

**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FLORACIÓN Y EL  
ESTABLECIMIENTO DE LA REGENERACIÓN EN BOSQUES  
PRIMARIOS Y MANEJADOS DE *Nothofagus pumilio*<sup>(1)</sup>**

Martínez Pastur, G.<sup>(2)</sup>, Lencinas, M.V.<sup>(2)</sup>, Cellini, J.M.<sup>(3)</sup>, y Soler Esteban, R.<sup>(2)</sup>

(2) CADIC-CONICET. Av. Houssay 200 (9410) Ushuaia, Argentina. E-mail: [cadicforestal@cadic.gov.ar](mailto:cadicforestal@cadic.gov.ar).

(3) UNLP, La Plata, Argentina.

**RESUMEN:** El manejo forestal de los bosques de *Nothofagus pumilio* se basa en su regeneración natural, pudiendo existir factores internos o externos, bióticos o abióticos que influyan sobre la misma. Para determinar los factores limitantes es necesario realizar una aproximación al ciclo completo. En este trabajo se analizaron patrones de floración, fructificación y establecimiento de la regeneración durante una estación de crecimiento en bosques primarios (*BP*) y manejados con retención agregada (*RA*) y dispersa (*RD*). Del total de flores femeninas producidas (*BP*=21,5 mill.ha<sup>-1</sup>, *RA*=6,5 mill.ha<sup>-1</sup> y *RD*=2,9 mill.ha<sup>-1</sup>) el 95%-97% produjo frutos. De estos, entre el 72%-79% llegó a semillas maduras, ocasionándose la pérdida por abscisión de frutos inmaduros (14%-20%), ataque de insectos (1,3%-4,9%) o consumo por aves (1,6%-3,5%). De las semillas maduras que llegaron al suelo, muchas no eran viables o estaban vacías (20%-31%). Durante la estratificación invernal también disminuyó la viabilidad (16%-33%), mientras que la pérdida por consumo de ratones y aves en este período fue menor en *RA* y *BP* (1,6%-2,3%) que en *RD* (7,4%). Las flores que formaron semillas disponibles para germinar variaron entre tratamientos: *BP*=23,5%, *RA*=23,5% y *RD*=19,3% del total de flores, siendo el establecimiento efectivo de plántulas del *BP*=2,6%, *RA*=1,8% y *RD*=0,7%. La principal limitante del ciclo fue la pérdida de viabilidad, durante la maduración del fruto (principalmente en los bosques manejados) y la estratificación invernal, así como la instalación de nuevas plántulas, tanto en *BP* como en *RD*. Estudios a largo plazo son necesarios para establecer las variaciones de estos ciclos en años con diferente producción de semillas.

---

<sup>(1)</sup> Estudio financiado por el proyecto PAE2004 22428 (SECYT-Argentina), y gracias a la colaboración del Aserradero Kareken (Tierra del Fuego - Argentina).

## INTRODUCCION

El manejo forestal de los bosques de *Nothofagus pumilio* se basa en su regeneración natural (Martínez Pastur et al. 1999, Rosenfeld et al. 2006), existiendo factores internos o externos, bióticos o abióticos que pueden influir o limitarlo a lo largo de todo el proceso (Pulido 2002, Pulido y Díaz 2005). Cualquiera de los métodos silvícolas propuesto puede ser considerado exitoso si se demuestra la factibilidad de aplicación (Martínez Pastur et al. 2007), su capacidad de conservación de la biodiversidad (Lencinas et al. 2007) y el establecimiento exitoso de la regeneración natural. La regeneración es un proceso de dinámica natural donde nuevos individuos son incorporados a la población adulta y otros se pierden, debido a procesos de mortalidad natural o de cosecha (Harper 1977). Este proceso incluye la transición a lo largo de diferentes etapas (flores, frutos, semillas y plántulas) que dependen de distintos factores bióticos y abióticos que pueden afectar o limitarlos en número (Pulido 2002, Pulido y Díaz 2005). Es por ello que, para determinar o cuantificar a los factores limitantes, es necesario realizar una aproximación al ciclo completo de cada uno de los factores intervinientes.

