

TRABAJO CIENTÍFICO

## Caracterización de la biodiversidad de la regeneración natural de especies perennes en plantación de *Prosopis alba* Griseb.

*Biodiversity characterization of the natural regeneration of perennial species in plantation of Prosopis alba Griseb.*

Rodríguez C. D.<sup>1</sup> y V. R. Pérez<sup>2</sup>

Recibido en mayo de 2021; aceptado en marzo de 2022

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en plantación de *Prosopis alba* de 15 años, localizado en cercanías de Tres Lagunas (provincia de Formosa), con el objetivo de caracterizar la biodiversidad de la regeneración natural de especies perennes, evaluando los efectos del manejo silvícola, la cercanía de fragmentos de bosque nativo y la presencia del ganado en el sistema. Los datos proceden de muestras de regeneración de tres clases de tamaños, obtenidas en tres zonas de la plantación (con moderada y leve intervención silvícola y testigo, sin ninguna intervención) y del bosque nativo adyacente. Se evaluó la diversidad alfa a través de los índices de Margalef, Shannon-Wiener y dominancia de Simpson y diversidad beta a partir del coeficiente de similitud de Sørensen. La regeneración natural sucedió en todas las zonas de la plantación, sin evidenciarse efectos de los tratamientos silvícolas sobre la biodiversidad. Se identificaron 15 especies, registrándose 6 especies comunes a las tres zonas (*Prosopis nigra*, *Maclura tinctoria*, *Copernicia alba*, *Celtis tala*, *Achatocarpus praecox* y *Austroeupatorium inulifolium*). Los valores calculados para los índices de biodiversidad refieren en todos los casos que la regeneración natural de las zonas estudiadas presenta baja diversidad y sin que haya dominancia de alguna especie. Se determinó mayor abundancia en las zonas testigo y de leve intervención. El índice de similitud de Sørensen entre la regeneración natural de la plantación y el bosque nativo, fue de 0,73 evidenciando alta coincidencia.

**Palabras clave:** biodiversidad, índice, competencia, dinámica, sucesión.

### ABSTRACT

The present study was carried out on a 15-year-old *Prosopis alba* plantation, located near Tres Lagunas (Formosa province), with the objective of characterizing the biodiversity of perennial species' natural regeneration by evaluating the effects of silvicultural management, the proximity of native forest fragments and the presence of livestock in the system. The data come from regeneration samples of three size classes obtained in three plantation areas (moderate and slight silvicultural intervention and control, without any intervention) and from the adjacent native forest. The alpha diversity was evaluated through the Margalef, Shannon-Wiener and Simpson dominance indices while the beta diversity using the Sørensen's coefficient of similarity. Natural regeneration occurred in all the areas of the plantation, without evidence of effects on biodiversity due to the silvicultural treatments. Fifteen species were identified, being six the species common to the three zones (*Prosopis nigra*, *Maclura tinctoria*, *Copernicia alba*, *Celtis tala*, *Achatocarpus praecox* and *Austroeupatorium inulifolium*). The values calculated for the biodiversity indices refer in all cases that natural regeneration of the studied areas shows low diversity without any dominant species. Higher abundance was determined in the control and mild intervention areas. The Sørensen's similarity index between the natural regeneration of the plantation and the native forest was 0.73, evidencing high coincidence.

**Key words:** species richness, abundance, index, competence, succession.

<sup>1</sup> Ing. Ftal. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. Av. Dr. Luis Gutnisky 3200, (3600) Formosa, Argentina. E-mail: charlier023@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Tit. Silvicultura de Bosques Implantados. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. Av. Dr. Luis Gutnisky 3200, (3600) Formosa, Argentina. E-mail: victorforestal8@gmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

El establecimiento de ejemplares leñosos de especies nativas en las plantaciones representa un proceso altamente dinámico y consecuentemente es esperable encontrar diferentes patrones de composición y riqueza específica, en especial si se analizan individuos de diferentes tamaños (Ritter, 2017). La diversidad de esta regeneración se puede incrementar cuando las forestaciones se establecen en áreas degradadas por el uso agrícola o ganadero prolongado, conformando un ejemplo de restauración pasiva (Lugo, 1992). El proceso dinámico bajo el dosel de leñosas genera diversas condiciones microclimáticas permitiendo que plántulas de diferentes especies vegetales puedan establecerse (López y Ortuño, 2008).

Las especies de algarrobos, *Prosopis sp.*, son conocidas por su rol de facilitadoras en los procesos de sucesión en bosques naturales. Esta capacidad conocida como síndrome nodriza se entiende como el efecto positivo de una especie o cierto tipo de vegetación sobre el crecimiento, supervivencia y desarrollo de otras especies, en comparación con unas condiciones existentes en el ambiente exterior (Vargas Ríos, 2011). Generan heterogeneidad espacial influyendo en la distribución de los estratos arbustivos y herbáceos, al modificar las condiciones climáticas bajo su cobertura a través de la moderación de temperaturas extremas, disminución de evaporación, redistribución de la intensidad lumínica; el incremento de la fertilidad a través de la acumulación de nutrientes; los efectos físicos y químicos del mantillo; la provisión de perchas para el asentamiento de aves dispersoras de frutos de otras especies y la competencia por luz y agua, entre otros (Villagra, 2000). Las consecuencias sobre la vegetación dependen del resultado de la interacción de todos estos procesos y se interpreta como una síntesis de los mecanismos facilitadores y los de interferencia para cada forma de vida que intervienen en un ecosistema.

El establecimiento de las plantaciones puede disminuir la presión sobre los bosques nativos, al proporcionar productos forestales de manera más eficiente (Lindenmayer *et al.*, 2003). Por otro lado, las áreas forestadas bajo la modalidad de silvicultura extensiva conforman ambientes menos contrastantes con los bosques nativos que las áreas destinadas a la producción agropecuaria, ofreciendo mejores hábitats para diversos seres vivos (Nájera y Simonetti, 2009; Kremen, 2015) e incluso pudiendo amortiguar efectos de borde y brindar funciones de conectividad entre remanentes de bosques nativos (Brockhoff *et al.*, 2003).

