

TRABAJO CIENTÍFICO

Estructura y patrón de la distribución de la regeneración del Bosque Chaqueño Semiárido de Jujuy en distintas situaciones estructurales

Structure and pattern of the distribution of regeneration of the Semi-arid Chaco Forest of Jujuy in different structural situations

C. A. Humano¹

¹ Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Facultad de Ciencias Agrarias. Cátedra de Dasonomía. Alberdi 47, San Salvador de Jujuy, Jujuy, Argentina. E-mail: cahumano@yahoo.com

Recibido en marzo de 2023; Aceptado en marzo de 2024

RESUMEN

El Bosque Chaqueño abarca aproximadamente 85.000 ha en la provincia de Jujuy, siendo un ecosistema de gran biodiversidad. Su explotación forestal fue intensa causando una gran fragmentación y comprometiendo su resiliencia. La sustentabilidad de su manejo se basa en el conocimiento de la dinámica poblacional de sus especies arbóreas. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de un aprovechamiento sobre la estructura y patrón de distribución de la regeneración natural. Para ello, se relevó la regeneración existente en 2 áreas con distintas situaciones estructurales, una con su estructura original (BO) y la otra un área disturbada por un aprovechamiento (BD). La metodología empleada para el muestreo de la regeneración fueron parcelas circulares de 500 m². El análisis estructural para cada área se realizó a partir del índice de la regeneración natural que considera la abundancia, frecuencia y tamaño de la regeneración. El patrón de distribución en cada área se determinó con el simulador PROGRAMITA. El disturbio generó diferencias en la estructura y distribución de la regeneración entre las áreas (BO-BD). La especie con mayor abundancia y ocupación en BD es *Caesalpinia paraguarensis* en tanto en BO es *Aspidosperma quebracho blanco*. Existe una distribución más regular de tamaños de la regeneración en BD en comparación con BO. La distribución de la regeneración es aleatoria en BO y agregada en BD. Las especies regeneradas son de comportamiento umbrófilo, de aparición tardía en la sucesión y los individuos adultos son dominantes en el bosque.

Palabras clave: Aprovechamiento, Bosque original, Diferencias patrón.

ABSTRACT

The Chaco Forest covers approximately 85.000 ha in the province of Jujuy, being an ecosystem of great biodiversity. Its harvesting was intense causing great fragmentation and compromising its resilience. The sustainability of its management is based on knowledge of the population dynamics of its tree species. The objective of this work was to determine the effect of a harvest on the structure and distribution pattern of natural regeneration in two sites with different histories of use. For this, the existing regeneration was surveyed in 2 areas with different structural situations, one with its original structure (BO) and the other an area disturbed by exploitation (BD). The methodology used for the regeneration sampling were circular plots of 500 m². The structural analysis for each area was carried out based on the natural regeneration index that considers the abundance, frequency and size of regeneration. The distribution pattern in each area was determined with the PROGRAMITA simulator. The disturbance generated differences in the structure and distribution of regeneration between areas (BO-BD). The regeneration with the greatest abundance and occupation in BD is *Caesalpinia paraguarensis*, while in BO is *Aspidosperma quebracho blanco*. There is a more regular distribution of regeneration sizes in BD compared to BO. The regeneration distribution is random in BO and aggregated in BD. The regenerated species are umbrophyllous in behavior, appearing late in the succession and adult individuals are dominant in the forest.

Keywords: Harvesting, original forest, pattern differences.

1. INTRODUCCIÓN

El Bosque Chaqueño Semiárido en la región ha experimentado un continuo proceso de sobreaprovechamiento forestal asumiendo en algunos casos un proceso irreversible de degradación (Araujo, 2003; Romano, 2007); sus efectos tuvieron consecuencias socioeconómicas, ambientales y ecológicas de largo alcance (Baldassini, 2018). Es evidente que el actual método de aprovechamiento de las especies necesita contemplar nuevas normas tendientes a la conservación y manejo de la regeneración natural, incrementar el crecimiento de las especies, fijar un volumen de cosecha adecuado y mantener una estructura forestal equilibrada, que asegure la perpetuidad del proceso de producción y extracción de madera, evitando la pérdida de biodiversidad y, los bienes y servicios ambientales brindados por el bosque nativo (Araujo, 2003). La expansión de cultivos anuales y pasturas ha sido la causa principal de las transformaciones en el uso y cobertura del suelo en la región Chaqueña Semiárida (Baldassini, 2018). En muchos ecosistemas, la conservación de la estructura de la vegetación natural entra en conflicto con la producción de alimentos en sistemas agrícola-ganaderos, que se basan sobre una simplificación e industrialización del uso de la tierra (Grau *et al.*, 2011).

Las modificaciones estructurales del bosque primario causadas por extraer un volumen de madera mayor al crecimiento periódico de las especies seleccionadas de mayor valor (sobreaprovechamiento selectivo) generan un bosque secundario con una estructura "residual o remanente" empobrecida biológicamente sin poder cumplir todas sus funciones ecosistémicas (Araujo, 2003; Blundo y Malizia, 2008). Tanto la conservación de bosques como muchas otras unidades de vegetación, son por lo tanto un objetivo global con múltiples implicancias desde el plano ecológico y productivo, ya que compromete la provisión de bienes y servicios ecosistémicos indispensables para la supervivencia y bienestar del Hombre (Bravo *et al.*, 2019). La solución para el problema planteado, requiere contar con información sobre la regeneración natural, estructura, crecimiento, competencia y producción, tanto de las especies de valor comercial, como de las que aún tienen un valor económico desconocido (Araujo, 2003).

Es prioritario poder cuantificar y diferenciar la distribución de la regeneración natural para futuras cosechas, para preservarla. Su manejo constituye un enfoque estratégico en un sistema de producción sostenida (Terán y Marañón, 2001). El conocimiento sobre las estrategias de regeneración de las especies que componen los bosques constituye la línea de base para establecer planes de aprovechamiento y manejo forestal sustentables (Mostacedo y Frederiksen, 2000).

Hay escasos trabajos publicados vinculados a la biometría de la regeneración natural de la región en estudio, los cuales no complementan su información o incluyen un solo factor de estudio en su análisis (composición, estructura, crecimiento, distribución, etc.). Los estudios biométricos forestales son la base para el desarrollo de modelos, los cuales son necesarios para conocer la estructura de los bosques, tanto en el presente como a futuro siendo la base para fijar objetivos productivos o de conservación de ellos (Ivancich, 2013).

