



Regeneración post fuego en un bosque tropical seco del Monte del noroeste de Argentina

Regeneration after fire in the Monte tropical dry forest, northwest Argentina

MARÍA M. CARÓN^{1,2}, ANTONIO D. DALMASSO³,
ADRIANA E. ORTÍN² & KRIS VERHEYEN¹

¹ Forest & Nature Lab, Ghent University,
Geraardsbergsesteenweg 267, 9090 Melle, Belgium.
mariamercedes.caron@ugent.be, kris.verheyen@ugent.be

² Universidad Nacional de Salta,
Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, Argentina.
aortin@unsa.edu.ar

³ Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas,
CONICET Mendoza, CC 507, 5500 Mendoza, Argentina.
adalmass@mendoza-conicet.gov.ar

RESUMEN

Los bosques tropicales secos representan el 42% de la superficie de bosques tropicales y están fuertemente presionados por actividades humanas. Los disturbios antropogénicos redujeron la superficie de bosques de *Prosopis* en el Monte. Considerando su nivel de degradación, el proceso de regeneración es esencial para su mantenimiento a largo plazo. El fuego es el disturbio más importante en estos bosques, pero el conocimiento de la dinámica de la vegetación post-fuego es limitado en el norte del Monte. En este trabajo se analizaron tres ambientes: bosque intacto, bosque quemado no inundado y bosque quemado inundado. Se analizó la riqueza y la estructura del sotobosque. Las estrategias de regeneración de las principales especies arbóreas (*Prosopis* spp. y *Geoffroea decorticans*) se estudiaron registrando: tipo de estrategia (año 2008), variación temporal en el establecimiento de regeneración por semillas (período 2008-2010), altura alcanzada por las plántulas establecidas a partir de semillas. La riqueza fue mayor y la estructura más compleja bajo la influencia del fuego e inundaciones. Las principales estrategias de regeneración fueron rebrotes de yemas basales para *Prosopis* sp. y de raíz para *G. decorticans*. El número de individuos establecidos a partir de semillas fue más del doble a los dos años de la primera medición, mientras que la altura fue influenciada por la disponibilidad de agua. Se concluyó que la recuperación del bosque está fuertemente condicionada por la naturaleza y el tiempo de ocurrencia de los disturbios. El manejo de los rebrotes puede ayudar a que alcancen más altura favoreciendo cambios en la composición y estructura del sotobosque. El control del pastoreo es importante para proteger la regeneración por semillas asegurando una alta diversidad genética.

ABSTRACT

The tropical dry forest represents 42% of the global surface of tropical forest, but these unique ecosystems are under strong pressure of human activities. Anthropogenic disturbances resulted in a dramatic reduction of the extent of *Prosopis* forests in the Monte region (Argentina). Considering its degree of degradation, forest regeneration is essential for the long term maintenance of this system. The most important disturbance in these forests is fire, but the knowledge about post-fire vegetation dynamics is limited in the north of the Monte. We analyzed three co-existing forest conditions: intact forest, burned **non-flooded** forest, and burned flooded forest. The species richness and structure of the vegetation was analyzed. The regeneration strategies of the two main forest tree species (*Prosopis* spp. and *Geoffroea decorticans*) were analyzed recording the strategy type (year 2008), the temporal variation in seedling establishment (period 2008-2010), and height growth of the seedlings. The richness and understory structure were highly influenced by fire and floodings. The main strategies for regeneration were base sprout and root sprouts for *Prosopis* and *G. decorticans*, respectively. The number of seedlings was more than two times higher after two years from the first measurement, while the height growth seemed strongly influenced by water availability. We concluded that the recovery of the forest is influenced by the nature and timing of the disturbances. It is likely that the two disturbed environments will gradually evolve and ultimately show more similarities with the intact forest. However, the management of sprouts can help the sprouts to reach a considerable height in favor of shifts in the understory structure and composition. The control of grazing is important to protect the seedlings and ensure a high genetic variability.

Palabras clave: fuego, plántulas de semillas, rebrotes, sotobosque

Key words: fire, tree seedlings, tree sprouts, understory vegetation

INTRODUCCIÓN

Los Bosques Tropicales Secos (BTS) tienen una temperatura media anual superior a los 17 °C, precipitación anual variable entre los 250 a 2000 mm y una elevada evapotranspiración potencial. Una característica distintiva de este tipo de bosques es su estacionalidad, con cuatro a seis meses secos al año (Dirzo et al., 2011). El 42% de la superficie total de los bosques tropicales corresponde a bosques tropicales secos (Miles et al., 2006). En estos bosques la actual tasa de deforestación y la degradación están causando una fuerte pérdida de biodiversidad (Parrotta et al., 1997) y de servicios ambientales (Ffolliott et al., 1995). La regeneración, aunque poco estudiada, es especialmente importante en este

tipo de bosques **para** asegurar su mantenimiento a largo plazo (Quesada et al., 2009; Stoner & Sánchez-Azofeifa, 2009).