En la presente investigación se estudia la capacidad de facilitación de la plantación de *Prosopis alba* para el establecimiento de especies perennes nativas. Un antecedente inmediato constituye el estudio de la regeneración natural de especies leñosas nativas realizado en una plantación de *Prosopis alba* sin manejo, localizada en el nordeste de la provincia de Formosa, que aportó evidencias sobre la dinámica y magnitud del proceso de repoblación espontánea (Rodríguez y Pérez, 2020). La biodiversidad del bosque nativo adyacente y la acción de los vectores animales presentes en el ecosistema forestal resultaron factores influyentes del proceso.

Se plantea como problemática del estudio la falta de conocimientos científicos en cuanto a si resulta determinante, y en tal caso de qué modo, la presencia de ciertos animales y las intervenciones silvícolas, sobre la regeneración natural de especies perennes nativas y su dinámica, en una plantación de algarrobo. En este contexto, se definieron como objetivos la identificación y caracterización de la biodiversidad de la regeneración natural de especies perennes en una plantación de *Prosopis alba* evaluando los efectos del manejo de la forestación, la cercanía de fragmentos de bosque nativo y la presencia de animales domésticos en el sistema.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en el predio rural del Sr. Vicente Ruíz Díaz ubicado en la jurisdicción de Tres Lagunas del Departamento Pilagás de la Provincia de Formosa. La forestación analizada se encuentra en la zona ecológica denominada Zona Este, húmeda de la provincia. La precipitación anual varía de Este (1.300 mm, con un ligero a nulo déficit invernal) a Oeste (900 mm, déficit marcado en el invierno) citado por Vicentini (2020). El clima según la clasificación de Thorntwaite corresponde a un clima húmedo subhúmedo, con nulo o pequeño déficit de agua, mesotermal.

El suelo es clasificado como *EutricFluvisols* (*clayic, salic*). Se caracteriza por tener textura arcillosa en todo el perfil (*clayic*), el porcentaje de arcilla en la textura de los horizontes fue superior al 40 %, salino (CE= 5,5 [dS/m]) citado por Pérez *et al.* (2018).

En el 2020 año de control de la regeneración natural, la plantación de algarrobo tenía una superficie de 6,4 ha y 15 años de edad. El establecimiento de la forestación se realizó con un distanciamiento de 4 m x 4 m correspondiente a una densidad de 625 pl.ha<sup>-1</sup>. En ciertos sectores de la plantación se efectuaron intervenciones silvícolas durante los años 2014 y 2015, permitiendo que en la misma puedan identificarse las siguientes áreas de control del presente estudio:

- Área Principal:
  - zona con moderada intensidad (M.I.) de intervención silvícola, año 2014 (raleo sistemático, raleo selectivo y poda sistemática). Extracción 1,93 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Reducción del área basal: 27,7 %.
  - zona con leve intensidad (L.I.) de intervención silvícola, año 2014 (raleo sistemático). Extracción 1,02 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Reducción del área basal: 13,8 %.
  - zona sin ninguna intervención silvícola (S.I.).
- Área Complementaria: dos fragmentos adyacentes de bosque nativo identificados con los códigos BN I y BN II.

En todas las áreas se realizó relevamiento de la regeneración natural de especies perennes a través de la técnica de muestreo aleatorio, estableciéndose dos estaciones de muestreo en cada zona y área. El procedimiento de recolección de datos de la regeneración natural, variables cuantitativas discretas, consistió en el conteo de especies (previa identificación) e individuos de cada especie registrados según categoría de tamaño, en los tres escenarios del área principal (plantación) y en las porciones de bosque nativo que rodean a la misma (BN I y BN II). Adoptando la metodología utilizada por Ritter (2017), la recolección se realizó en diversas unidades de muestreo establecidas en cada estación, representadas por parcelas rectangulares concéntricas para las diversas clases de tamaño de regeneración natural, modificándose en este estudio las dimensiones de dichas parcelas.

Así, en cada estación se utilizó: 1) Una parcela de 300 m<sup>2</sup> para individuos de Categoría III, con dimensiones de 5 a 9,9 cm de DAP (diámetro medido en el fuste a 1,30 m de altura) y para palmas con una altura superior a 2 m. 2) Una parcela de 100 m<sup>2</sup> para plantas de Categoría II, con 1,0 a 4,9 cm de DAP y palmas con altura superior a 1 m y menor o igual a 2 m. 3) Cinco subparcelas de 5 m<sup>2</sup> para los individuos más pequeños, Categoría I. Incluyen plantas con altura superior a 50 cm. El límite superior en el caso de especies arbóreas fue un DAP inferior a 1 cm; palmas y especies herbáceas perennes con altura menor o igual a 1 m.

Considerando a Moreno (2001) para la determinación de la biodiversidad, diversidad alfa y beta se utilizaron los siguientes índices:

- **Riqueza de especies (S):** número total de especies.
- **Índice de diversidad de Margalef (DMg):**

$$\frac{(S-1)}{\ln N}$$

Donde:

$S$  = número de especies

$N$  = número total de individuos

En esta expresión algebraica se transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. El valor de DMg varía entre 0 (cuando hay una sola especie) y 10.

A fin de medir la importancia de la abundancia de la comunidad se recurrió al:

- **Índice de Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ).** Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Cuando más se acerque el índice al valor de la unidad habrá mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque al valor cero, mayor es la biodiversidad del ecosistema. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $D = 1 - \lambda$  (Moreno, 2001).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

También suele utilizarse la expresión  $1 - D$ , denominado índice de diversidad de Simpson, como una medida de la abundancia relativa de las diferentes especies que componen una comunidad.