Por ello, el objetivo de este trabajo fue comprobar las diferencias en la composición, abundancia y distribución espacial de la regeneración natural del Bosque Chaqueño Semiárido generadas por la disminución de la cobertura arbórea al realizar un aprovechamiento forestal selectivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El trabajo se realizó en un predio de 110 ha, del Campo Experimental “Dr. Emilio Navea” (24° 21' 8" S 65° 11' 28" O) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Jujuy. Este campo dista a 25 km de la ciudad de S.S. de Jujuy, a 900 m s.n.m., con una temperatura promedio anual de 18 °C y un régimen de precipitaciones monzónico con 650 mm anuales (Buitrago, 2002). Condiciones que caracterizan al lugar con un clima semiárido (Braun Wilke, 2000). La vegetación característica es el bosque xerofítico semidecíduo (Braun Wilke, 2000), donde las especies arbóreas predominantes son *Aspidosperma quebracho blanco*, *Caesalpinia paraguariensis*, *Anadenanthera colubrina*, *Parapiptadenia excelsa* y *Schinopsis lorentzii*.

El predio posee una fisonomía de fragmentos de bosque con diferentes historias de uso y en diferentes estados sucesionales (POP, 2012).

A los fines del presente estudio, se dividió el predio en 2 áreas debido a que poseen diferencias en la historia de uso y estructura forestal.

a) Área de conservación (BC)

Abarca una superficie de 20 ha de conservación destinada a la preservación de la biodiversidad, la cual además sirve como refugio para la fauna y reposo de las aves en sus movimientos migratorios y reproductivos. Esta área está clausurada desde hace 15 años y no hubo intervenciones desde hace 35 años. Desde su clausura no tuvo presencia de ganado. Con relación a la estructura arbórea, el sitio posee un área basal (AB) de 21 m²/ha y una densidad de 350 ind./ha (POP, 2012). La altura del piso superior es de 12 m a 15 m, el intermedio de 7 m a 12 m y el inferior de 5 m a 7 m. Las especies dominantes son *Ruprechtia laxiflora*, *A. colubrina* var. *cebil*, *P. excelsa*, *C. paraguariensis*, *Geoffroea decorticans* y *S. lorentzii* (POP, 2012). La cobertura del estrato arbóreo, estimada por la proyección ortogonal de las copas de todos los individuos, es del 90 % al 110 % (Humano et al., 2012).

b) Área de Bosque Intervenido (BI)

Se trata de 20 ha donde desde hace 25 años se realizaron 2 cortas de aprovechamiento según DMC con una periodicidad de 10 años y una intensidad de corta inferior al 20 %, siendo la última en 2007. El área ha tenido presencia de ganado hasta hace 10 años. La estructura arbórea del sitio posee un AB de 15 m²/ha, una densidad de 170 ind./ha, siendo las especies dominantes *A. colubrina* var. *cebil*, *P. excelsa*, *Prosopis nigra*, *G. decorticans* y *Ziziphus mistol* (Humano et al., 2012). Los valores de AB y densidad actualmente (2023) deben ser levemente mayores debido al crecimiento del bosque. La cobertura arbórea estimada por la proyección ortogonal de las copas de todos los individuos es del 60 %.

2.2. Obtención de los datos

Diseño del muestreo

La metodología empleada para el muestreo de la regeneración consistió en realizar parcelas circulares con un radio de 12,62 m (500 m²) separadas entre sí por 100 m distribuidas en forma

sistemática a lo largo de transectas distribuidas de forma paralela. La distancia entre las transectas fue de 40 m. En total se realizaron 40 parcelas en cada tipo de bosque representando una intensidad de muestreo del 13 % de la superficie total relevada para obtener un error de muestreo ≤ 10 %. En cada parcela se establecieron cuatro subparcelas, donde se midió la regeneración. Cada subparcela se ubicó a 6 m del centro de la parcela principal y a los 45°, 135°, 225° y 315°, respectivamente. La superficie de cada subparcela fue de 12 m².

Toma de datos

En las 4 subparcelas de cada parcela se registró la regeneración (individuos con DAP < 10 cm) y se las agrupó en categorías de acuerdo con el rango de tamaños (Araujo, 2003; Gómez, 2011).

Se consideraron los siguientes tamaños de regeneración:

Categoría I: individuos < 1,30 m de altura;

Categoría II: individuos > 1,30 m de altura y DAP < 5 cm;

Categoría III: individuos con 5 cm > DAP < 10 cm.

En cada individuo registrado se determinó la especie, se midió el DAP en el caso que correspondía, el DAC (diámetro altura al cuello expresada en cm), la altura total y estado sanitario.

Las especies se clasificaron según su gremio ecológico siendo las heliófilas *S. lorentzii*, *A. quebracho blanco*, *P. nigra* (Araujo, 2003; Brassiolo, 2000), *A. colubrina*, *P. excelsa*, *T. tipu* y *C. paraguariensis* (Guzmán Gutiérrez, 2001) y las umbrófilas son *C. multiflorum* y *P. rhamnoides* (Wenzel y Hampel, 1998).

2.3. Análisis de los datos

2.3.1. Análisis estructural

Abundancia

Se calculó la Abundancia absoluta como el número de individuos de una especie en un área determinada (Mateucci y Colma, 1982). La Abundancia relativa (AR) indica el porcentaje de participación de cada especie, referida a la cantidad de individuos totales encontrados por hectárea, multiplicado por 100.

$$A_r = \frac{A_i}{\Sigma A} \times 100$$

Donde: **Ar**: Abundancia relativa de la especie i, **A_i**: Cantidad de individuos de la especie i y **ΣA**: Sumatoria de individuos de todas las especies.

Frecuencia

La frecuencia se calculó en base a la cantidad de parcelas (40), en que se subdividió el área, donde están presentes los individuos de una especie, indicando de esta forma su dispersión dentro de la comunidad. Para calcular la frecuencia absoluta se registró la existencia o la ausencia de una especie determinada. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (Lamprecht, 1990).

$$F_a = \frac{O_i}{\Sigma O} \times 100$$

Donde: **F_a**: Frecuencia absoluta de la especie *i*, **O**: Cantidad de ocurrencia de la especie *i* y **Σ O**: Cantidad total de ocurrencias posibles.