La regeneración de los bosques de *Nothofagus pumilio* ha sido largamente estudiada (Martínez Pastur et al. 1999, 2007, Cuevas y Arroyo 1999, Cuevas 2002, Pulido et al. 2000, Heinemann et al. 2000, Gea et al. 2004, Rosenfeld et al. 2006). Gran parte de ellos asume que la regeneración está limitada por factores ambientales o por ramoneo de *Lama guanicoe*, y pocos estudios analizan los factores limitantes de los procesos de floración o semillazón (Cuevas 2000), o el forrajeo de aves e insectos (Díaz y Kitzberger 2006, Martínez Pastur et al. 2008). Ninguno de estos trabajos considera el ciclo completo, por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar los patrones de floración, fructificación y establecimiento de la regeneración durante toda una estación de crecimiento en bosques primarios y manejados por medio de sistemas con retención variable.

## MATERIALES Y METODOS

Se trabajó en un bosque primario de *Nothofagus pumilio* localizado en la Estancia Los Cerros, Tierra del Fuego - Argentina (54°20' LS, 67° 52' LO) donde el aserradero Kareken cosecha los

bosques. Una parte de los bosques estudiados fueron cosechados mediante un método de retención variable (Martínez Pastur y Lencinas 2005), que es ampliamente aplicado en Tierra del Fuego para mejorar la conservación de la biodiversidad de los bosques desde el año 2001 (Martínez Pastur et al. 2005). Este método combina la retención agregada (un sector circular de retención de 30 m de radio por hectárea) y dispersa (10-15 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup> de área basal entre agregados) por más de un turno forestal.

Para el estudio se seleccionaron tres sectores cosechados con retención dispersa fuera de la influencia de los agregados (*RD*), tres agregados de retención (*RA*) y tres rodales de bosque primario sin intervención (*BP*) para realizar la comparación sin manejo forestal (Figura 1). La estructura forestal de los rodales seleccionados, así como la caracterización climática han sido previamente descritas en Martínez Pastur et al. (2008).