- **Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ).** Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, adquiriendo valores entre 0 cuando hay una sola especie y el logaritmo de  $S$ , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

Para medir la diversidad beta de la regeneración natural de la plantación y del bosque nativo adyacente, es decir el grado en que las muestras de estos ambientes son semejantes por las especies presentes en ellas, se comparó la biodiversidad utilizando el índice de similitud denominado **Coficiente de Comunidad de Sørensen ( $S_s$ )** referido por Moreno (2001). El intervalo de valores para este índice va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

$$S_s = \frac{2c}{(a+b)}$$

Donde:

$a$  = número de especies en muestreo A (plantación)

$b$  = número de especies en muestreo B (bosque nativo adyacente)

$c$  = número de especies en común para ambos muestreos.

Para probar la hipótesis nula de igualdad de las diversidades procedentes de las muestras de regeneración natural de las tres zonas de estudio del área de plantación se efectuaron dos pruebas al nivel de significación 0,05 a saber: 1) prueba de  $t$  (Student) para los valores de regeneración total de cada zona (suma de las plantas registradas en las tres categorías de tamaño) medidos con

el índice de Shannon; se siguió el procedimiento formulado por Hutcheson (1970) referido por Moreno (2001). 2) análisis de la varianza con fuentes de variación tratamientos (zonas de intervención silvícola) y repeticiones de cada zona, para las variables “número de especies” y “número de individuos” modificadas según la función “Raíz cuadrada”, considerando únicamente las respuestas registradas en las parcelas la categoría I (ejemplares de reclutamiento) (categoría I).

Para complementar la información de regeneración natural y contextualizar la misma, se efectuaron mediciones de radiación fotosintéticamente activa (RFA) con ceptómetro a 1 m de altura; y se caracterizó la distribución diamétrica de los algarrobos plantados y de los rodales de bosques nativos (para ejemplares mayores a 10 cm de DAP) y su composición específica, estableciéndose al azar una muestra de 1.000 m<sup>2</sup> en cada zona del Área principal (plantación) y en cada fragmento del bosque nativo.

Los datos recolectados fueron digitalizados en planilla de cálculo electrónica para su análisis estadístico en InfoStat<sup>®</sup> (2019) y posterior determinación de índices de biodiversidad con el programa PAST<sup>®</sup>.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Regeneración natural en la plantación

A la edad de 15 años los aspectos destacables del rodal implantado, en la que se desarrolla la regeneración natural de especies autóctonas, fueron: 1) Respecto de la estructura diamétrica el rango de DAP varió entre más de 5 cm (árboles totalmente dominados, oprimidos) y menor a 30 cm (árboles dominantes). 2) El diámetro medio por zona fue de 17,3 cm en zona de moderada intervención (M.I.), 14,9 cm en zona de leve intervención (L.I.) y 14,2 cm en zona sin intervención (S.I.). 3) La densidad media a los 15 años de edad según zonas de estudio fue de 381 pl.ha<sup>-1</sup> en zona M.I. con espesura normal en adyacencia a la faja de tala rasa (raleo sistemático) y espesura ligeramente excesiva en sector con raleo selectivo, 491 pl.ha<sup>-1</sup> en zona de L.I. con espesura normal en adyacencia a la faja de tala rasa (raleo sistemático) y espesura muy excesiva en sector sin intervención y 589 pl.ha<sup>-1</sup> en zona S.I. con espesura muy excesiva, teniendo más del 57 % de la densidad con individuos dominados (con DAP inferior a la media diamétrica de esta zona).

En la Tabla 1 se aporta la información referida a la biodiversidad de la regeneración natural de todas las situaciones consideradas dentro de la plantación.

En relación a la diversidad alfa y concretamente a la riqueza específica se reconocieron en total quince especies perennes, la mayoría leñosas, registrándose seis especies comunes a las tres zonas. Las cinco especies leñosas o con tallo leñoso (caranday) comunes en las tres zonas se caracterizan por tener diseminación endozoica y tres de ellas son especies ornitócoras (mora amarilla, tala y palo inta).

En Tabla 2 se presentan los índices de biodiversidad alfa determinados para la regeneración natural registrada en cada zona dentro del área principal (plantación). Los valores bajos de 0,65 a 1,21 del índice de Margalef y de 1,09 a 1,35 del índice de Shannon-Wiener indican que los ambientes evaluados son de escasa biodiversidad. Giménez *et al.* (2007) precisan que en estudios de ecosistemas efectuados en Chaco y en Formosa, estos índices variaron entre 1,2 - 3,7 y 1,5 - 3,5, respectivamente.

**Tabla 1.** Composición florística de plantas perennes de regeneración natural según zonas de intervención silvícola dentro de la plantación de *Prosopis alba*.

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar	Zona
Fabáceas	<i>Prosopis nigra</i> Griseb.	algarrobo negro	Todas
Moráceas	<i>Maclura tinctoria</i> (L) D. Don ex Steud.	mora amarilla	Todas
Palmáceas	<i>Copernicia alba</i> Morong.	palma, caranday	Todas
Cannabáceas	<i>Celtis tala</i> Gilles ex Planch.	tala	Todas
Achatocarpáceas	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	palo tinta	Todas
Asteráceas	<i>Austroeuatorium inulifolium</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.	doctorcito	Todas
Bignoniáceas	<i>Tabebuia nodosa</i> (Griseb) Griseb.	palo cruz	M.I. y S.I.
Fabáceas	<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb). Taub.	espinas corona	L.I.
Anacardiáceas	<i>Schinus fasciculatus</i> (Griseb) I. M. Johnst.	molle	L.I.
Malváceas	<i>Sida sp.</i> (L).	escoba negra	L.I. y S.I.
Fabáceas	<i>Prosopis hassleri</i> Harms.	algarrobo paraguayo	S.I.
Fabáceas	<i>Prosopis affinis</i> Spreng.	algarrobillo	S.I.
Solanáceas	<i>Solanum argentinum</i> Bitter & Lillo	cabra yuyo	S.I.
Solanáceas	<i>Lycium morongii</i> Britton	pie de cabra	S.I.
Malváceas	<i>Malvastrum americanum</i> (L)	malva americana	S.I.