La regeneración en los BTS es altamente estacional y presenta tasas de crecimiento lentas (Quesada et al., 2009). La respuesta de la vegetación después de perturbaciones es variable, y no siempre el ecosistema es realmente restaurado (Figueirôa et al., 2006; Capitano & Carcaillet, 2008; Del Castillo et al., 2009). El resultado post-incendio es consecuencia de una combinación de factores tales como la estructura y la composición de la comunidad, la historia de uso del bosque, la variabilidad de las precipitaciones (Volante et al., 2009) y las características del fuego (gravedad, intensidad, calor producido, momento y frecuencia de ocurrencia) (Kennard et al., 2002).

Los BTS se extienden en América Latina desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina y el suroeste de Brasil (Dirzo et al., 2011). Uno de los más singulares bosques tropicales secos es el bosque de Algarrobos (*Prosopis* sp.) presente en la provincia fitogeográfica del Monte en Argentina. Esta región se extiende desde la provincia de Salta hasta la de Chubut (Morello, 1958; Abraham et al., 2009), y cubre 460.000 km² en el oeste de Argentina (Bisigato et al., 2009). La vegetación del Monte comparte algunas características ecológicas a lo largo de su área de distribución (Cabrera, 1976), pero al mismo tiempo es heterogénea en todas las escalas, desde la escala regional hasta la intra-parche (Bisigato et al., 2009). El Monte contiene dos tipos de vegetación: el matorral zonal y el bosque azonal (Cabrera, 1976). Los bosques de *Prosopis* presentes en el Monte son bosques abiertos (30 ejemplares ha⁻¹) y limitado el volumen en pie (Burkart et al., 2011). Desde el punto de vista económico, son una de las comunidades vegetales más importantes del Monte (Villagra et al., 2009), proveen hábitat para la fauna nativa (Roig et al., 2009) y estabilización de suelos y prevención de la erosión (Ffolliott et al., 1995). En algunas zonas, las dunas de arena cubren grandes superficies (Bisigato et al., 2009) y los bosques de algarrobo proporcionan un servicio ambiental retrasando el movimiento de las dunas (Rivelli, 1975)

La extensión de los bosques de algarrobos en Argentina se ha visto dramáticamente reducida debido a las perturbaciones antropogénicas, incluyendo la conversión a tierras agrícolas y la tala excesiva (Tabeni & Ojeda, 2005; Abraham et al., 2009; Vilela et al., 2009; Villagra et al., 2009). Sin embargo, probablemente la

perturbación más importante en los bosques del Monte son los incendios (Villagra, 2009). Debido al número y magnitud de los incendios, es esencial comprender cabalmente los procesos implicados en la sucesión post-fuego en este tipo de ambientes (Capitanio & Carcaillet, 2008).

La información disponible sobre la dinámica de la vegetación post-fuego es particularmente limitada en el norte de la provincia del Monte (Bisigato et al., 2009). Los objetivos de este trabajo son: describir la estructura actual, la composición y el desarrollo futuro de los bosques intactos y quemados y un análisis detallado de las estrategias de regeneración, con énfasis en la regeneración a partir de semillas de las dos principales especies arbóreas.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El bosque bajo estudio pertenece al subdistrito tucumano-salteño, Cafayate, Salta; entre los 26° 04' 48"S y 26° 02' 50"S y 65° 57' 20"O y 65° 54' 16"O (Figura 1). El bosque tiene una superficie de 1.716 ha (Volante y Elena, 2005) y está dominado por *Prosopis alba*, *P. nigra*, *P. flexuosa*, *Geoffroea decorticans* y, en menor medida, *Celtis tala* y *Schinus fasciculatus* (Karlsson, 1988) con variedad de arbustos y hierbas en el sotobosque. Este tipo de bosque se desarrolla sólo en las zonas donde la capa freática está cerca de la superficie (Roig, 1993) y disponible para las raíces durante todo el año (Morello, 1958; Cabrera, 1976; Villagra et al., 2005), lo que condiciona la ocupación de nuevas áreas (Roig, 1993; Villagra et al., 2009). El bosque bajo estudio es considerado uno de los más particulares en el Monte, ya que es el resultado de la inte-