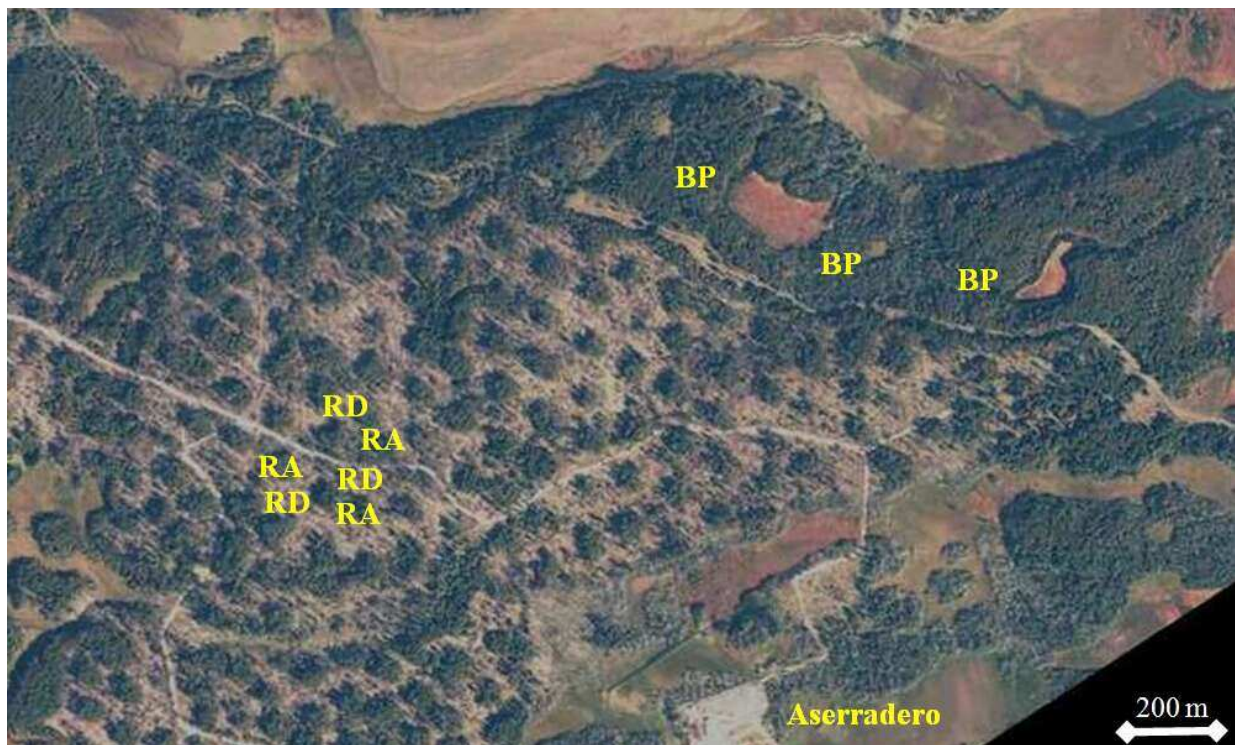


Figura 1. Sitios de estudio detallando la ubicación de rodales sin manejo previo (*BP*), y bosques manejados mediante un sistema de retención variable, con retención agregada (*RA*) y retención dispersa entre ellos (*RD*).

En cada uno de los nueve sitios estudiados, se colocaron diez trampas (0,06 m<sup>2</sup> y 30 cm de profundidad) para coleccionar la caída de la biomasa aérea. Esta recolección se realizó mensualmente entre septiembre y mayo, y de forma acumulada el material caído durante el invierno a fines de agosto. Las muestras fueron clasificadas y separadas en partes reproductivas (flores masculinas y femeninas, frutos inmaduros y semillas) y no reproductivas (hojas, ramas finas y misceláneas). Posteriormente se secó el material en estufa a 70°C, antes de pesarlo en una balanza de precisión ( $\pm 0,0001$  g) para la estimación de la producción de biomasa.

En el caso de las semillas, se analizó la calidad de las mismas (llenas, vacías o muertas) así como su viabilidad mediante la prueba del tetrazolium (2,3,5- triphenyltetrazolium chloride). Para ello, los embriones fueron incubados por 24 h en solución acuosa al 0,1% en oscuridad a 25°C (Cuevas 2000). Cuando el embrión se tiñó de rojo debido a la acción de las enzimas, se consideró al mismo como viable. Por otra parte, para analizar la pérdida de viabilidad durante la estratificación invernal se llevó a cabo un ensayo donde se analizaron los nueve sitios de estudio colocando en cada sitio 4 repeticiones de 25 semillas cada una bajo el mantillo en mallas plásticas (2 mm de malla). La calidad de la semilla y la viabilidad fue analizada previamente a los ensayos (4 muestras de 25 semillas cada una). Las semillas se dispusieron en el campo durante el mes de abril y se recolectaron durante el mes de noviembre, realizando una nueva prueba de calidad y viabilidad.

En otro ensayo paralelo, se cuantificó el forrajeo de semillas por parte de roedores (principalmente *Akodon xanthorrhinus*) y diversas especies de aves. Para ello se dispusieron 8 muestras de 25 semillas cada una en cada sitio de estudio. Cada semilla fue marcada con un hilo de color amarillo. La mitad de las muestras se colocaron dentro de jaulas (4 cm de apertura de malla) de modo de permitir el ingreso de los roedores, y la otra mitad fuera de ellas. Las semillas se dispusieron en el campo durante el mes de abril y se recolectaron durante el mes de noviembre, cuantificando las semillas perdidas o comidas. Se asumió que la tasa de consumo por roedores es igual dentro y fuera de las jaulas, y que un incremento en el consumo fuera de las jaulas es debido a las aves.

El establecimiento de la regeneración se analizó en 18 parcelas de 1 m<sup>2</sup> cada una (5 m x 0,2 m) ubicadas en los mismos sectores donde se recolectaron las muestras (6 en *RD* fuera de la influencia de la retención agregada, 6 dentro de agregados en *RA* y 2 en cada *BP* analizado). El

conteo de plántulas efectivamente establecidas se realizó durante la primera quincena del mes de enero.