En principio se puede expresar que para las dos variables evaluadas (número de especies y abundancia) se observa una relación inversa entre las variables y el nivel de perturbación antrópica por intervención del dosel arbóreo. Por ello, los resultados extremos se registraron entre las zonas de moderada intervención y sin intervención silvícola. Es así que la zona de M.I. presenta apenas poco más del 50 % del número de especies y del número de plantas por unidad de superficie que el registrado en la zona S.I. La condición intermedia representada por la zona de leve intervención (L.I.), en cuanto a biodiversidad está más cercana a la zona M.I. y respecto a abundancia no presenta diferencia significativa con el valor de la zona S.I.

**Tabla 2.** Índices de biodiversidad de la regeneración natural registrada en cada zona de estudio dentro de la plantación de *Prosopis alba*.

Índices	Moderada Intervención	Leve Intervención	Sin Intervención
	M.I.	L.I.	S.I.
Número de especies	7	9	13
Abundancia (pl/ha)	10366	20163	20320
Dominancia D Simpson	0,504	0,473	0,456
Simpson 1-D	0,496	0,527	0,545
Shannon - Wiener H'	1,093	1,255	1,345
Margalef	0,649	0,807	1,210

En Tabla 3 se presenta información de la biodiversidad para las zonas de estudio de la plantación, detallada según categorías de tamaño de la regeneración natural. Entre las especies comunes a las tres zonas se destaca “doctorcito”, única especie herbácea perenne que tiene presencia en el sotobosque de manera regular, demostrando su gran capacidad de colonización y de adaptación a diversos niveles de “sombreamiento” y competencia; y la “palma, caranday”, colonizadora de tallo leñoso, abundante y frecuente en toda la Zona Este, húmeda de la provincia de Formosa.

**Tabla 3.** Número de especies y abundancia a nivel de rodal y de grupos característicos de la regeneración natural registrada en cada zona de estudio dentro de la plantación de *Prosopis alba*.

	M.I.			L.I.			S.I.		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Rodal: Número de especies	6	2	2	9	2	3	9	6	2
Rodal: Abundancia (pl.ha <sup>-1</sup> )	9.600	700	66	19.680	350	133	19.520	700	100
doctorcito (pl.ha <sup>-1</sup> )	7.200			13.600			13.440		
palma (pl.ha <sup>-1</sup> )	320	500		1.440	250	67		100	33
Especies Arbóreas (pl.ha <sup>-1</sup> )	640		33	1.440			2.240	400	
Otras especies (pl.ha <sup>-1</sup> )	1.440	200	33	3.200	100	66	3.840	200	67

**Referencias: 1) Especies Arbóreas:** *mora amarilla, algarrobo negro, algarrobo paraguayo, algarrobillo, espina corona y Palo cruz.*  
**2) Otras especies:** *tala, palo tinta, molle, escoba negra, abra yuyo, pie de cabra y malva americana.*

La desagregación de los resultados permitió determinar que en la categoría de tamaño de plantas más pequeñas (Cat. I) fue donde se concentró la mayor riqueza de especies y abundancia de plantas. Vale destacar que en esta categoría se encuentran los ejemplares reclutas del sistema (plantas pequeñas de especies arbustivas o arbóreas) y también incluye a las especies perennes cuya bioforma (herbáceas) es típica de los requerimientos para esta categoría de tamaño. Es así, que en esta categoría se encuentran los ejemplares de las familias de las Solanáceas, Malváceas y Asteráceas que se observan abundantemente en el área principal.

En el estrato herbáceo la especie característica y dominante es el “doctorcito”. Razonablemente no hay registro de plantas de ninguna especie herbácea en las categorías II y III. Entre las plantas leñosas, especies arbóreas de diversas magnitudes, la tendencia es clara. La abundancia resulta inversamente proporcional a la categoría de tamaño de plantas; es decir, la menor abundancia en la categoría de mayor tamaño (Cat. III) y la mayor abundancia en la categoría de plantas pequeñas (Cat. I). La palma resultó la única especie con representación en todas las categorías de tamaño. Mientras que la mora amarilla y algarrobo negro se posicionan como las especies más importantes en el proceso de colonización.

En el análisis estadístico comparativo de los resultados de regeneración total de cada zona no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las pruebas de  $t$  ( $\alpha = 0,05$ ). En todos los casos el valor de  $t$  obtenido  $< 1,0$  resultó mayor que el valor de  $t$  tabulado 1,96, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de igualdad de la diversidad de la regeneración natural correspondiente a las diversas zonas de estudio del área de plantación. Igualmente en el análisis de varianza efectuado con resultados de regeneración de la categoría I utilizando la variable “número de especies, modificada”, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre zonas de intervención. En tanto, al considerar la variable “número de individuos, modificada” se evidenciaron diferencias estadísticas significativas a nivel de zonas de tratamientos; es así que la abundancia de la zona de Moderada Intervención resultó significativamente menor que las registradas en las otras dos zonas, las cuales (Leve Intervención y Sin Intervención) mantienen valores similares de abundancia. Los resultados consignados son parcialmente coincidentes con los informados por Rodríguez y Pérez (2020), quienes en estudio de biodiversidad de la regeneración natural de plantas perennes pequeñas (Cat. I) en plantación de algarrobo que no tuvo ninguna intervención silvícola (sin podas ni raleos), no constataron diferencias estadísticas en ninguna de las variables analizadas (número de especies y número de plantas).

### Regeneración natural en el bosque nativo

Con el propósito de una mejor comprensión y contextualización de las condiciones predominantes en las que se produjo y desarrolla la regeneración natural, a continuación, en Tabla 4 se dan referencias sobre la composición y densidad de los rodales de bosque nativo adyacente. El primer bosque nativo (BN I) resultó el más avanzado en el proceso de sucesión forestal, registrando mayor biodiversidad y desarrollo de sus ejemplares (22,3 cm de DAP medio), aunque con menor densidad (300 pl.ha<sup>-1</sup>). El segundo bosque nativo (BN II) en fase más temprana de sucesión

forestal, registró escasa biodiversidad y ejemplares de menor tamaño (18,7 cm de DAP medio), con alta densidad (540 pl.ha<sup>-1</sup>).

