especies con mayor abundancia en rodales raleados, (C): especies con similar abundancia en las distintas condiciones. La proporción de bosque nativo en el entorno de cada rodal decrece desde la izquierda (Agr12) hacia la derecha (For8).

Figure 2: Species abundance distribution (A): species with higher abundance in stands with medium-high native forest cover in the surroundings, (B): species with higher abundance in thinned stands, (C): species with similar abundance in different stands. The proportion of native forest in the surroundings decreases from the left to the right.



**Figura 3. Frecuencia (%) de individuos originados por rebrote y semilla en 24 especies arbóreas.**  
**Figure 3: Frequency (%) of individuals originated from sprouting and seed in 24 tree species.**

## DISCUSIÓN

La densidad y riqueza de renovales de árboles nativos originados por germinación en las plantaciones de *P. taeda* no presentaron tendencias de asociación con la edad, o las características estructurales de los rodales y tampoco con el uso previo o la proporción de bosque nativo en su entorno. En cambio la composición de renovales expresada como la abundancia por especie sí estuvo relacionada con el bosque nativo en el entorno y el área basal de la plantación. Los rodales ubicados en sitios con mayor proporción de bosque nativo presentaron mayores abundancias de especies que son características de estructuras maduras del Bosque Atlántico y en su mayoría presentan frutos carnosos. La misma relación se observó con el área basal debido a que los rodales seleccionados exhibieron una alta correlación entre esa variable y la proporción de bosque nativo en el entorno. Por

este motivo resulta dificultosa la interpretación de las relaciones entre la composición específica, el área basal del rodal y el bosque nativo en el entorno. La mayor abundancia de especies dispersadas por vertebrados, en rodales con más bosque nativo en el entorno, constituye un resultado coincidente con los efectos de la distancia a la fuente descritos en numerosos trabajos (DUMMEL y PINAZO 2013, KOH *et al.* 2015, SENBETA 2001, SENBETA y DEMMEL 2002). Por otra parte, las especies cuyo máximo de abundancia ocurre en rodales con baja proporción de bosque nativo en el entorno son pioneras de vida corta, propias de sitios con fuerte reducción de la cobertura del dosel como *Trema micrantha*, *Solanum granulosum-leprosum* o bien especies más longevas pero demandantes de luz como *Alchornea triplinervia*. Estas especies se encuentran particularmente asociadas al rodal en el que se aplicó un tratamiento de raleo un mes antes del

muestreo y que presenta el área basal más baja. Esta tendencia refuerza la relación entre el área basal y las diferencias de composición. Los rodales raleados 1 y 3 años antes del muestreo, presentaron baja o nula densidad de renovales de estas especies. En consecuencia, algunas diferencias de composición resultan explicables por efecto del bosque nativo en el entorno y otras por efecto de las diferencias de área basal. Las relaciones encontradas en este trabajo sólo pueden ser tomadas como tendencias debido al bajo número de rodales analizados. La dificultad de contar con un alto número de rodales es el tiempo demandado por el muestreo y la determinación específica. Un resultado interesante respecto del muestreo es que las observaciones realizadas en un mismo rodal en diferentes estaciones y en diferentes años resultaron más similares entre sí que son respecto a otros rodales indicando que con un bajo esfuerzo de muestreo pueden caracterizarse las diferencias. En este sentido pudo haber resultado relevante que durante los dos años de estudio las precipitaciones anuales se encontraron por encima de la media.