Categorías de tamaño

Cada categoría de tamaño es una porción de la regeneración contenida dentro de determinados límites de altura y tamaños de DAP, fijados subjetivamente. En este trabajo se distinguen tres categorías: I, II y III. Siguiendo la metodología propuesta por Finol (1971), se asignó un valor fitosociológico a cada categoría de tamaño, el cual se obtuvo por el cociente entre el número de individuos en cada categoría de tamaño y el número total de la regeneración:

$$VF_j = \frac{n_j}{N}$$

Donde: **VF_j**: valor fitosociológico de la categoría de tamaño (I, II o III), **n_j**: Cantidad de individuos en la categoría de tamaño (I, II o III), **N**: Cantidad total de individuos de la regeneración y **j**: categoría de tamaño I, II y III.

La categoría de tamaño absoluta (CT_A) para cada especie se obtuvo por el producto del Valor Fitosociológico de cada categoría y el N^o de individuos de la especie en esa misma categoría de tamaño:

$$CT_A = VF_I * N_I + VF_{II} * N_{II} + VF_{III} * N_{III}$$

Donde:

VF: Valor fitosociológico de la categoría de tamaño. **N_I**, **N_{II}**, **N_{III}**: categorías de tamaño de la regeneración natural.

Con el dato de CT_A para cada especie se calculó la categoría de tamaño Relativa para cada especie (CT_R) se expresó como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absoluto;

$$CT_R(\%) = \frac{CT_A}{\sum_{i=1}^n CT_A}$$

Índice de regeneración natural relativa

Con la abundancia, frecuencia y categoría de tamaño de la regeneración se obtuvo el índice *Regeneración natural relativa* (RN_r) para cada especie según la siguiente expresión (Araujo, 2003):

$$RN_r = \frac{(A_r + F_r + CT_R)}{3}$$

Donde: **RN_r**: Regeneración natural relativa en %, **A_r**: Abundancia relativa de la regeneración natural, **F_r**: Frecuencia relativa de la regeneración natural y **CT_R**: Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

2.4.-Análisis de la distribución espacial

Se realizaron 4 parcelas contiguas de forma cuadrada (50 m x 50 m) totalizando 1 ha de área de muestreo en BC y otra ha en BI (son las áreas con estructura más disimiles). Cada parcela fue subdividida en 25 subparcelas de 5 m x 5 m. Dentro de cada subparcela se identificó la regeneración establecida (>30 cm de altura y <10 cm DAP) de las especies maderables. Se referenció cada individuo a partir de coordenadas ortogonales (X, Y) de acuerdo al vértice de la parcela.

Análisis de los datos de la distribución espacial

Con los datos ortogonales de la regeneración se estableció su patrón de distribución (agrupado, regular o aleatorio) utilizando el software "Programita" (Wiegand y Moloney, 2004). Para realizar el análisis de los patrones espaciales de cada una de las áreas (BI y BC) se utilizó el estadístico "O" de Wiegand & Moloney, el cual está relacionado con la función K de Ripley (Wiegand & Moloney, 2004) y a la función *pair-correlation* g (Stoyan y Stoyan, 1994) con las cuales se analiza la distancia entre puntos (corresponde a cada dato ortogonal de los individuos de la regeneración). Específicamente el método univariado O-ring implica la utilización de un anillo de radio r y ancho dr que es centrado en cada punto del patrón, en el que se cuentan el número de puntos vecinos que se encuentran dentro del mismo, por lo tanto es necesario especificar el ancho de anillo. Esto implica un procedimiento intuitivo ya que no es posible formular reglas para la determinación del mismo. En todo caso, el anillo no debe ser demasiado ancho para evitar los problemas de adicionalidad o memoria y tampoco demasiado fino para evitar perder los efectos en las diferentes escalas (Wiegand y Moloney, 2004).

Para n individuos distribuidos en un área A , la densidad ($d=n/A$) es el número promedio de individuos por unidad de área. La función $O(r)$ es el número esperado de puntos dentro de un anillo de radio r centrado en un punto arbitrario del patrón.

Para un análisis en conjunto, se analizaron los datos combinando las 4 parcelas de acuerdo al procedimiento sugerido por Diggle (2003), para lo cual se estima el r promedio ponderado de puntos del patrón tomado sobre todas las réplicas o parcelas.

En el caso de la regeneración en BI, debido a la concentración de la regeneración en diferentes zonas de las parcelas, se aplicó el método de Poisson Heterogéneo (PH) como modelo nulo para aislar el efecto de la agrupación a gran escala y estimar las distancias a las cuales se manifiestan los procesos densodependientes.

En el caso de BC el patrón de distribución de la regeneración fue analizado usando un análisis univariado. Se utilizó el modelo Complete Spatial Randomness (CSR) de Poisson como modelo nulo que resulta apropiado en condiciones de homogeneidad ambiental para determinar una distribución espacial completamente al azar.

En ambos casos (BI y BC) los límites de confianza al 95 % se obtuvieron mediante 99 simulaciones Monte Carlo (Haase, 1995).

De esta manera valores $O(r) > \lambda$ indicarán agrupamiento, mientras que valores $O(r) < \lambda$ indicarán que no existe agrupamiento (azar o regularidad) (Wiegand y Moloney, 2004).

3. RESULTADOS

3.1. Análisis estructural

Abundancia/Frecuencia

La Abundancia y Frecuencia de la regeneración de BI y BC se detalla en la Tabla 1, pudiéndose observar que *C. paraguariensis* es la especie más representada en BI y *A. quebracho blanco* en BC. En BI las especies más frecuentes son heliófilas *C. paraguariensis*, *P. excelsa*, *A. colubrina* y *S. lorentzii*. En tanto en BC la abundancia de especies es un 65 % menor, en cantidad de ind/ha que BI (32 vs 89); en BC la especie más representada *A. quebracho blanco* junto a *C. paraguariensis* (Tabla 1).

Tabla 1. Número de individuos de la regeneración natural de las especies arbóreas en BI y BC.