## RESULTADOS

La caída de biomasa (componentes reproductivas y vegetativas) se produjo a lo largo de todo el año, variando significativamente en la magnitud, de acuerdo al componente analizado. La caída se incrementó al comenzar el momento de la brotación a partir de mediados de octubre, luego de finalizada la época invernal (Tabla 1 y Figura 1). Los valores de producción anual de biomasa fueron de 4,65 toneladas.ha<sup>-1</sup> para *BP*, 3,35 toneladas.ha<sup>-1</sup> para *RA* (72% respecto de *BP*) y de 1,04 toneladas.ha<sup>-1</sup> para *RD* (22% respecto de *BP*). Durante los primeros meses (octubre a febrero) se produjo una caída temprana de hojas y brotes del 10%-9%-5% para *BP*, *RA* y *RD* respectivamente. Durante los meses de marzo a abril se produjo la caída masiva de las hojas (89% al 95%) observándose un defasaje entre el *BP* y los bosques aprovechados, siendo mayor en *RD* que en *RA*. En *BP* la mayor caída de hojarasca se observó en abril (62%) mientras que en los bosques aprovechados fue en mayo (45% y 54% para *RA* y *RD*) (Tabla 1 y Figura 1). Durante la época invernal (junio a septiembre) la caída de hojas y brotes fue casi nula en *RD* aumentando en *RA* (0,3%) y *BP* (1,4%).

La producción de ramas finas no estuvo asociada con ninguna época del año (Tabla 1), variando entre 2% y 22% entre los tratamientos y meses. La mayor producción de ramas en *BP* se produjo en febrero, en *RA* en enero y en *RD* en noviembre. Las misceláneas incluyen a las pérulas que rodean a los brotes, por lo que su mayor producción se detectó durante los meses de octubre a diciembre, alcanzando valores del 77% para *BP*, 66% para *RA* y 74% para *RD* (Tabla 1).

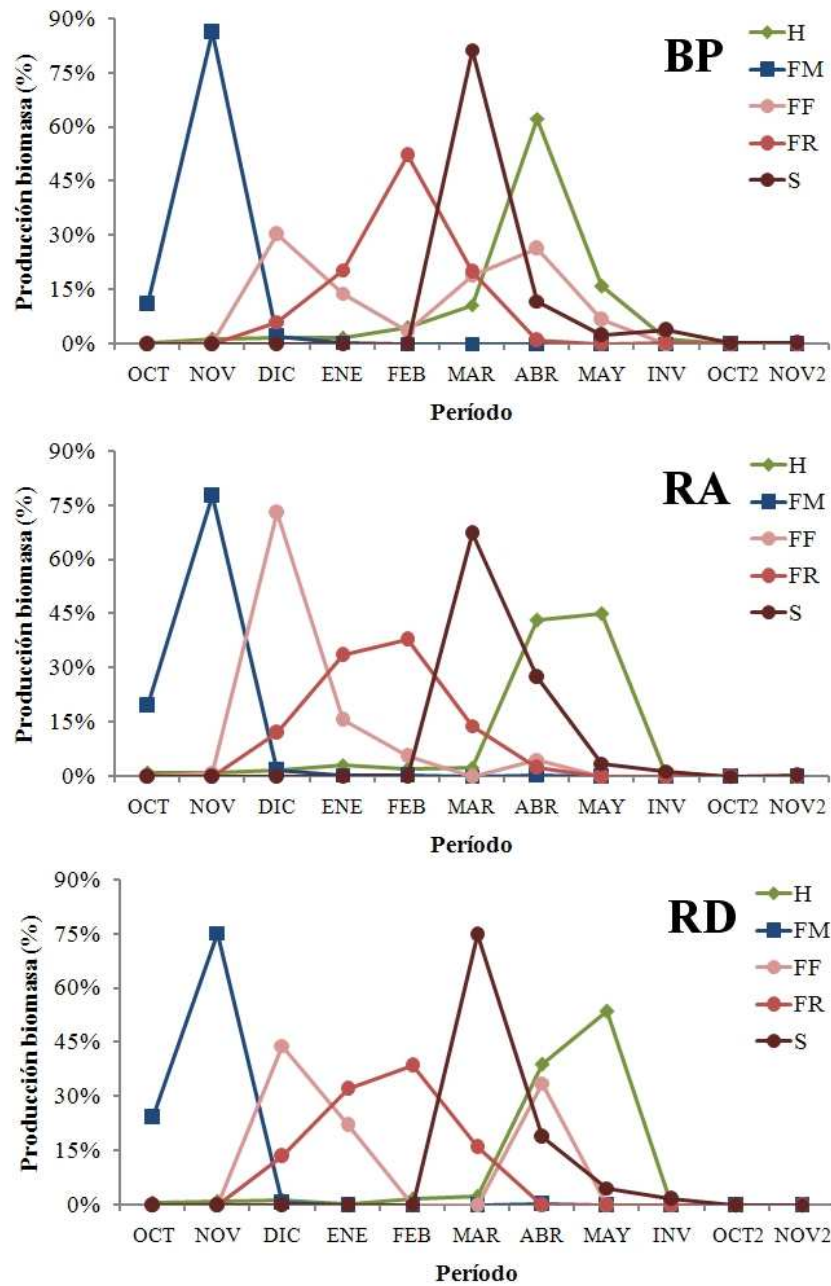
Dentro de los componentes reproductivos, las flores masculinas comenzaron a caer justo después de la brotación durante el mes de octubre, siendo la máxima caída observada durante el mes de noviembre para los tres tratamientos (86% para *BP*, 76% para *RA* y 75% para *RD*). Menos del 3% de flores masculinas cayeron en los meses posteriores (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla 1. Producción de biomasa en bosques primarios de *Nothofagus pumilio* con y sin manejo mediante retención variable a lo largo de un ciclo completo (2006-2007).