La falta de asociación entre el uso previo y la composición específica de los renovales contrasta con lo hallado por otros trabajos (GACHET *et al.* 2007, HOLZ 2006, LOUMETO y HUTTEL, 1997). A pesar del resultado de las pruebas de asociación, el dendrograma permite apreciar que los rodales con uso previo forestal tienden a parecerse entre sí más que a otros rodales y lo mismo sucede con los provenientes de bosque nativo. Además, el único rodal con uso previo agrícola (Agr12) se diferencia claramente del resto. Los trabajos que analizan el efecto del uso previo sobre la regeneración de árboles muestran que el uso previo agrícola elimina el banco de semillas y propágulos vegetativos que podría dar origen a renovales (GACHET *et al.* 2007), en rodales establecidos sobre esas tierras. Sin embargo, las principales diferencias de composición estuvieron dadas por especies que presentaron abundancias mucho mayores en Agr12 que en los demás rodales (*Ocotea puberula*, *Nectandra lanceolata* y *Prunus brasiliensis*) o sólo estuvieron presentes en ese rodal (*Albizia niopoides*, *Campomanesia xanthocarpa* y *Parapiptadenia rigida*). Sólo dos especies fueron frecuentes en los restantes rodales y estuvieron ausentes en Agr12 (*Cupania vernalis* y *Cordia ecalyculata*). Esas tendencias sugieren que la diferencia composicional de Agr12 respecto del resto no está relacionada con una baja disponibilidad de propágulos, debida al uso previo agrícola, sino con una mayor disponibilidad de propágulos determinada por la alta proporción de bosque nativo en el entorno. Estos resultados

apoyan el concepto de que las plantaciones forestales pueden promover la biodiversidad siempre y cuando estén disponibles las fuentes de semillas en el entorno (SENBETA 2001).

La edad de las plantaciones fue señalada como una variable relacionada positivamente con la riqueza de renovales en diferentes regiones del mundo (LOUMETO y HUTTEL 1997, NORTON 1998, ONAINDIA y MITXELENA 2009, SELWYN y GANESAN 2009, WANG *et al.* 2004). Sin embargo, SENBETA *et al.* (2002) determinaron que la edad de la plantación no influyó sobre la riqueza de especies en el sotobosque, pero atribuyen sus resultados a las diferencias de composición entre rodales de distintas edades, en rodales jóvenes encontraron especies “pioneras” que no estuvieron presentes en rodales adultos. En este trabajo, el rodal de 37 años no se diferenció del resto por su riqueza, densidad o composición de renovales. Este resultado coincide con lo hallado por HOLZ (2006) en bosques nativos secundarios donde determinó que las tendencias de asociación con la edad y el uso previo son menos claras en renovales que en árboles de mayor tamaño. Igual resultado fue observado por RITTER *et al.* (2013) para renovales mayores de 50 cm de altura y hasta 1 cm de diámetro a 1.30 m en 20 rodales que incluyeron a los aquí presentados. En ese trabajo encontraron que la riqueza no aumentaba claramente con la edad pero sí con la proporción de bosque nativo en el entorno. En cambio, para clases de tamaño mayores que 1 cm de diámetro, los mismos autores encontraron un claro aumento de la riqueza con la edad de las plantaciones (RITTER *et al.* datos no publicados). Estos resultados sugieren que en las clases de tamaño pequeñas, que requieren poco tiempo para su establecimiento, la riqueza podría verse poco afectada por la edad de la plantación conformando un banco con alta tasa de recambio. Pero en plantaciones de edad avanzada, existen mayores oportunidades de que individuos de diferentes especies alcancen tamaños mayores respecto de plantaciones jóvenes. En ese proceso, la incidencia del bosque nativo del entorno como fuente de propágulos, incrementa la riqueza de pequeños renovales disponibles, cuya supervivencia y crecimiento, aumenta la riqueza de las clases de mayor tamaño con el transcurso del tiempo.

En cuanto al establecimiento de individuos por rebrote se encontró un bajo aporte de los mismos (18 %), este resultado es esperado ya que suele ser un mecanismo menos frecuente en zonas húmedas (VESK y WESTOBY 2004). A pesar del bajo aporte sobre el total se encontraron especies con más del 50 % de frecuencia de rebrote (Figura

3) y especies que presentaron establecimiento exclusivo por semillas, estos resultados coinciden con lo hallado por BUSBY *et al.* (2010) en Hawai'i donde determinaron ambos mecanismos de establecimiento en un gradiente de precipitaciones. Las especies con capacidad de rebrotar son las más abundantes en las plantaciones de la región, RITTER *et al.* (datos no publicados) encontraron que *Lonchocarpus campestris* fue la especie más abundante bajo plantaciones de *P. taeda*, mientras que *Machaerium paraguariensis* y *Myrocarpus frondosus* ocuparon el séptimo y decimo cuarto lugar en términos de abundancia sobre una base de 114 especies relevados en 35 rodales.