**Tabla 4.** Composición y densidad por clase diamétrica de los rodales de bosques nativos (BN I y BN II adyacentes a la plantación de *Prosopis alba*).

	Clase Diamétrica BN I (cm)				Clase Diamétrica BN II (cm)		
	10-20	20,1-30	30,1-40	Total	10-20	20,1-30	Total
<i>Copernicia alba</i>	25	100		125	230	180	410
<i>Prosopis alba</i>	40			40	40		40
<i>Prosopis nigra</i>			20	20	70	20	90
<i>Prosopis hassleri</i>	15			15			
<i>Prosopis affinis</i>	20			20			
<i>Maclura tinctoria</i>			40	40			
<i>Celtis tala</i>	20			20			
<i>Schinus fasciculatus</i>	20			20			
	140	100	60	<b>300</b>	340	200	<b>540</b>

Conforme a la composición florística y abundancia de especies de los fragmentos de bosques nativos analizados, en los que se destacan palmas y algarrobos, estos ecosistemas encuentran correspondencia con la fase inicial del tipo forestal de bosque en formación (Hampel, 1997; Cabral, 2019). Es una etapa de la sucesión forestal con muy baja riqueza florística y abundante en plantas de especies heliófilas colonizadoras.

En cuanto al relevamiento total de la regeneración natural del bosque nativo adyacente (Tabla 5) se identificaron quince especies, presentando una coincidencia del 60 % para ambas áreas (BNI y BN II). En cada fragmento de bosque relevado se registró la misma cantidad de especies (doce).

**Tabla 5.** Composición florística de plantas perennes de regeneración natural en fragmentos de bosque nativo (BN I y BN II) adyacente a la plantación de *Prosopis alba*.

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar	Área
Fabáceas	<i>Prosopis alba</i> Griseb	algarrobo blanco	Ambas
Fabáceas	<i>Prosopis nigra</i> Griseb.	algarrobo negro	Ambas
Fabáceas	<i>Prosopis hassleri</i> Harms.	algarrobo paraguayo	Ambas
Fabáceas	<i>Gleditsia amorphoides</i> (Griseb). Taub.	espina corona	Ambas
Moráceas	<i>Maclura tinctoria</i> (L) D. Don ex Steud.	mora amarilla	Ambas
Palmáceas	<i>Copernicia alba</i> Morong.	palma, caranday	Ambas
Cannabáceas	<i>Celtis tala</i> Gilles ex Planch.	tala	Ambas
Achatocarpáceas	<i>Achatocarpus praecox</i> Griseb.	palo tinta	Ambas
Asteráceas	<i>Austroeuatorium inulifolium</i> (Kunth) R. M. King & H. Rob.	doctorcito	Ambas
Solanáceas	<i>Solanum argentinum</i> Bitter & Lillo	cabra yuyo	BN I
Primuláceas	<i>Vallesia glabra</i> (Cav.) Link	ancoche	BN I
Anacardiáceas	<i>Schinus fasciculatus</i> (Griseb) I. M. Johnst.	molle	BN I
Malváceas	<i>Sida sp.</i> (L).	escoba negra	BN II
Fabáceas	<i>Microlobius foetidus</i> (Jacq.) M. Sousa & G. Andrade subsp. <i>paraguensis</i> (Benth.) M. Sousa & G. Andrade	ibirá-né	BN II
Sapindáceas	<i>Allophylus edullis</i> (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl	cocú	BN II

En la Tabla 6 se presentan los resultados de los índices de biodiversidad alfa determinados para la regeneración natural de plantas perennes del bosque nativo, detallados en las tres categorías de tamaño. La mayor riqueza y abundancia específica se registra en la Categoría I, que agrupa a las especies cuyas bioformas encuentran correspondencia con las dimensiones establecidas para esta categoría y a las plantas reclutas del sistema, es decir ejemplares pequeños de especies arbustivas,

arbóreas o con tallo leñoso. El 52,1 % (12.000 pl.ha<sup>-1</sup>) del total de individuos de la Categoría I está conformado por plantas de las especies doctorcito y palma caranday. El porcentaje restante se distribuyen en 11 especies, entre las cuales sobresalen por abundancia la escoba negra, molle y tala. En las Categorías II y III se destacan algarrobos, palma y tala. Estas tres especies más mora y molle son las cinco que tienen presencia en las tres clases de tamaños de regeneración.

A nivel general, los índices de Margalef y Shannon-Wiener muestran valores bajos (1,38 y 2,14, respectivamente), propios de comunidades de escasa diversidad. En el mismo sentido, el índice de Simpson D adquiere valores bajos, reflejo que en la comunidad no hay dominancia de ninguna especie. Los altos valores del índice de diversidad de Simpson 1-D, corroboran la existencia de una población equilibrada, considerando la abundancia de las especies.

**Tabla 6.** Índices de biodiversidad de la regeneración natural según categorías de tamaño, correspondiente al bosque nativo adyacente a la plantación de *Prosopis alba*.