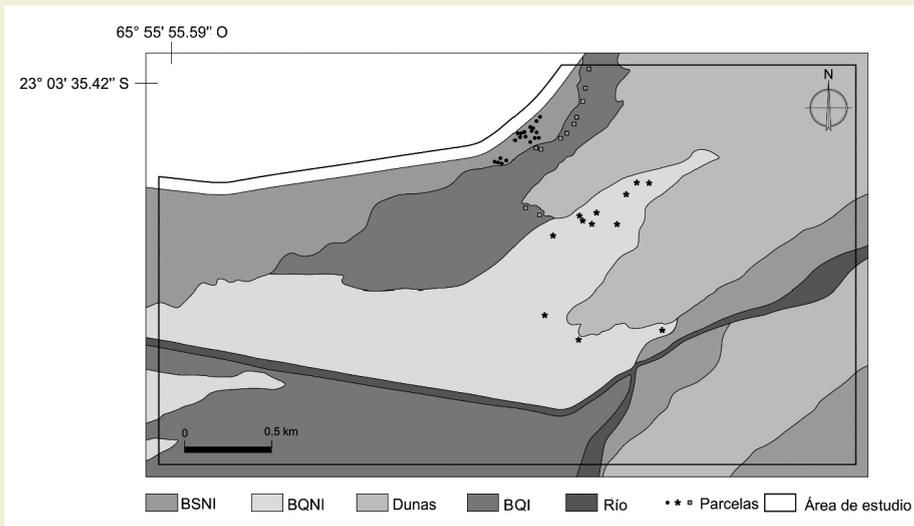


Figura 1. Mapa del área de estudio con la ubicación de las parcelas de estudio
Figure 1. Map of the study area with the location of the study plots

racción de la dinámica de las dunas y la vegetación (Rivelli, 1975).

Se extiende entre la orilla oeste del río Santa María, junto a las dunas, y la ciudad de Cafayate. Los suelos son arenosos con poco desarrollo (perfiles AC) y la capa freática se encuentra cerca de la superficie (Valencia et al., 1970). El clima es árido con temperaturas medias mensuales de 23 °C en enero y 11 °C en julio, y la precipitación media anual es de 200 mm. En agosto del año 2005 el bosque fue afectado por un incendio que tuvo lugar durante varios días y afectó el 67% de la superficie del bosque (ca. 1.150 ha) (Volante & Elena, 2005). Además de los incendios, el bosque es sometido periódicamente a inundaciones como resultado de la compleja interacción entre la dinámica de las dunas y los ríos Chuscha y Santa María.

Debido a la acción conjunta de los incendios y las inundaciones, el bosque

presenta tres condiciones forestales: (1) bosque sano no inundable (BSNI) que representa el 33% de la superficie y que no fue afectado por el incendio, (2) bosque quemado no inundable (BQNI) corresponde a la parte del bosque que fue afectada por el fuego, pero no se ve afectada por inundaciones y (3) bosque quemado inundable (BQI), es la parte del bosque que se vio afectada por el fuego y que se ve sometida a inundaciones frecuentes (**Figura 1**).

Recolección de datos

En el año 2010 las tres condiciones del bosque (BSNI, BQNI, BQI) fueron estudiadas a través del método Point Quadrat Modificado (Levy & Madden, 1933; Daget & Poissonet, 1971 modificado por Passera et al., 1983). En cada sitio se evaluaron tres (BSNI, BQI) y cuatro (BQNI) transectas de 30 m de longitud, con una frecuencia de lectura cada 0,30 m (100

puntos por transecta). En cada punto se registró el número de toques por especie.

En el año 2008 se midieron 56 parcelas de 4x15 m, distribuidas al azar, 28 en el bosque quemado no inundable (BQNI) y 28 en el quemado inundable (BQI). En cada parcela se contó el número de plántulas, rebrotes de base y de raíz. En el año 2010 se midieron al azar 52 parcelas de 4x15 m: 27 en el BSNI, 8 en el BQNI y 17 en el BQI. En cada parcela se registró el número y altura de los plantines originados de semillas de *Prosopis* spp. y de *Geoffroea decorticans*. Los renovales con un diámetro $de > 3$ cm en la base y una altura $de > 1,5$ m no fueron medidos ya que, debido a la baja tasa de crecimiento de estas especies, es poco probable que se trate de individuos establecidos después del incendio. Las plántulas de *Prosopis* no fueron identificadas hasta el nivel de especie, ya que es común la hibridación natural (Palacios & Bravo, 1981; Del Castillo et al., 1990; Verga, 2000) y la diferenciación a partir de las plántulas no fue posible.