Especie	BI				BC			
	Abundancia		Frecuencia		Abundancia		Frecuencia	
	Abs. (ind./ha)	Rel. (%)	Abs. (ind./ha)	Rel. (%)	Abs. (ind./ha)	Rel. (%)	Abs. (ind./ha)	Rel. (%)
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	43	49	10	14	9	28	24	28
<i>Parapiptadenia excelsa</i>	9	11	9	13	2	6	4	7
<i>Anadenanthera colubrina</i>	8	9	9	13	3	9	5	9
<i>Schinopsis lorentzii</i>	8	9	7	10	6	19	11	26
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	3	4	6	8	0	0	0	0
<i>Ziziphus mistol</i>	2	2	5	7	0	0	0	0
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	2	2	4	6	0	0	0	0
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	1	2	3	4	0	0	0	0
<i>Xilosma pubescens</i>	1	1	3	4	0	0	0	0
<i>Acacia praecox</i>	1	1	2	3	0	0	0	0
<i>Prosopis nigra</i>	1	1	2	3	0	0	0	0
<i>Geoffroea decorticans</i>	1	1	2	3	0	0	0	0
<i>Erythroxylum argentinum</i>	1	1	2	3	0	0	0	0
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	1	1	1	1	12	38	35	30
<i>Bougainvillea stipitata</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Allophylus edulis</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Solanum verbascifolium</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Terminalia triflora</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Fagara naranjillo</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Achatocarpus praecox</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Pterogyne nitens</i>	1	1	1	1	0	0	0	0
TOTAL	89	100	72	100	32	100	79	100

Categorías de tamaño

Al considerar las especies de acuerdo a la categoría de tamaño de la regeneración en BI, las especies con mayor número de individuos y de mejor distribución en las categorías son *C. paraguariensis*, *P. excelsa*, *A. colubrina* y *S. lorentzii*. En BC la especie con la regeneración de mayor tamaño es *A. quebracho blanco* (Tabla 2).

Tabla 2. Número de ind./ha por categorías de tamaño de la regeneración natural en BI y BC.

Especie	BI				BC			
	CI	CII	CIII	Total	CI	CII	CIII	Total
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	6	33	89	128	2	7	15	24
<i>Parapiptadenia excelsa</i>	0	5	23	28	2	2	0	4
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0	2	21	23		1	4	5
<i>Schinopsis lorentzii</i>	1	4	18	23	2	4	5	11
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	0	1	9	10	0	0	0	0
<i>Ziziphus mistol</i>	0	1	5	6	0	0	0	0
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	0	0	5	5	0	0	0	0
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	0	0	4	4	0	0	0	0
<i>Xilosma pubescens</i>	0	0	3	3	0	0	0	0
<i>Acacia praecox</i>	0	0	3	3	0	0	0	0
<i>Prosopis nigra</i>	0	0	2	2	0	0	0	0
<i>Geoffroea decorticans</i>	0	0	2	2	0	0	0	0
<i>Erythroxylum argentinum</i>	0	0	2	2	0	0	0	0
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	0	0	2	2	8	9	18	55
<i>Bougainvillea stipitata</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Allophylus edulis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Solanum verbascifolium</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Terminalia triflora</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Fagara naranjillo</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Achatocarpus praecox</i>	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Pterogyne nitens</i>	0	1	0	1	0	0	0	0
TOTAL	7	47	194	248	14	23	42	79

Para calcular las categorías de tamaño relativas se le atribuyó un valor fitosociológico a cada categoría de tamaño de BI para la I, II y III correspondieron los siguientes valores respectivamente 1, 2 y 7. El valor fitosociológico de la regeneración de BC para las categorías I, II y III correspondieron los siguientes valores respectivamente 2, 3 y 5.

El valor fitosociológico (VF) asignado a cada categoría de tamaño se utilizó para calcular la índice categoría de Tamaño Absoluta (CTA) y Relativa (CTR) en BI y BC (Tabla 3).

Tabla 3. Categorías de tamaño para la regeneración natural en BI y BC.

Especie	BI		BC	
	CTA	CTR %	CTA	CTR %
<i>Caesalpinia paraguariensis</i>	695	47,64	100	32,57
<i>Parapiptadenia excelsa</i>	171	11,72	10	3,26
<i>Anadenanthera colubrina</i>	151	10,35	23	7,49
<i>Schinopsis lorentzii</i>	135	9,25	41	13,26
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	65	4,46	0	0
<i>Ziziphus mistol</i>	37	2,54	0	0
<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	35	2,40	0	0
<i>Calycophyllum multiflorum</i>	28	1,92	0	0
<i>Xilosma pubescens</i>	21	1,44	0	0
<i>Acacia praecox</i>	21	1,44	0	0
<i>Prosopis nigra</i>	14	0,96	0	0
<i>Geoffroea decorticans</i>	14	0,96	0	0
<i>Erythroxylum argentinum</i>	14	0,96	0	0
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	14	0,96	133	43,32
<i>Bougainvillea stipitata</i>	7	0,48	0	0
<i>Allophylus edulis</i>	7	0,48	0	0
<i>Solanum verbascifolium</i>	7	0,48	0	0
<i>Terminalia triflora</i>	7	0,48	0	0
<i>Fagara naranjillo</i>	7	0,48	0	0
<i>Achatocarpus praecox</i>	7	0,48	0	0
<i>Pterogyne nitens</i>	2	0,14	0	0
TOTAL		100		100

Índice Regeneración natural relativa

Este índice muestra que las especies con mayor abundancia y ocupación en BI es *C. paraguariensis* en tanto que en BC es *A. quebracho blanco* (Figura 1).