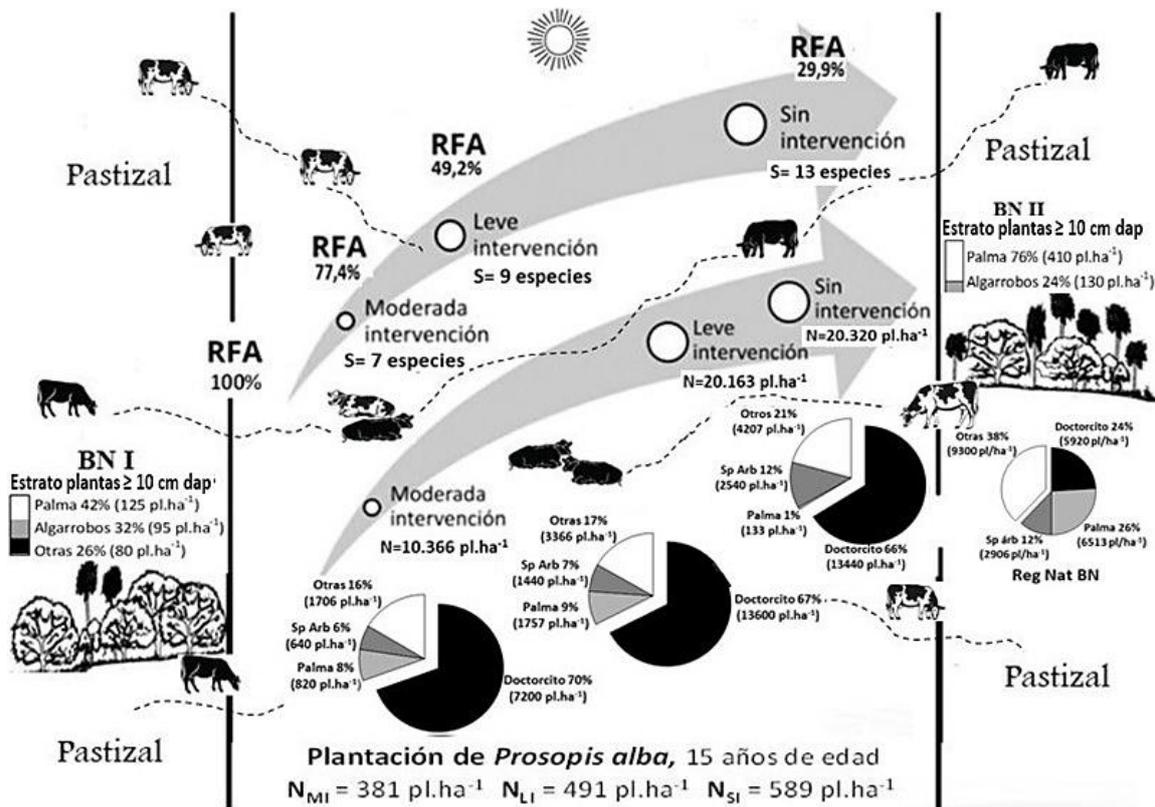
Índices	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Total
Número de especies	13	6	8	15
Abundancia (pl/ha)	23.040	1.050	549	24.639
Dominancia D Simpson	0,170	0,202	0,189	0,161
Simpson 1-D	0,830	0,798	0,812	0,839
Shannon - Wiener H'	2,077	1,687	1,866	2,140
Margalef	1,195	0,719	1,110	1,384

Según el valor de 0,733 para el Cociente de Sørensen determinado para este estudio, es alta la similitud de composición florística (73,3 %) entre las muestras de regeneración natural del área estudiada de plantación y bosque nativo. Este resultado expresa la importancia determinante que tiene el bosque nativo en la biodiversidad de la regeneración natural desarrollada en el área de plantación. Es decir, el ecosistema forestal autóctono adyacente a la plantación constituye un proveedor potencial permanente de material genético, al encontrarse una gran correspondencia en la composición específica de ambas áreas.

### **Análisis del proceso de regeneración natural en la plantación**

En la Figura 1 se presenta la infografía del modelo que expresa de manera resumida los principales resultados cuantitativos del estudio de la biodiversidad de la regeneración natural realizado en diversas zonas de intervención silvícola de una plantación de *Prosopis alba*. Seguidamente se examinan los aspectos relevantes del proceso.

En la parte central se representó el área plantada y a ambos lados, los sectores de fragmentos de bosques nativos alternados con pastizales naturales. La presencia del ganado y su recorrido conectando todos los ambientes del predio fue simbolizado por dibujo del animal vacuno comiendo o descansando y líneas punteadas, respectivamente. En cada sector se insertó información cuantitativa importante (grupos de especies y densidad en los bosques nativos, tanto de plantas mayores a 10 cm de DAP como de la regeneración natural; radiación fotosintéticamente activa, grupos de especies y densidad de la regeneración natural registrada en la plantación, en la parte sin tratamientos silvícolas, y con leve y moderada intervención silvicultural).



**Figura 1.** Infografía del proceso de regeneración natural de especies perennes y los principales indicadores de biodiversidad según zonas de intervención silvícola en una plantación de *Prosopis alba*, con presencia de ganado y en adyacencia de fragmentos de bosque nativo.

Durante los controles se visualizaron animales domésticos dentro de la plantación, con un promedio de 50 animales bovinos de diferentes tamaños. A partir de evidencias *in situ* de huellas y deyecciones en diferentes grados de descomposición, sumadas a la información proporcionada por el productor, se precisó que la presencia frecuente del ganado data desde los 7 años de vida de la plantación. Estas evidencias se presentaron con mayor frecuencia en las zonas con intervenciones silvícolas, mientras que en la zona sin intervención fue de escasa magnitud. También durante el relevamiento a campo se observaron diversas especies de aves en la plantación, que según Rodríguez y Pérez (2020), son importantes en el proceso de dispersión de ciertas especies arbóreas, como la mora amarilla, tala y palo tinta, dado que después de comer sus frutos en un lugar, luego expulsan las partes duras (semillas) no digeribles en otro sitio, listas para germinar.

Las especies de regeneración natural que se encuentran con mayor abundancia en todas las zonas son doctorcito, especie dominante (más del 65 % de participación relativa), herbácea perenne y, en menor medida, la palma, especie leñosa. La distribución de la regeneración natural de estas especies se explica con base al temperamento y oportunidad de instalación. Respecto de la especie doctorcito, Castro (2018) expone que se trata de una planta no palatable por los mamíferos herbívoros, gran colonizadora de todo tipo de terreno, natural, cultivado o en descanso. Aunque prefiere lugares soleados, en el presente estudio la mayor abundancia se registró en zonas sin intervención y de leve intervención, en las que la radiación fotosintéticamente activa varió entre el 30 y el 50 % de la luminosidad existente a cielo abierto. Su menor aparición en la zona de mayor luminosidad (de moderada intervención silvícola) puede atribuirse a los fuertes disturbios ocasionados por el ganado, ya que son sitios escogidos por estos animales para descansar, impactando fuertemente en forma mecánica sobre el suelo y su cobertura vegetal (el ganado apoya el cuerpo sobre la superficie por varias horas, en forma reiterada) y química (gran cantidad de orina esparcida en un área reducida).