Análisis de datos

Para el análisis de la información se establecieron tres categorías: árboles, arbustos y hierbas. En la categoría árboles se incluyeron los individuos vivos de *Prosopis* y *Geoffroea decorticans* con una altura $de > a$ 5 m, en arbustos las especies leñosas con una altura $de < a$ 5 m, y en la categoría de herbáceas todas las especies leñosas y no leñosas con altura $de < 1$ m. La frecuencia acumulada de las tres categorías se presentó gráficamente resultando en una visualización de la estructura horizontal y vertical de la vegetación. La información obtenida en las transectas en las tres zonas del bosque también se usó para calcular la riqueza de especies

y el índice de diversidad de Shannon (Shannon-Weaver, 1949), los cuales se compararon con la prueba de Kruskal-Wallis, software INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2011).

Las estrategias de regeneración (número de plántulas, rebrotes de base y rebrotes de raíz) registradas en las parcelas durante el año 2008 en las tres zonas se compararon mediante la prueba de Kruskal-Wallis. La misma prueba fue utilizada para comparar el número de plántulas registrado el año 2008 y 2010 en el BQI y BQNI. En el año 2010 también se registró el número de plántulas establecidas, la densidad y la altura de las especies de *Prosopis* y *G. decorticans* establecidos en las tres zonas del bosque, datos que también fueron evaluados mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

La comparación de las estructuras presentes en las tres zonas del bosque muestra que fue fuertemente modificada por las perturbaciones (Figura 2). El bosque intacto (BSNI) tiene una estructura vertical sencilla con buena continuidad horizontal del dosel arbóreo que cubre casi por completo el suelo. El bosque quemado no inundable (BQNI) también presenta una estructura vertical simple, pero sin continuidad horizontal del dosel arbóreo. El suelo está expuesto y la vegetación dominante es de arbustos y hierbas. En el bosque quemado inundable (BQI), la estructura vertical es más compleja, los arbustos y las especies herbáceas a menudo se presentan en forma conjunta en un punto de muestreo, mientras el dosel arbóreo está ausente. La continuidad horizontal es buena y la vegetación cubre casi por completo el suelo del bosque (Figura 2).