<b>Tipo</b>	<b>Fecha</b>	<b>H</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>R</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>M</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>FM</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>FF</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>FR</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>S</b> <b>kg.ha<sup>-1</sup></b>
<i>BP</i>	OCT	10,8	113,3	82,9	12,2	0,0	0,0	0,0
	NOV	39,1	130,6	210,6	94,9	0,0	0,0	0,0
	DIC	44,7	56,1	60,9	2,4	1,2	2,4	0,0
	ENE	43,7	48,9	28,7	0,5	0,5	7,9	0,0
	FEB	123,2	219,6	17,7	0,1	0,1	20,1	0,0
	MAR	293,1	189,1	21,5	0,1	0,7	7,6	200,7
	ABR	1695,3	139,3	12,6	0,1	1,0	0,4	29,5
	MAY	433,5	24,9	6,3	0,0	0,3	0,0	5,9
	INV	38,7	155,4	14,7	0,1	0,0	0,1	9,3
	OCT2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
	NOV2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
<b>Total</b>		<i>2722,1</i>	<i>1077,3</i>	<i>455,9</i>	<i>110,3</i>	<i>3,9</i>	<i>38,5</i>	<i>247,1</i>
<i>RA</i>	OCT	18,1	47,6	62,5	4,4	0,0	0,0	0,0
	NOV	18,6	139,3	74,7	17,2	0,0	0,0	0,0
	DIC	35,6	178,5	20,0	0,4	0,5	1,9	0,0
	ENE	64,5	210,4	25,2	0,1	0,1	5,2	0,0
	FEB	41,0	115,9	15,9	0,1	0,0	5,8	0,0
	MAR	49,8	104,5	18,3	0,0	0,0	2,2	64,5
	ABR	837,8	158,3	6,6	0,1	0,0	0,4	26,4
	MAY	872,9	21,0	6,4	0,0	0,0	0,0	3,5
	INV	6,5	58,5	7,5	0,0	0,0	0,0	1,4
	OCT2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	NOV2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<b>Total</b>		<i>1944,7</i>	<i>1034,0</i>	<i>237,1</i>	<i>22,2</i>	<i>0,8</i>	<i>15,4</i>	<i>96,0</i>
<i>RD</i>	OCT	4,2	11,1	29,2	1,4	0,0	0,0	0,0
	NOV	6,3	58,0	18,4	4,4	0,0	0,0	0,0
	DIC	8,3	17,9	4,5	0,0	0,2	0,7	0,0
	ENE	3,2	21,9	3,9	0,0	0,1	1,6	0,0
	FEB	11,4	27,9	3,5	0,0	0,0	2,0	0,0
	MAR	15,2	37,4	3,0	0,0	0,0	0,8	38,4
	ABR	253,3	41,7	2,9	0,0	0,1	0,0	9,7
	MAY	347,3	18,3	3,7	0,0	0,0	0,0	2,5
	INV	0,3	21,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,8
	OCT2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	NOV2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<b>Total</b>		<i>649,6</i>	<i>256,1</i>	<i>70,2</i>	<i>5,9</i>	<i>0,4</i>	<i>5,1</i>	<i>51,4</i>