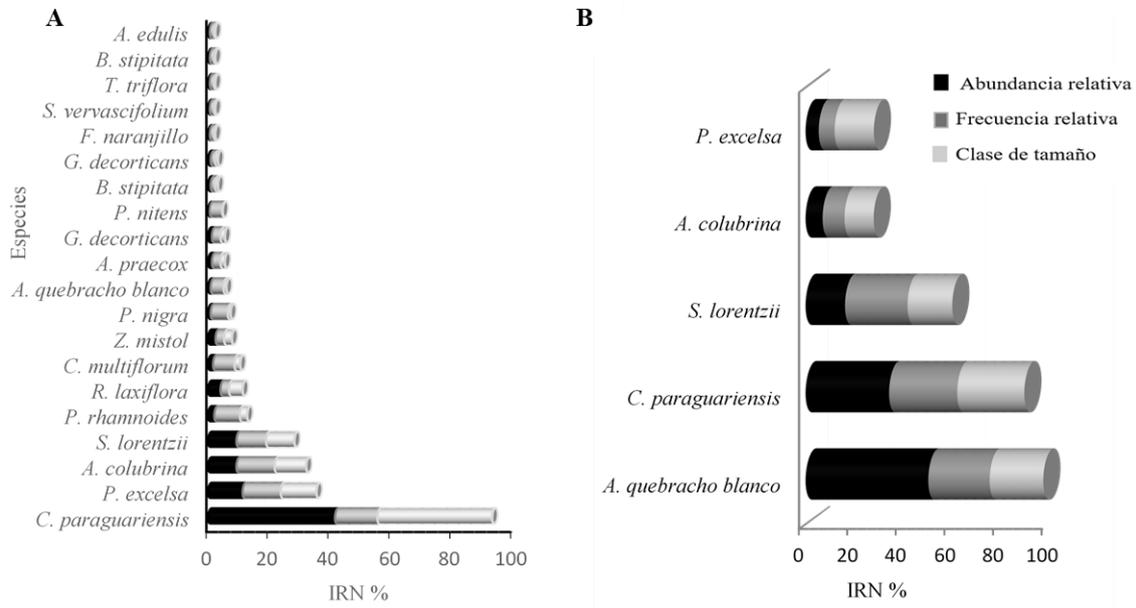


Figura 1.- Índice de regeneración natural de las especies en cada tipo de bosque: A.- BI y B.- BC.

3.2.- Análisis de la distribución espacial

Los resultados de las simulaciones de Monte Carlo (99) con los datos obtenidos del registro de la regeneración natural se han graficado en la Figura 2, donde se observa la preponderancia de un patrón de distribución del tipo gregario en BI y un patrón de distribución aleatorio en BC.

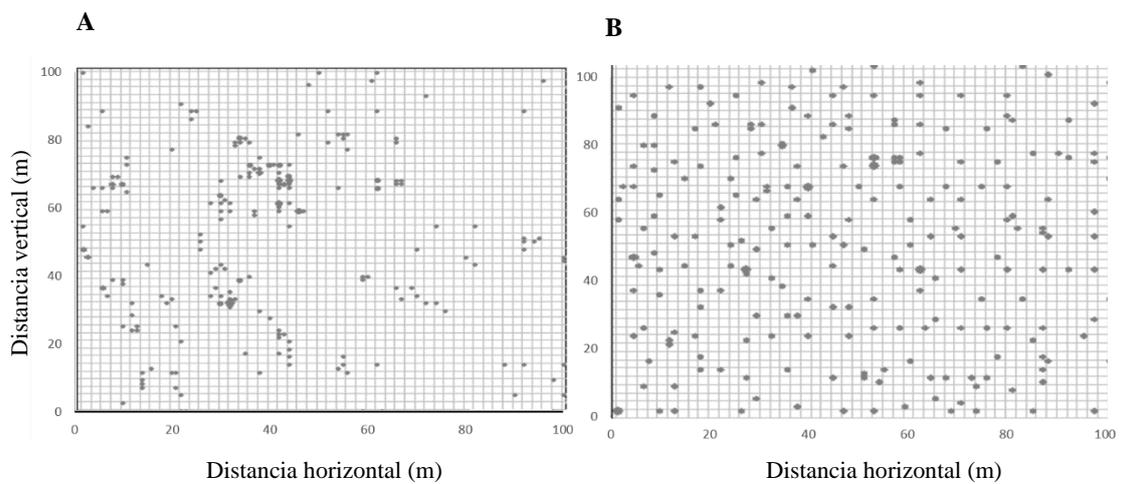


Figura 2. Grafico del Patrón de distribución simulado por el Software Programita, de la regeneración natural en: A.- BI y B.- BC.

Para BI el análisis univariado, de la regeneración demuestra un agrupamiento significativo de la regeneración natural. Este agrupamiento es mayor a pequeña escala con distancias radiales que alcanzan un una máximo de 5 m hasta los 11 m, a partir del cual el agrupamiento tiende a disminuir. El patrón espacial del conjunto de individuos de BC se presenta aleatorio a la escala espacial considerada (Figura 3).

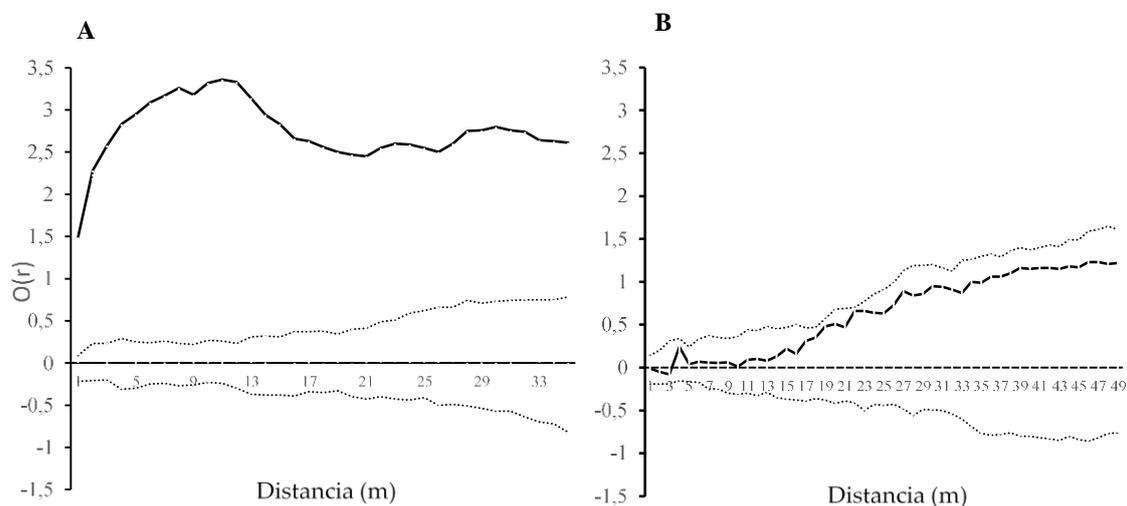


Figura 3. Análisis univariado de los patrones de distribución mediante K de Ripley en: A) BI y B) BC.