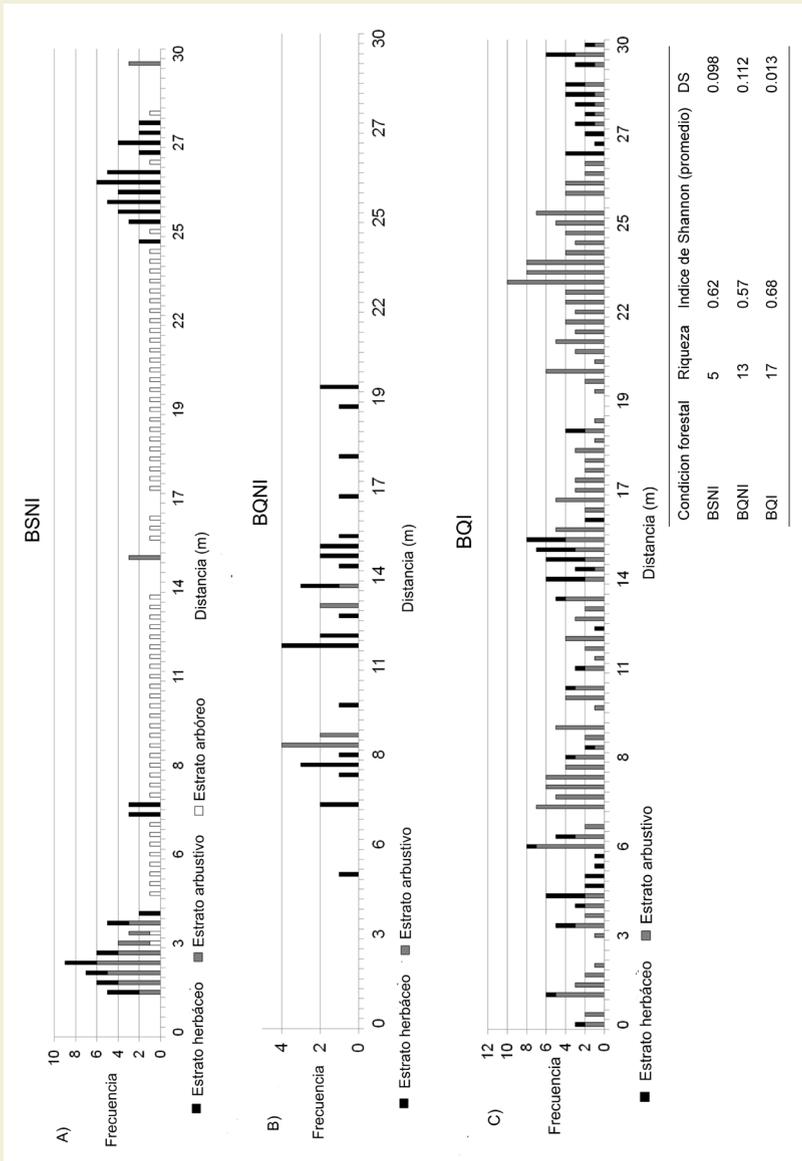


Figura 2. Ejemplos representativos de la estructura de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo desarrollados en tres condiciones forestales A) bosque no quemado no inundado (NBNFF) B) bosque quemado no inundado (BNFF) C) bosque quemado e inundado (BFF). Riqueza de especies e Índice de Shannon promedio en las tres condiciones de bosque

Figure 2. Representative examples of the structure of the tree, herb and shrub layers developed under the three forest conditions: A) not burned not flooded forest (NBNFF), B) burned not flooded forest (BNFF), and C) burned flooded forest (BFF). Species richness and mean Shannon index in the three forest conditions

La riqueza de especies es más de dos veces mayor en el quemado (BQNI y BQI) que en la zona no afectada por el fuego. A pesar de que no se detectaron diferencias significativas entre los índices de Shannon, el BQI exhibe la mayor diversidad y el BQNI la más baja (Figura 2).

No se detectaron diferencias significativas entre las estrategias de regeneración en las parcelas durante el año 2008, en ambas condiciones de bosque, BQNI y

BQI (Tabla 1). Sin embargo, se observó que *Prosopis* se regeneró principalmente por rebrotes de base, mientras que *G. decorticans* por rebrote de raíz, siendo la regeneración a partir de semillas muy escasa para ambas especies. Sin embargo, la regeneración a partir de semillas en el año 2010 fue significativamente mayor que en el 2008, independientemente de la condición del bosque (Tabla 2).

No se detectaron diferencias significativas en la regeneración a partir de semi-

Table 1. Estrategias de regeneración de *Prosopis* y *G. decorticans* en las parcelas de 2008 en el bosque quemado no inundado (BQNI) y en el bosque quemado e inundado (BQI). Las densidades promedio se compararon con la prueba de Kruskal Wallis

Tabla 1. Regeneration strategies of *Prosopis* and *G. decorticans* in the 2008 plots in Burned Not Flooded Forest (BNFF) and Burned Flooded Forest (BFF). Average densities were compared with a Kruskal Wallis test

	Estrategia	Condición forestal	Promedio (individuos parcela ⁻¹)	Densidad promedio (individuos m ⁻²)	DS	P
<i>Prosopis</i>	Plántulas	BQNI	0.07	1.2E-03	0.38	0.98
		BQI	0.04	6.0E-04	0.19	
	Rebrotes de base	BQNI	1.39	0.02	2.21	0.53
		BQI	1.39	0.02	1.49	
	Rebrotes de raíz	BQNI	0.46	0.01	0.80	0.27
		BQI	1.14	0.02	2.11	
<i>G. decorticans</i>	Plántulas	BQNI	0.07	1,1E-03	0.38	0.32
		BQI	0.0	0.0	0.0	
	Rebrotes de base	BQNI	0.32	0.01	0.71	0.17
		BQI	0.71	0.01	0.13	
	Rebrotes de raíz	BQNI	14.03	0.23	16.4	0.42
		BQI	16.71	0.27	14.0	

Tabla 2. Número promedio de plántulas establecidas a partir de semillas en las parcelas de 2008 y 2010 en el bosque quemado no inundado (BQNI) y en el bosque quemado e inundado (BQI). Las densidades promedio se compararon con la prueba de Kruskal Wallis, letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre clases

Table 2. Average number of seedlings in 2008 and 2010 plots established in the Burned Not Flooded Forest (BNFF) and Burned Flooded Forest (BFF). The average densities were compared with a Kruskal Wallis test and different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences between the classes

Año	Condición forestal	n	Promedio (plántulas parcela ⁻¹)	Densidad (Plantulasm ⁻²)	DS	P		
<i>Prosopis</i>	2008	BQNI	28	0.07	1.2E-03	0.38	<0.001	A
	2008	BQI	28	0.04	6.0E-04	0.19		A
	2010	BQNI	17	2.76	0.05	2.36		B
	2010	BQI	37	3.95	0.07	3.50		B
<i>G. decorticans</i>	2008	BQNI	29	0.071	1.1E-03	0.38	<0.001	A
	2008	BQI	29	0	0.00	0		A
	2010	BQNI	17	1.41	0.02	1.84		B
	2010	BQI	37	1.97	0.03	2.66		B

llas (2010) entre las distintas condiciones del bosque (**Tabla 3**). Sin embargo, se encontraron diferencias significativas en la altura de los plantines, en el caso de *Prosopis* sp. entre la BQI y la BSNI y en el caso de *G. decorticans* entre la BQI y las otras dos condiciones.