## CONCLUSIÓN

Los resultados demuestran la importancia de los procesos de dispersión y germinación en la regeneración de árboles nativos en las plantaciones forestales. La permanencia de los remanentes de bosque nativo en el paisaje representa una condición necesaria para incrementar la diversidad en estos sistemas productivos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo contó con la financiación del Proyectos de Investigación Aplicada 10037 (2011-2014), Ministerio de Agroindustrias de la Nación y de la Universidad Nacional de La Plata. Agradecemos a los propietarios de las plantaciones: Pindó S.A. representado por el Ing. Hugo Reis, Puerto Laharrague S.A. representado por la Ing. Mónica López, Rubén Bischoff y "El Japonés". A las personas que colaboraron con el trabajo de campo: Ritter Diego, González Belén, Knebel Otto, Gimenez Diego, Medina Micaela y Perez Flores Magali.

## BIBLIOGRAFÍA

BUSBY, P. E.; Vitousek, P.; Dirzo, R.; 2010. Prevalence of Tree Regeneration by Sprouting and Seeding Along a Rainfall Gradient in Hawai'i. *Biotropica*. 42 (1), pp 80 – 86.

CABRERA, A. L.; 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II, Fascículo 1, Acme, Buenos Aires, Argentina. 85 p.

DUMMEL, C. J.; Pinazo, M. A.; 2013. Efectos de variables de paisaje y de rodal sobre la diversidad de especies arbóreas en el sotobosque de

plantaciones de *Pinus taeda* en la provincia de Misiones, Argentina. *Bosque*. 34 (3), pp 331 – 342.

DI BITETTI, M.; Placci, G.; Dietz, L.; 2003. Una visión de biodiversidad para la ecoregión del bosque Atlántico del Alto Paraná: Diseño de un Paisaje para la Conservación de la Biodiversidad y prioridades para las acciones de conservación. Washington, D.C., USA. World Wildlife Fund. 156 p.

FORTIN, M. J.; Gurevitch, J.; 1993. Mantel Tests: Spatial Structure in Field Experiments. In SM Scheiner, J Gurevitch (eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*. pp 342–359.

GACHET, S.; Leduc, A.; Bergeron, Y.; Nguyen-Xuan, T.; Tremblay, F.; 2007. Understory vegetation of boreal tree plantations: Differences in relation to previous land use and natural forests. *Forest Ecology and Management*. 242, pp 49 – 57.

GRAU, H.; Arturi, M.; Brown, A.; Aceñolaza, P.; 1997. Floristic and structural patterns along a chronosequence of secondary forest succession in Argentinean subtropical montane forests. *Forest Ecology and Management*. 95, pp 161–171.

HOLZ, S.; 2006. Patrones de cambios durante la recuperación de la vegetación en campos agropecuarios abandonados del Bosque Atlántico del Alto Paraná. Tesis Doctoral Universidad Nacional de Buenos Aires.

HOLZ, S.; Placci, G.; 2008. El desafío de las restauraciones en paisajes poblados: un enfoque multidisciplinar en Misiones. En: Gonzalez-Espinosa, M.; Rey-Benayas, J. M.; Ramirez-Marcial, N. (Eds.). *Restauración de bosques en América Latina*. Mundi-prensa, México, pp. 163–179.

HOLZ, S.; Placci, G.; Quintana, R.; 2009. Effect of history of use on secondary forest recovery in the Upper Parana Atlantic Forest (Misiones, Argentina). *Forest Ecology and Management*. 258, pp 1629-1642.

JONGMAN R. H. G., Ter Braak, Van Tongeren O. F. R. 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, 299 pp.