A. Funciones de distribución empíricas (PH) (líneas gruesas) juntos con los intervalos de confianza ($P < 0,05$) para la Hipótesis de aleatoriedad espacial (líneas discontinuas). B. Funciones de distribución empíricas (CSR) (líneas gruesas) juntos con los intervalos de confianza ($P < 0,05$) para la Hipótesis de agregado espacial (líneas discontinuas).

4. DISCUSIÓN

Estructura de la regeneración

Existe mayor abundancia de la regeneración de especies heliófilas tanto en BC y en BI (*S. lorentzii*, *C. paraguariensis*, *A. colubrina*, etc.). Esto es coincidente con lo observado por Araujo (2003) para el Chaco Semiárido donde la regeneración predominante fue *S. lorentzii*, *P. alba*, *A. quebracho blanco*, *Z. mistol*, etc., siendo distinto a lo observado por Wenzel y Hampel (1998) en el Chaco Húmedo donde existe predominancia de especies umbrófilas (*P. rhamnoides*, *Patagonula americana* y otros).

El aprovechamiento realizado en BI redujo la densidad arbórea en un 30 % con respecto a BC, reduciendo la cobertura arbórea lo que permite mayor ingreso de luz al sotobosque favoreciendo la instalación (abundancia, frecuencia y tamaño) de la regeneración de especies heliófilas (Bonino y Araujo, 2005; Park *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos son consistentes con otros autores donde se sugiere que la creación de claros favorece el establecimiento de la regeneración de las heliófilas o una combinación con las umbrófilas (Fredericksen, 2003; Mostacedo y Fredericksen, 1999; Pariona, 2001; Park *et al.*, 2005). En ese mismo sentido, en el Chaco Húmedo se observó una relación entre la intensidad de la intervención y la abundancia de la regeneración de heliófilas siendo la mayor abundancia con una intervención moderada de la cobertura ($< 20\%$) (Wenzel y Hampel, 1998; Kees *et al.*, 2018).

Es decir, la intensidad del tratamiento se relaciona con el gremio ecológico de las especies regeneradas (Valentini y Lombardi, 1978; Wenzel y Hampel 1998). Hampel (1995) determinó que, cuando la apertura del dosel es leve (hasta 25 % de densidad arbórea), las especies que mejor regeneran son heliófilas, y si las intervenciones son más severas las que regeneran son las heliófilas efímeras. Esta última afirmación se sustenta en la mayor abundancia y diversidad de especies heliófilas en BI con respecto a BC (Humano *et al.*, 2012).

El valor de la abundancia obtenido en este trabajo, 89 ind./ha (BI) y 32 ind./ha (BC), es menor en relación a la registrada por otros autores para el Bosque Chaqueño Semiárido. Wenzel y Hampel (1998) contabilizaron 1.500 ind./ha, en estudios realizados por la SAyDSC (2005) y estimaron 246 ind./ha, en tanto Araujo (2003) reporta 5.600 ind./ha y Brassiolo (2004) 450 ind./ha. Las diferencias pueden deberse a las diferentes historias de uso, entre ellas la ganadería extensiva. Gómez *et al.* (2009) estimaron que el daño y la mortalidad de la regeneración producidos por la ganadería es de aproximadamente un 75 % con respecto a un bosque sin pastoreo. Los bosques de este estudio estuvieron bajo uso ganadero, lo que influye en la colonización de la regeneración por afectar la dispersión de semillas de especies como *S. lorentzii*, *C. paraguariensis*, *P. nigra*, y *A. colubrina* (De Noir *et al.*, 2002; Cardozo *et al.*, 2011) y además por el efecto del ramoneo y pisoteo sobre la regeneración (Brassiolo *et al.*, 1993; Brassiolo y Pokorny, 2000).

Las especies más frecuentes y mejor distribuidas espacialmente en ambas áreas de estudio (BI y BC), son *S. lorentzii* y *C. paraguariensis*, lo cual también fue observado por Wenzel y Hampel, (1998) y Gómez *et al.* (2009), por ser especies beneficiadas por la formación de claros (Gómez, 2011).

Con relación a la distribución en clases de tamaños, es más regular y de mayor tamaño en BI que en BC, por cuanto la apertura dinamizaría el bosque con una mayor abundancia, diversidad y tamaño de la regeneración, para bosques del Chaco Semiárido, Brassiolo y Pokorny (2000) afirman que los renovales deben alcanzar los 2 m de altura para superar la altura máxima de ramoneo del ganado, lo cual requiere de un tiempo mayor a 4 años.

El índice relativo de la regeneración muestra que la regeneración de las especies heliófilas predomina en ambos sistemas (BI y BC), en coincidencia con los resultados de Pinazo y Gasparri (2003) y Gómez (2011) quienes relevaron la regeneración en bosques aprovechados encontrando mayor densidad de especies heliófilas luego de 15 años. Araujo (2003), encontró idéntica situación en el Bosque Chaqueño en regeneración con *S. lorentzii* y *A. quebracho blanco*.

Distribución de la regeneración natural

Estos resultados sustentan la hipótesis de que aperturas en el dosel arbóreo producidas por intervenciones propician las condiciones de luminosidad para la agregación de la regeneración y su mayor abundancia con respecto a BC.

El patrón agregado en BI podría haber sido propiciado por el aprovechamiento que tuvo efectos opuestos en la estructura, por un lado los daños que causa y por otro el aumento de la disponibilidad de luz (Pinazo y Gasparri, 2003; Tálamo *et al.*, 2013) lo que influye sobre la distribución espacial de la regeneración (Nicrota *et al.*, 2004). En ambientes forestales densos un factor limitante para el establecimiento de nuevas cohortes es la disponibilidad de espacio y luz (Rozas, 2002). Para el Bosque Chaqueño Semiárido que tuvo un proceso de desarbustado, Brassiolo *et al.* (1993) determinó que la regeneración presenta una distribución agregada, observándose agrupamientos de *S. quebracho colorado* y *A. quebracho blanco* en forma de pequeñas isletas relativamente cercanas. Según Batista y Maguire (1998) el agrupamiento responde al requerimiento lumínico característico de cada especie subtropical y la existencia de sitios abiertos (claros) aptos para su instalación.