DISCUSIÓN

La recuperación de los bosques después de un disturbio está profundamente influenciada por la naturaleza y momento de ocurrencia del mismo (Kennard et al., 2002; Villagra et al., 2009). En el área de estudio, los incendios e inundaciones han llevado a la coexistencia de tres ambientes (BSNI, BQNI y BQI). Las diferencias entre ambientes forestales son claramente observables a partir de todas las variables respuesta (estructura del bosque, composición de especies, biodiversidad y regeneración de las principales especies arbóreas). Sin embargo, las perturbaciones no afectaron todos los componentes y procesos de la vegetación en la misma manera. Es por ello que la recuperación después de una perturbación es un proceso complejo y difícil de predecir, observando frecuentemente comportamientos no lineales (Westoby et al., 1989) o la presencia de fases más o menos estables, incluyendo modelos de estado y transición (Bestelmeyer et al., 2003).

Un análisis más detallado de cada entorno muestra que el BSNI es básicamente un dosel de árboles adultos dominado por *Prosopis* sp. con baja densidad de arbustos y hierbas. La baja riqueza se debe a las características particulares de la zona (suelos pobres y escasa disponibilidad de agua). La regeneración de las dos principales especies arbóreas es mayormente sexual, con una densidad de

renovales mayor que la observada en las dos condiciones de bosque quemado. El BQNI, muestra una estructura del sotobosque simple. La mayor disponibilidad de luz debido a la ausencia de un dosel arbóreo no afecta significativamente la estructura del sotobosque. Después del incendio, tuvo lugar la sucesión **que produjo** un cambio en la riqueza y en la composición de especies, probablemente a favor de especies tolerantes al fuego e intolerantes a la sombra. Es probable que con la recuperación de la cubierta forestal estas especies desaparezcan **y permitan** al área evolucionar hacia una composición similar a la observada en el BSNI. Los rebrotes son la principal estrategia de regeneración en esta zona, lo que es una clara reacción de las especies al fuego (Kennard et al., 2002). La regeneración a través de semillas es menos abundante porque esta estrategia está condicionada por la capacidad dispersiva (Kennard et al., 2002). Sin embargo, el establecimiento a partir de semillas muestra una fuerte variación temporal, probablemente siguiendo años de mayor precipitación. La misma respuesta en relación a los individuos establecidos de semillas se registró en el BQI indicando la existencia de una relación con el fuego, pero no con las inundaciones.

El BQI es el entorno más complejo en términos de estructura y composición de especies. La riqueza es mayor y la estructura del sotobosque más compleja. Las especies presentes en este entorno demandan más agua y son poco tolerantes a la sombra. El número de plantines y rebrotes es similar a la del BQNI, pero la altura alcanzada por los renovales en este entorno es significativamente mayor, lo que muestra claramente la importancia del agua para el crecimiento (Kalacska

Tabla 3. Número de plántulas establecidas a partir de semillas, densidad y altura registrada en el bosque quemado no inundado, bosque quemado inundado y bosque no quemado no inundado en el año 2010, los promedios se compararon con la prueba de Kruskal Wallis, letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre clases

Table 3. Seedling number, density and seedling height recorded in Burned Not Flooded Forest (BNFF), Burned Flooded Forest (BFF) and Not Burned Not Flooded Forest (NBNFF) during 2010, the averages were compared with a Kruskal Wallis test and different letters indicate significant ($p < 0.05$) differences between the classes.

	Condicion forestal	Total	Promedio (Número parcela ¹)	Densidad (Número/m ²)	DS	P (densidad)	Altura promedio (cm)	DS	P (altura)
<i>Prosopis</i>	BQI	47	2.76	0.046	2.36	0.455	90.6	44.18	0.0386
	BQNI	24	3.0	0.05	3.58		82.3	40.78	A B
	BSNI	98	3.95	0.06	3.5		71.7	48.15	B
<i>G. decorticans</i>	BQI	24	1.41	0.024	1.84	0.527	49.9	33.66	0.003
	BQNI	13	1.63	0.027	3.54		23.2	11.16	B
	BSNI	65	1.97	0.04	2.66		53.5	37.92	B

et al., 2004; Burkart & Araujo, 2005; Villagra et al., 2009). En este ambiente las plantas juveniles crecen más que en los otros entornos, requiriendo más agua y evapotranspirando el exceso, generando más sombra y permitiendo la evolución hacia una condición similar al BSNI.