*BP* = bosques primario; *RA* = retención agregada; *RD* = retención dispersa; *H* = hojas y brotes; *R* = ramas finas; *M* = misceláneas; *FM* = flores masculinas; *FF* = flores femeninas; *FR* = frutos inmaduros; *S* = semillas. INV = corresponde al período invernal (junio a septiembre).

Figura 1. Producción porcentual de biomasa en bosques primarios de *Nothofagus pumilio* con y sin manejo mediante retención variable a lo largo de un ciclo completo (2006-2007).



BP = bosques primario; RA = retención agregada; RD = retención dispersa; H = hojas y brotes; FM = flores masculinas; FF = flores femeninas; FR = frutos inmaduros; S = semillas. INV = corresponde al período invernal (junio a septiembre).

Seguido del máximo de producción de flores masculinas, comenzó la caída de flores femeninas frescas (diciembre y enero), concentrando el 44%-89%-66% para *BP*, *RA* y *RD*, respectivamente (Tabla 1 y Figura 1). Aunque en meses posteriores se observó la caída de flores femeninas en menor cantidad, la mayoría de éstas presentaron ataques por insectos.

A partir del mes de diciembre se comenzó observar la caída de frutos inmaduros que se extendió hasta la caída masiva de semillas luego de la maduración de los frutos (Tabla 1 y Figura 1). Durante los meses de enero y febrero se observó la mayor caída de frutos inmaduros llegando a más del 70% para los tres tratamientos. La caída masiva de semillas se produjo durante los meses de marzo y abril, concentrando entre el 93%-95% de las semillas (Tabla 1 y Figura 1). Sin embargo, esta caída se extendió hasta la primavera siguiente durante el mes de noviembre. En todos los casos, el máximo de semillazón se produjo con antelación a la caída masiva de las hojas.

En términos de abundancia, la producción de flores masculinas fue ampliamente superior en los bosques primarios durante el período estudiado (2006-2007) (Tabla 2), al igual que la producción de flores femeninas que se calcularon como el total de flores femeninas, frutos inmaduros y semillas contabilizadas. La producción de flores femeninas observadas fue de 21,5 millones.ha<sup>-1</sup> en *BP*, 6,5 millones.ha<sup>-1</sup> en *RA* y 2,9 millones.ha<sup>-1</sup> en *RD*. La relación entre número de flores masculinas y femeninas observada fue mayor en *BP* (1,8:1) que en *RA* (1,2:1) que en *RD* (0,6:1) donde se registró el mayor número de flores femeninas que cayeron.

La tasa de flores femeninas que formaron frutos fue muy alta (>95%), estando el porcentaje de pérdida por ataque de insectos por debajo del 0,6% (Tabla 2). Las pérdidas se produjeron por abscisión de frutos inmaduros (20%), por ataques de insectos (<0,6%) o por consumo de aves, que fue mayor en *BP* (2,4%) que en *RA* (1,3%) que en *RD* (0,8%). Asimismo, el ataque de insectos a las semillas fue mayor en *BP* (3,3%) que en los bosques manejados (<1,2%).

El porcentaje de flores que llegaron a formar semillas alcanzó el 72% en *BP* y *RA*, mientras que en *RD* fue del 79% (Tabla 2). El consumo de semillas en el suelo del bosque fue bajo en *BP* y *RA* (cerca del 2%) y mayor en *RD* (7,4%). Del 70% de las semillas sin daño por consumo de aves y ratones, un 31% en *BP*, un 21% en *RA* y un 20% en *RD* estaban vacías, muertas o presentaban embriones no viables al comienzo del invierno. Sin embargo, parte de la



viabilidad de las semillas se perdió durante la estratificación de las mismas durante el invierno (16% en *BP*, 27% en *RA* y 33% en *RD*).