El agrupamiento de la regeneración en BI se manifestó con un radio de entre 5 m y 11 m, a distancias mayores el patrón tiende a perder su carácter gregario, situación que estaría influenciada por condiciones de nicho de regeneración existentes en el lugar, como también por la dispersión de las semillas (Barchuck *et al.*, 2005). De esta manera, los agrupamientos estarían determinados por las distancias de dispersión de sus semillas en conjunción con la disponibilidad de ambientes adecuados para el establecimiento, en este trabajo la regeneración de especies dominantes posee frutos dehiscentes (vaina), con altas probabilidades de dispersión anemófila (De Noir *et al.*, 2002) favoreciendo la agregación en nuevos sitios de colonización (Barchuk *et al.*, 2005). La distribución espacial de los individuos está influenciada por las perturbaciones y la capacidad de colonizar nuevos sitios determinando patrones agregados (Barria, 2007).

En BC se estableció un patrón aleatorio, similar distribución encontrada por Wenzel y Hermann (1998) para Bosque Chaqueño primario con predominancia de umbrófilas (delicadas). Este patrón se debe a condiciones de nicho de regeneración, procesos de facilitación y especialmente a la oferta de microhábitats con disponibilidad de humedad y sombra, en particular para *A. quebracho blanco* (Barchuck *et al.*, 2005, Gómez *et al.*, 2012). Tálamo y Cazini (2003) determinaron que otros factores influyentes son la capacidad, de algunas especies xerófilas de sus raíces, de rebrotar ante un daño creando un nuevo individuo y el nodricismo de arbustos espinosos sobre la ganadería.

Las intervenciones en el dosel arbóreo influyen directamente sobre la estructura y los patrones de distribución de la regeneración. Un aprovechamiento promocionaría el establecimiento de la regeneración de las especies de valor (*S. lorentzii* y *A. quebracho blanco*), por cuanto tienen disponibilidad de sitios aptos (Kees *et al.*, 2018). Estos sitios serían pequeños claros del dosel que permitan la entrada de luz al sotobosque (Grau, 2000), en este sentido Tálamo y Cazini (2003) encontraron en Chaco Semiárido mayor densidad de plántulas de *A. quebracho blanco* y *S. lorentzii* en bosques aprovechados que en bosques primarios. Adicionalmente, se sugiere una relación entre regeneración con los individuos adultos de las especies (*S. lorentzii* y *A. quebracho blanco*) que indicaría que extracciones excesivas eliminaría el rol facilitador de los árboles del dosel, dificultándose su regeneración. Tálamo *et al.* (2012) sugieren que esta situación genera una lenta recuperación de la estructura y diferenciación del estrato arbustivo que actuaría como facilitador de la regeneración de estas especies.

En este esquema, los conocimientos sobre los patrones espaciales de las especies son de interés para comprender la dinámica de estos bosques con el objeto de desarrollar técnicas de manejo que permitan el uso racional de los mismos (Pinazo *et al.*, 2010).

Para futuros estudios, considerando este, se puede continuar con la investigación de los factores bióticos y abióticos que intervienen en forma positiva y negativa en el nicho de regeneración de las especies de valor en un bosque primario y uno perturbado para conocer su dinámica y su conservación.

5. CONCLUSIONES

- Los disturbios que producen la apertura del dosel superior promoverían una mayor diversidad, abundancia y tamaño de la regeneración natural de especies heliófilas como *S. lorentzii*, *A. colubrina*, *P. excelsa* y *C. paraguariensis*.
- La abundancia de la regeneración se relacionaría inversamente con la cobertura arbórea y área basal del bosque.

- La incidencia de luz provocada por la apertura del dosel modificaría el patrón de distribución de la regeneración natural del bosque.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo, P. A. 2003. *Bases para la gestión sostenible de Bosques en Regeneración del Chaco Semiárido*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. España. 219 p.
- Baldassini, P. 2018. *Provisión de Servicios Ecosistémicos en el Chaco Semiárido: efectos de los cambios en el uso del suelo y la variabilidad climática sobre la dinámica del carbono*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. 214 p.
- Barchuk, A. H.; A. Valiente-Banuet y M. P. Díaz. 2005. Effect of shrubs and seasonal variability of rainfall on the establishment of *Aspidosperma quebracho-blanco* in two edaphically contrasting environments. *Ecología Austral* 30: 695-705.
- Barria, J. A. 2007. *Estructura y Regeneración de Austrocedrus chilensis (D. Don) Pic. Ser. et Biz. (Ciprés de la Cordillera), en los Corrales de Urriola, Reserva Nacional Río de los Cipreses*. Tesis de grado. Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 67 p.
- Batista, J. L. y D. A. Maguire. 1998. Modelling the spatial structure of tropical forest. *Forest Ecology and Management* 110: 293-314.
- Blundo, C. y L. R. Malizia. 2008. Impacto del aprovechamiento forestal en la estructura y diversidad de la Selva Pedemontana. In: Brown, A. D., Blendinger, P y Lomáscolo, T. (Eds.) *Ecología, historia natural y conservación de la Selva Pedemontana de las Yungas Australes*. p.: 387-406. Ediciones del Subtrópico. Argentina.
- Braun Wilke, R. H. 2000. *Carta de Aptitud ambiental de la Provincia de Jujuy*. Colección: Arte y Ciencia. Red de Editoriales Universitarias Nacionales. Jujuy. Argentina. 120 p.
- Brassiolo, M. M. 2004. Los Bosques del Chaco Semiárido - Propuestas para la conversión de bosques degradados. *IDIA XXI* 7: 23-28.
- Brassiolo, M. M. y B. Pokorny. 2000. Crecimiento de plantas jóvenes de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*). *Quebracho* 8: 64-69.
- Brassiolo, M. M.; R. Renolfi; W. Gräfe y A. Fumagalli. 1993. Manejo silvopastoril en el Chaco Semiárido. *Quebracho* 1: 15-28.
- Bravo, S.; N. Abdala; F. del Corro; V. Ibáñez-Moro; A. Santacruz-García; D. Loto; F. Ojeda. 2019. Regeneración en especies de leñosas nativas del Chaco de Argentina y su respuesta a disturbios. En: *Los Bosques y el Futuro, Consolidando un vínculo permanente en educación Forestal*. A. Giménez and G. Bolzón (Eds.). Universidad Federal do Paraná/Universidad Nacional de Santiago del Estero.
- Buitrago, G. L. 2002. *El clima de la Provincia de Jujuy*. Editorial Unju. Jujuy, Argentina. 72 p.
- De Noir, A. F.; S. Bravo y R. Abdala. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Quebracho* 9: 140-150.
- Diggle, P. J. 2003. *Statistical analysis of spatial point pattern*. Second edition. Academic Press. Londres. 168 p.
- Fredericksen, T. 2003. *Ciclos de Corta en Bosques Tropicales de Bolivia*. BOLFOR. Bolivia. 27 p.