Considerando la relevancia de la regeneración vegetativa de las dos principales especies forestales en el bosque quemado, y que el bosque regenerado a través de los rebrotes probablemente requiera menos tiempo para llegar a la madurez, es posible que el manejo de los rebrotes, mediante cortas selectivas, reduzca la competencia, ayudando a que estos alcancen mayor altura, favoreciendo cambios en la estructura y composición del sotobosque. Además, los individuos establecidos a partir de semillas deben ser protegidos contra el excesivo pastoreo (Quesada et al., 2009). La mejora de la capacidad de recuperación natural del bosque mediante el manejo de brotes y el pastoreo controlado es necesario para la restauración del bosque protector y sus servicios ambientales, ralentizando el movimiento de las dunas.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con el apoyo del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (Argentina) y la acción Erasmus Mundus a través del proyecto EUROTANGO. Agradecemos a Stephanie Schelfhout y Nuri Nurlaila Setiawan por sus comentarios y a Ignacio Carón por su ayuda en la elaboración del mapa de la zona de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, E., H.F. DEL VALLE, F. ROIG, L. TORRES, J.O. ARES, F. CORONATO & R. GODAGNONE, 2009. Overview of the geography of the Monte Desert biome (Argentina). *Journal of Arid Environments* 73: 144-15
- BESTELMEYER, B.T., J.R. BROWN, K.M. HAVSTAD, R. ALEXANDER, G. CHAVEZ & J.E. HERRICK, 2003. Development and use of state and transition models for rangelands. *Journal of Range Management* 56: 114-126.
- BISIGATO, A.J., P.E. VILLAGRA, J.O. ARES & B.E. ROSSI, 2009. Vegetation heterogeneity in Monte Desert ecosystems: A multi-scale approach linking patterns and processes. *Journal of Arid Environments* 73: 182-191.
- BONINO, E.E. & P. ARAUJO, 2005. Structural differences between a primary and a secondary forest in the Argentine Dry Chaco and management implications. *Forest Ecology and Management* 206: 407-412.
- BURKART, R., J. GARCÍA FERNÁNDEZ & E. RIEGLHAUPT, 2011. Estado actual del uso y la conservación de los bosques nativos en Argentina. FUCEMA (Fundación para la Conservación de las Especies y el Medio Ambiente. URL: http://www.fucema.org.ar/pdf/bosques_nativos.pdf (accessed September 12, 2012).
- CABRERA, A.L., 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia de Agricultura y Jardinería. Tomo II. Fascículo I. Editorial ACME, Buenos Aires, Argentina.
- CAPITANIO, R. & C. CARCAILLET, 2008. Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: A discussion of succession models. *Forest Ecology and Management* 255: 431-439.
- CHEN, H.Y., H.S. VASILIAUSKAS, G.J. KAYAHARA & T. ILISSON, 2009. Wildfire promotes broad leaves and species mixture in boreal forest. *Forest Ecology and Management* 257: 343-350.