Al finalizar el invierno, solo un 24% en *BP* y *RA*, y un 19% en *RD* de las flores llegaron a semillas viables con capacidad de germinar. De este porcentaje, entre el 71%-93% de las semillas aptas no produjeron establecimiento de plántulas. Solo el 5,1% en *BP*, 6,6% en *RA* y 1,4% en *RD* produjeron plántulas en el mes de diciembre, sobreviviendo cerca del 50% a fines del mes de enero (Tabla 2).

Tabla 2. Floración, fructificación y establecimiento de plántulas en bosques primarios de *Nothofagus pumilio* con y sin manejo mediante retención variable a lo largo de un ciclo completo (2006-2008).

	<i>BP</i> millones.ha <sup>-1</sup>		<i>RA</i> millones.ha <sup>-1</sup>		<i>RD</i> millones.ha <sup>-1</sup>	
Flores masculinas	38,87	<b>1,8:1</b>	8,01	<b>1,2:1</b>	1,85	<b>0,6:1</b>
Flores femeninas	21,49	100%	6,50	100%	2,91	100%
Abscisión de flores femeninas	0,86	4,0%	0,22	3,4%	0,09	3,1%
Ataques de insectos a flores femeninas	0,12	0,6%	0,01	0,2%	0,02	0,6%
Flores que formaron frutos	20,50	95,4%	6,27	96,5%	2,81	96,3%
Abscisión de frutos inmaduros	3,36	15,6%	1,29	19,8%	0,40	13,9%
Ataques de insectos a frutos inmaduros	0,13	0,6%	0,02	0,3%	0,02	0,6%
Consumo de frutos inmaduros por aves	0,52	2,4%	0,08	1,3%	0,02	0,8%
Flores que formaron semillas	16,49	76,7%	4,88	75,1%	2,36	81,1%
Ataques de insectos a semillas	0,71	3,3%	0,07	1,0%	0,03	1,2%
Consumo de semillas por aves	0,24	1,1%	0,11	1,6%	0,02	0,8%
Semillas producidas	15,54	72,3%	4,71	72,4%	2,31	79,2%
Consumo de semillas por ratones	0,20	0,9%	0,08	1,2%	0,17	5,8%
Consumo de semillas por aves	0,30	1,4%	0,02	0,4%	0,05	1,6%
Semillas sin daño	15,04	70,0%	4,60	70,8%	2,09	71,8%
Semillas vacías	5,02	23,4%	1,12	17,3%	0,46	15,7%
Semillas no viables	1,64	7,6%	0,23	3,5%	0,12	4,0%
Semillas viables antes del invierno	8,38	39,0%	3,25	50,0%	1,52	52,1%
Pérdida de viabilidad durante el invierno	3,34	15,5%	1,73	26,5%	0,96	32,9%
Semillas viables después del invierno	5,04	23,5%	1,53	23,5%	0,56	19,3%
Semillas no germinadas	3,95	18,4%	1,10	16,8%	0,52	17,9%
Establecimiento de plántulas	1,10	5,1%	0,43	6,6%	0,04	1,4%
Plántulas establecidas en el verano	0,56	2,6%	0,12	1,8%	0,02	0,7%

*BP* = bosques primario; *RA* = retención agregada; *RD* = retención dispersa. En rojo se presenta la relación entre flores masculinas y femeninas.

## DISCUSION

La cosecha forestal produce grandes cambios en la estructura de los bosques de *Nothofagus pumilio* (Martínez Pastur et al. 2000), alterando la producción de biomasa del dosel arbóreo. Esta producción de biomasa se genera a lo largo de todo el año, incluyendo la época invernal, que si bien ocurre en tasas menores, pueden incluir procesos de gran importancia ecológica no considerados (e.g. forrajeo de aves y roedores en el caso de las semillas que caen sobre la nieve). Dentro del patrón de caída observado, se destaca el defasaje entre la floración masculina y femenina, que posiblemente juegue un importante rol para evitar la autopolinización. Sin embargo, es probable que esta ocurra en un porcentaje significativo, dada la alta presencia de semillas vacías. Otro defasaje importante se produce entre la caída de semillas y la caída masiva de la hojarasca. Esto asegura una protección a las semillas generando una correcta estratificación de las semillas durante el invierno. Es probable que parte de la pérdida de viabilidad de semillas durante el invierno en los sectores cosechados sea debido a que las semillas no quedan lo suficientemente protegidas por la disminución de la caída de biomasa de hojarasca. Es por ello, que las semillas más expuestas, puedan ser afectadas por las condiciones ambientales, o bien facilitarse su depredación.