- Gómez, C.; M. Brassiolo; S. Kees y A. Guzmán. 2012. Efectos de diferentes intensidades y métodos de corta sobre la regeneración del Bosque Alto del Chaco Húmedo. *Quebracho* 20(2): 60-67.
- Gómez, C.; M. Brassiolo; S. Kees y A. Guzmán. 2009. *Daños Producidos en la Regeneración Natural Arbórea Bajo Pastoreo en el Chaco Húmedo*. Actas XX Reunión de comunicaciones Científicas y Técnicas y de Extensión de la UNNE. Corrientes. 123 p.
- Gómez, J. W. 2011. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. *Acta Amazónica* 41(1): 135-142.
- Grau, H. R.; N. I. Gasparri y M. Gasparri. 2011. *Cambio y eficiencia de uso del territorio en el Chaco Argentino: el conflicto entre producción de alimentos y conservación de la naturaleza en distintas escalas*. Valoración de Servicios Ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. MAGyP.
- Grau, H. R. 2000. Regeneration patterns of *Cedrela lilloi* (Meliaceae) in northwestern Argentina subtropical montane forests. *Journal of Tropical Ecology* 16: 227-242.
- Guzmán-Gutiérrez, R. A. 2001. Clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el Bosque Seco de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia. Pp. 79-97 En: Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (eds.) *Regeneración y Silvicultura de Bosques tropicales de Bolivia*. BOLFOR. Bolivia.
- Haase, P. 1995. Spatial pattern analysis in ecology based on Ripley's K-Function: Introduction and methods of edge correction. *Journal of vegetation science* 6: 575-582.
- Hampel, H. 1995. *Estudio de la Estructura y Dinámica de Bosques Naturales del Chaco Húmedo*. *Investigación de los Bosques Tropicales*. Conjunto de artículos :3-21.
- Humano, C.; C. G. Giulianotti; A. Duran y S. Gaspar. 2012. Composición, Estructura y Diversidad arbórea de un rodal disetáneo característico del ecotono Yungas-Bosque Chaqueño Semiárido, de la provincia de Jujuy-Argentina. *Agraria* VI (13): 84-90.
- Ivancich H. S. 2013. *Relaciones entre la estructura forestal y el crecimiento del bosque de Nothofagus antarctica en gradientes de edad y calidad de sitio*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Kees, S. M.; J. G. Merletti; C. A. Gómez. y M. Brassiolo. 2018. *Efectos de la corta sobre un bosque alto del Chaco Húmedo*. Actas XXVIII Reunión Argentina de Ecología. Mar del Plata. 719 p.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas*. GTZ. Alemania. 335 p.
- Mateucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía Científica N° 22. Serie de Biología, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington DC. USA. 165 p.
- Morello, J.; S. D. Mateucci; A. F. Rodriguez y M. E. Silva. 2012. *Ecorregiones y complejos Ecosistémicos de Argentina*. Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires. 719 p.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOR. Santa Cruz. Bolivia. 92 p.
- Park, A.; M. J. Justiniano y T. S. Fredericksen. 2005. Natural regeneration and environmental relationships of tree species in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management* 217: 147-157.
- Plan de Ordenamiento Predial Severino (POP). 2012. Del Campo Experimental "Dr. Emilio Navea" Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. Secretaria de Gestión Ambiental. Jujuy. Inédito. 45 p.

- Ripley, B. D. 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *J. Appl. Prob.* 13: 255-266.
- Rozas, V. 2002. Estructura y patrones de regeneración del roble y el haya en un bosque maduro del litoral occidental de Cantabria. *Invest. Agr.: Sist. Rec. For.* 11(1): 107-136.
- Romano, N. 2007. *Diferencias entre composición y estructura forestal en dos sitios de Selva de montaña en Salta, Argentina*. Tesina de grado. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina. 108p.
- Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDSCh). 2005. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Informe Regional Parque Chaqueño. Proyecto bosques nativos y áreas protegidas*. Préstamo BIRF 4085-AR. Argentina. 135 p
- Stoyan, D. y H. Stoyan. 1994. *Fractals, random shapes and point fields. Methods of geometrical statistics*. Wiley, London, UK. 406 p.
- Tálamo, A; J. López de Casenave; M. Núñez-Regueiro y S. Caziani. 2013 Regeneración de plantas leñosas en el Chaco Semiárido argentino: relación con factores bióticos y abióticos en micrositios creados por el aprovechamiento forestal. *Bosque* 34(1): 53-62.
- Tálamo, A; S. Cardozo y F. Mohr. 2012. Producción de semillas de quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) en un sector del Chaco Semiárido y su relación con el tamaño del fruto. *Bosque* 33 (1): 87-91.
- Tálamo, A. y S. Caziani. 2003. Variation in woody vegetation among sites with different disturbance histories in the Argentine Chaco. *Forest ecology and management* 184: 79-92.
- Terán, C. J. y C. M. Marañón. 2001. Regeneración de Especies Maderables en el Bosque Tucumano – Boliviano. In: B. Mostacedo y T. S. Fredericksen (Eds.). *Regeneración y Silvicultura de Bosques tropicales de Bolivia*. p.: 119-138. BOLFOR. Bolivia.
- Wenzel, M. y H. Hampel. 1998. Regeneración de las principales especies arbóreas del Chaco Húmedo Argentino. *Quebracho* 6: 5-18.
- Wiegand, T. y K. A. Moloney. 2004. Rings, circles, and null models for point pattern analysis in ecology. *Oikos* 104: 209-229.