KAMMESHEIDT, L.; 1998. The role of tree sprouts in the restoration of stand structure and



species diversity in tropical moist forest after slash-and-burn agriculture in Eastern Paraguay. *Plant Ecology*. 139, pp 155–165.

KOH, I.; Reineking, B.; Park, C.; Lee, D.; 2015. Dispersal potential mediates effects of local and landscape factors on plant species richness in maeulsoop forests of Korea. *Journal of Vegetation Science*. 26, pp 631 – 642.

LOUMETO, J. J.; Huttel, C.; 1997. Understory vegetation in fast-growing tree plantations on savanna soils in Congo. *Forestry Ecology and Management*. 99, pp 65 – 81.

MYERS, N.; 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403, pp 853-858.

NORTON, D. A.; 1998. Indigenous Biodiversity Conservation and Plantation Forestry: Options for the future. *N. Z. Forestry*. pp 34 – 39.

RITTER, L. J.; Arturi, M. F.; Burns, S. L.; Goya, J. F.; Pinazo, M. A.; Ríos Camacho, D.; 2013. Regeneración de árboles nativos en plantaciones de *Pinus taeda* L. en Misiones: efectos del manejo a nivel de rodal y del paisaje. IV jornadas y I congreso argentino de ecología de paisajes. San Pedro, Buenos Aires.

OKSANEN, J.; Blanchet, F. G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P. R.; O'Hara, R. B.; Simpson, G. L.; Solymos, P. M.; Stevens, H. H.; Wagner, H.; 2013. *vegan*: Community Ecology. Package. R package version 2.0-10. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

ONAINDIA, M.; Mitxelena, A.; 2009. Potential use of pine plantations to restore native forests in a highly fragmented river basin. *Annals of Forest Science*. 66, 305 pp.

RICHARDS, John A.; Jia, X.; 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 4th edition. Springer Berlin Heidelberg New York. 454 pp.

SELWYN, M. A.; Ganesan, R.; 2009. Evaluating the potential role of *Eucalyptus* plantations in the regeneration of native trees in southern Western Ghats, India. *Tropical Ecology*. 50 (1), pp 173 – 189.

SENBETA, F.; Demel, T.; 2001. Regeneration of indigenous woody species under the canopies of tree plantations in Central Ethiopia. *Tropical Ecology*. 42, pp 175-185.

SENBETA, F.; Teketay, D.; Näslund, B.; 2002. Native woody species regeneration in exotic tree plantations at Munessa-Shashemene forest, southern Ethiopia. *New Forests*. 24, pp 131 – 145.

SOIL SURVEY STAFF; 1992. *Keys to Soil Taxonomy*, fifth ed. SMSS Technical Monographno. 19, Pocahontas Press Inc., Blacksburg, VA, USA, 541 pp.

VACCARO, S.; Arturi, M.; Goya, J.; Frangi, J.; Piccolo, G.; 2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones. *Interciencia*. 28, pp 521-527.

VAN BLOEM, S. J.; Lugo, A. E.; Murphy, P. G.; 2006. Structural response of Caribbean dry forests to hurricane winds: a case study from Guanica Forest, Puerto Rico. *Journal of Biogeography*. 33, pp 517–523.

VANDERMEER, J.; Mallona, M. A.; Boucher, D.; Yih, K.; Perfecto, I.; 1995. Three years of ingrowth following catastrophic hurricane damage on the Caribbean coast of Nicaragua: evidence insupport of the direct regeneration hypothesis. *Journal of Tropical Ecology*. 11 (3), pp 465–471.

VESK, P. A.; Westoby, M.; 2004. Sprouting ability across diverse disturbances and vegetation types worldwide. *Journal of Ecology*. 92, pp 310–320.

WANG, J.; Borsboom, A. C.; Smith, G. C.; 2004. Flora diversity of farm forestry plantations in southeast Queensland. *Ecological Management & Restoration*. 5 (1), pp 43 – 51.