- DAGET, P.H. & J. POISSONET, 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies, critères d'application. *Annales Agronomiques* 22: 5-41.
- DEL CASTILLO, E., M. GIL & C. SARAVIA TOLEDO, 1990. El algarrobo de los Valles Calchaquies (Salta, Argentina). *Desarrollo Forestal Participativo en los Andes*, Salta, Argentina.
- DI RIENZO, J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZÁLEZ, M. TABLADA & C.W. ROBLEDO, 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIRZO, R., H.S. YOUNG, H.A. MOONEY & G. CEBALLOS, 2011. *Seasonally Dry Tropical Forests Ecology and Conservation*. Island Press. Washington. USA.
- FFOLIOTT, P.F., G.J. GOTTFRIED & W.J. RIETVELD, 1995. Dryland forestry for sustainable development. *Journal of Arid Environments* 30: 143-152.
- FIGUEIRÓA, J.M., F.G.C. PAREYN, E. DE LIMA ARAÚJO, C.E. DA SILVA, V.F. DOS SANTOS, D.F. CUTLER, A. BARACAT & P. GASSON, 2006. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid caatinga of northeast Brazil. *Forest Ecology and Management* 229: 294-303.
- KALACSKA, M., G.A. SANCHEZ-AZOFEIFA, J.C. CALVO-ALVARADO, M. QUESADA, B. RIVARD & D.H. JANZEN, 2004. Species composition similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management* 200: 227-247.
- KARLSSON, C.F., 1988. Los algarrobos de la zona de Cafayate. Pautas de manejo, UNSa, Salta, Argentina
- KENNARD, D.K., K. GOULD, F.E. PUTZ, T.S. FREDERICKSEN & F. MORALES, 2002. Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* 162: 197-208.
- LEVY, B. & E.A. MADDEN, 1933. The point method of pasture analysis. *New Zealand Journal of Agriculture* 46: 267-279.
- MILES, L., A.C. NEWTON, R.S. DEFRIES, C. RAVILIOUS, I. MAY, S. BLYTH, V. KAPOS & J.E. GORDON, 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography* 33: 491-505.
- MORELLO, J., 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. *Opera Lilloana* II. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán.
- PALACIOS, R.A. & L.O. BRAVO, 1981. Hibridación natural en *Prosopis* (Leguminosas) en la región chaqueña argentina. Evidencias morfológicas y cromatográficas. *Darwiniana* 23: 3-35.
- PARROTTA, J.A., J.W. TURNBULL & N. JONES, 1997. Catalizing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 1-7.
- PASSERA, C.B., A.D. DALMASSO & O. BORSETTO, 1983. Método de Point Quadrat Modificado. En: Candia, R.J. and R. H. Braun (Eds.), *Taller de Arbustos Forrajeros para Zonas Áridas y Semiáridas*. Subcomité Asesor del Árido Subtropical Argentino.
- QUESADA, M., G.A. SANCHEZ-AZOFEIFA, M. ALVAREZ-AÑORVE, K.E. STONER, L. ÁVILA et al., 2009. Succession and management of tropical dry forest in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258: 1014-024.
- RIVELLI, F.R., 1975. *Morfología de las dunas de Cafayate*. UNSa, Salta, Argentina
- ROIG, F., 1993. Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del Género *Prosopis* de la República Argentina. En: IADIZA (Ed.) *Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis*. IADIZA, Mendoza, Argentina.
- ROIG, F.A., S. ROIG-JUÑENT & V. CORBALÁN, 2009. Biogeography of the Monte Desert. *Journal of Arid Environments* 73: 164-172.

- STONER, K.E. & G.A. SÁNCHEZ AZOFEIFA, 2009. Ecology and regeneration of tropical dry forest in the Americas: Implications for Management. *Forest Ecology and Management* 258: 903-906.
- TABENI, S. & R.A. OJEDA, 2005. Ecology of the Monte Desert small mammals in disturbed and undisturbed habitats. *Journal of Arid Environments* 63: 244-255.
- VALENCIA, R., A. LAGO, T. CHAFATINOS, R. IBARGUREN, R. MENEGATTI & A. OCARANZA, 1970. Levantamiento de suelos de los valles Calchaquíes. Primera parte, Convenio. Gobierno de la Provincia de Salta y Universidad Nacional de La Plata, Salta, Argentina
- VERGA, A., 2000. Clave para la identificación de híbridos entre *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* sobre la base de caracteres cuantitativos. *Multequina* 9: 17-22.
- VILELA, A., M.L. BOLKOVIC, P. CARMANCHAHI, M. CONY, D. DE LAMO & D. WASSNER, 2009. Past, present and potential uses of native flora and wildlife of the Monte desert. *Journal of Arid Environments* 73: 238-243.
- VILLAGRA, P.E., R. VILLALBA & J.A. BONINSEGNA, 2005. Structure and growth rate of *Prosopis flexuosa* woodlands in two contrasting environments of the central Monte desert. *Journal of Arid Environment* 60: 187-199.
- VILLAGRA, P.E., G.E. DEFOSSÉ, H.F. DEL VALLE, S. TABENI, M. ROSTAGNO, E. CESCO & E. ABRAHAM, 2009. Land use and disturbance effects on the dynamics of natural ecosystems of the Monte desert: Implications for their management. *Journal of Arid Environments* 73: 202-211.
- VOLANTE, J.N. & H. ELENA, 2005. Incendio en Cafayate (Salta, Argentina) producido en agosto de 2005. Evaluación de áreas quemadas. INTA. URL: http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenoa/info/resultados/incendio_cafayate/evalua_incendio.htm (accessed January 2012)
- WESTOBY, M., B. WALTER & I. NOYMEIR, 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266- 274.

Recibido
Aceptado