Es reconocido que la presencia recurrente de los animales en los bosques nativos tiene trascendencia en el proceso de regeneración natural, ya que se constituyen en vectores importantes de la diseminación y dispersión de diversas especies, especialmente de las leñosas (Moraes, 1991; Wunderle, 1997; Baigorria, 2007; Haene y Montaldo, 2015; Mendes *et al.*, 2011). En este sentido, Rodríguez y Pérez (2020), al estudiar una plantación de algarrobos cercana a la aquí analizada, consideraron que las aves fueron protagonistas esenciales del proceso de dispersión de semillas de especies arbóreas. En el presente estudio se constató que el ganado atraviesa diariamente la forestación; durante la mañana dirigiéndose hacia áreas con gramíneas o aguadas ubicadas en sectores bajos del predio y durante la tarde regresando a los lugares altos para dormir. Así, los animales se quedan transitoriamente en la plantación para descansar y protegerse de las condiciones climáticas extremas, y a fines de la primavera, comer frutos caídos de algarrobos implantados. Aparentemente el ganado desempeñó un rol principal en la dispersión de algunas especies, ya que esta circulación diaria provocó disturbios en la plantación que tienen influencia en el proceso de sucesión que se da bajo el dosel arbóreo. Una evidencia constituye los excrementos esparcidos sobre el suelo en diferentes lugares, que incluyen semillas de diversas especies (acción endozoica), especialmente de palmas y algarrobos, de plántulas y plantines.

En este contexto, la abundancia de *Copernicia alba* registrada dentro de la plantación en parte es explicada por la acción de estos vectores animales. Debido a la fuerte presencia de la especie en los fragmentos de bosques nativos cercanos resulta creíble que su diseminación dentro del área de plantación es resultado del tránsito y permanencia de los animales, dado que como lo exponen Lorenzi *et al.* (1996) y Castellani *et al.* (2014), sus abundantes frutos palatables son consumidos habitualmente por la fauna silvestre y por los mamíferos domésticos criados en forma extensiva, constituyéndose a su vez en sus mayores dispersores. La diseminación a través de deyecciones animales y posterior regeneración y establecimiento dentro del algarrobal es consecuencia inequívoca que la especie está totalmente adaptada a las condiciones ecológicas locales, caracterizada por períodos de sequía alternados con inundaciones, especie muy heliófila, que tolera bien extremos de alcalinidad o acidez y aceptablemente el frío, con crecimiento medio en altura de 35 cm.año<sup>-1</sup> en ambientes adecuados. En la plantación estudiada los mayores valores de abundancia de esta especie se registraron en los sitios con mayor perturbación antrópica relacionada con los tratamientos silvícolas y el tránsito y la permanencia temporal del ganado, en los que la radiación solar llega a la superficie del suelo por un largo periodo (años). Por otro lado, cabe destacar que en la zona de mayor intervención silvícola (M.I.) y consecuente menor competencia forestal, fue donde se relevaron las palmas de mayor tamaño, es decir, las clasificadas en las categorías II y III.

Un aspecto relevante de las observaciones de campo fue la presencia en la plantación de ejemplares de regeneración natural de especies con disimiles caracteres culturales; es decir, estaban presentes no solo las especies heliófilas y colonizadoras (p.e. algarrobos, palma, molle) sino otras de temperamento medio (p.e. espina corona, tatané *Chloroleucon tenuiflorum* y guaraniná *Sideroxylon obtusifolium*, estas dos últimas observadas fuera de las áreas de muestreo), acompañando a los algarrobos plantados y alcanzando en algunos casos, casi las mismas dimensiones que los árboles cultivados. Al respecto Rodríguez y Pérez (2020) en otra forestación observaron que diversas especies forestales oportunistas se adaptaron a las condiciones de sombra por cierre de la canopia de los algarrobos plantados, presentando fustes rectos, con baja densidad de ramas inferiores, todas de diámetros pequeños. La situación comentada es coherente con la teoría de sucesión denominada Composición Florística Inicial (Finegan, 1993) que plantea que el ingreso de una especie en el ecosistema forestal está dado por la oportunidad, es decir el momento en que la especie encuentra lugar y condiciones adecuadas para su establecimiento y desarrollo.

Resumiendo, una lectura posible del caso aquí estudiado es que la plantación de algarrobo ha funcionado como un sistema abierto de corredor biológico, posibilitando y facilitando el flujo e intercambio genético vegetal y animal (aunque aquí solo se evaluó la componente vegetal y focalizando en las especies perennes), con los diversos fragmentos de bosque nativo que se encuentran en su adyacencia.

#### 4. CONCLUSIONES

En función al estudio exploratorio realizado con la finalidad de evaluar la biodiversidad de la regeneración natural de especies forestales en una plantación *Prosopis alba* se concluye que:

- La regeneración natural sucedió en todas las zonas de la plantación, sin evidenciarse efectos de los tratamientos silvícolas sobre la biodiversidad. Aun la indiferenciación aludida conviene resaltar la tendencia de relación inversa entre el número de especies de regeneración natural y la intensidad del disturbio provocado por los tratamientos silvícolas.
- Respecto de la riqueza específica se reconocieron en total quince especies perennes, la mayoría leñosas, registrándose seis especies comunes a las tres zonas (*Prosopis nigra*, *Maclura tinctoria*, *Copernicia alba*, *Celtis tala*, *Achatocarpus praecox* y *Austroeuatorium inulifolium*). Los valores calculados para los índices de Margalef (<1,3) y Shannon-Wiener (<1,4) refieren en todos los casos que la regeneración natural de las zonas estudiadas presenta baja diversidad, y según el índice de Simpson (<0,6) no hay dominancia de ninguna especie.
- El ecosistema forestal autóctono adyacente a la plantación constituyó un proveedor potencial permanente de material genético, al encontrarse una gran correspondencia en la composición específica de la regeneración natural de ambas áreas.
- Las prácticas silviculturales sí generan condiciones en el ecosistema que afectan la abundancia de la regeneración. En la zona de moderada perturbación del ecosistema por la aplicación de raleos y podas, hay mayor ingreso de luz a nivel de sotobosque (6 años después de la disminución de la espesura por las cortas silvícolas, aún registra 77 % de la RFA observada fuera del bosque), condición en la que se registró la menor abundancia, estimada en 10.366 pl.ha<sup>-1</sup>. La zona con escaso disturbio silvícola (leve intervención) no difiere estadísticamente del sector sin intervención, mostrando valores altos de abundancia, algo superior a 20.000 pl.ha<sup>-1</sup>, con 49 y 30 % de la RFA registrada a cielo abierto, respectivamente.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baigorria, J. 2007. *La interacción de leñosas – aves como condicionante de la composición de los ambientes boscosos en el predio de Santa Catalina (Provincia de Buenos Aires)*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ecología, Genética y Evolución. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 58 p.
- Brockerhoff, E. G.; C. E. Ecroyd; A. C. Leckiea and M. O. Kimberley. 2003. Diversity and succession of adventive and indigenous vascular understorey plants in *Pinus radiata* plantation forests in New Zealand. *Forest Ecology and Management*. 185: 307-326.
- Cabral, A. C. 2019. *El medio físico y su relación a las formaciones vegetales de la provincia de Formosa*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 1ª Ed. Edit. Autores de Argentina. 170 p.
- Castellani, P.; O. Valiente; M. Corrales; S. Rosthoj y J. Reinoso. 2014. Valoración de la utilización digestiva in vivo del fruto de *Copernicia alba* (karanda'y) en un ensayo de digestibilidad en ovinos. *Compendio cienc. vet.* 04(1): 13-18.
- Castro, M. R. 2018. *Evaluación de los efectos de la intensidad de raleo sobre los estratos arbóreo y herbáceo de una forestación de Prosopis alba Griseb*. Becas de Estímulo a las Vocaciones Científicas 2016. Universidad Nacional de Formosa. 23 p.
- Finegan, B. 1993. *Bases ecológicas de la Silvicultura*. En: IV Curso Intensivo Internacional de Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, C.R. 229 p.

- Giménez, A.; P. Hernández, R. Gerez y R. Ríos. 2007. Diversidad vegetal en siete unidades demostrativas en el Chaco Semiárido Argentino. Artículo de Investigación. *Madera y Bosques* 13(1): 61-78.
- Haene E. y Montaldo N. 2015. *Plantas que atraen aves: Horquetero o palo víbora*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/319261458>
- Hampel, H. 1997. *Dinámica de vegetación y manejo silvícola de bosques del Chaco Húmedo argentino*. Tesis de doctorado, Fac. Ftal. de Universidad de Freiburg, Alemania, 210 p.
- Kremen, C. 2015. Reframing the land sparing/land sharing debate for biodiversity conservation. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1355(1), 52-76.
- Lindenmayer, D. B.; R. J. Hobbs and D. Salt. 2003. Plantation forests and biodiversity conservation. *Australian Forestry* 66: 62-66.
- López, R. P. y T. Ortuño. 2008. La influencia de los arbustos sobre la diversidad y abundancia de plantas herbáceas de la Prepuna a diferentes escalas espaciales. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 18: 119-131.
- Lorenzi, H.; H. Moreira De Souza; J. T. Medeiros-Costa; L. S. Coelho De Cerqueira y N. Von Behr. 1996. *Palmeiras No Brasil*. Edit. Plantarum Ltda. Brasil.
- Lugo, A. E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62(1): 1-41.
- Mendes, G.; A. Ruggeri; E. Oliveira Silva; E. Castelo Gomes y H. Valdesprietto Roche. 2011. Especies vegetales y síndromes de dispersión del área de protección ambiental municipal de Inhamum, Caxias, Maranhão, Brasil. *Ambi-Agua, Taubaté* 6(2): 129-142.
- Moraes, R. M. 1991. Contribución al estudio del ciclo biológico de la palma *Copernicia alba* en un área ganadera (Espíritu, Beni, Bolivia). *Ecología en Bolivia* 18: 1-20.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, Vol.1. Zaragoza, 84 p.
- Nájera, A. and J.A. Simonetti. 2009. Enhancing avifauna in commercial plantations. *Conservation Biology* 24 (1): 319-324.
- Pérez, V. R.; M. C. Cañete y G. M. Vicentini. 2018. *Efectos de la intensidad de raleo sobre los estratos arbóreo, herbáceo y edáfico de plantaciones de Prosopis alba*. Informe final Proyecto 54/R197. Facultad de Recursos Naturales, Universidad Nacional de Formosa. 60 p.
- Ritter, L. J. 2017. *Regeneración de árboles nativos en plantaciones de Pinus taeda L. en el Norte de Misiones: efectos del manejo a nivel del rodal y el paisaje*. Tesis doctoral Facultad Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. 159 p.
- Rodríguez, C. y V. Pérez. 2020. *Biodiversidad de la regeneración natural en plantación de Prosopis alba Griseb. de la provincia de Formosa*. XXXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos, 137-141.
- Vargas Ríos, O. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Universidad Nacional de Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 16(2): 221-246.
- Vicentini, G. M. 2020. *Aptitud de suelos en forestaciones de Prosopis alba Griseb. de la Provincia de Formosa, Argentina*. Tesis de Maestría de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones. 67 p.
- Villagra, P. E. 2000. Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. Ecology of the *Prosopis* woodlands from Argentina. *Multequina: Latin American Journal of Natural Resources* 9(2): 35-51.
- Wunderle, J. M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99(1-2): 223-235.