Otro efecto indirecto de la cosecha forestal son las alteraciones significativas que produce la misma sobre el microclima (Caldentey et al. 2005a, 2005b), especialmente sobre el ciclo hídrico, así como la temperatura y disponibilidad de luz a nivel del suelo del bosque (Martínez Pastur et al. 2007). Estos cambios en las variables microclimáticas producen alteraciones en los ciclos naturales, por ejemplo el retraso de la caída de la biomasa observado en los bosques cosechados respecto de los bosques primarios. Esto puede deberse a que el ciclo fenológico del bosque se extiende por más tiempo, relacionándose con el aumento de la temperatura media del suelo en los bosques cosechados (Martínez Pastur et al. 2007). A nivel de paisaje, estos cambios pueden llegar a producir alteraciones de la biodiversidad, en la medida que dichas modificaciones favorezcan o influyan negativamente sobre determinadas especies (e.g. ampliando o disminuyendo los ciclos de vida de algunos insectos que usen las hojas o el suelo del bosque).

Por otra parte, los patrones de floración y fructificación no fueron iguales a nivel de paisaje, observándose diferencias entre mismos tipos de bosques o tratamientos y/o rodales (Martínez Pastur et al. 2008) por más que los mismos presentaran características estructurales similares, o que se encontraran separados por distancias inferiores a los 500 m. Si bien algunos trabajos han hablado de patrones de producción de semillas entre estaciones de crecimiento (ciclos de 6-7 años) (Cuevas 2000), existen pocos trabajos que describan diferentes patrones a nivel de paisaje (Martínez Pastur et al. 2008). Los ciclos en la producción de semillas han sido descritos para numerosas especies forestales (Kelly 1994, Kelly et al. 2001, Koenig y Knops 2000), especialmente en los bosques de *Nothofagus* (Monk y Kelly 2006), debido a que la variación entre años es muy alta (Kelly 1994, Kelly y Sork 2002). En este trabajo, la producción de flores y semillas no estuvo en relación al grado de ocupación del rodal, existiendo grandes diferencias entre repeticiones de un mismo tratamiento. Asimismo, se detectaron otras diferencias, como las relaciones entre la producción de flores masculinas y femeninas, tanto en rodales primarios como cosechados.

Los factores bióticos que afectan la floración y fructificación, tanto en rodales primarios como cosechados no son limitantes para el proceso en sí, considerando que el presente año fue un año excepcional de producción de semillas en *BP* y normal en *RA* y *RD*, alcanzando a los máximos de producción informados para XII Región (Chile) (16 millones.ha<sup>-1</sup>) (Schmidt et al. 1997), pero no a los informados para Tierra del Fuego (Chile) (50 millones.ha<sup>-1</sup> a 450 m.s.n.m.) (Cuevas 2000).

Dentro de los factores que podrían llegar a ser limitantes, se considera para *BP* la abscisión de frutos inmaduros, la presencia de semillas vacías, la pérdida de viabilidad durante el invierno y la falta de germinación o establecimiento de plántulas, abarcando hasta un 73% de las flores femeninas. Parte de la abscisión de frutos inmaduros se debe al forrajeo de aves granívoras (Lencinas et al. 2005) que cortan las semillas pero no llegan a comerla (observación personal) o al efecto del viento (Caldentey et al. 2005a) que es mayor en los rodales cosechados, mientras que la existencia de semillas vacías puede deberse a la ausencia de polinización cruzada. En los bosques cosechados, estos mismos factores son los de mayor influencia, abarcando hasta un 80% de las flores femeninas. Cuevas (2000) informó porcentajes variables de semillas vacías entre altitudes y entre años estudiados. Durante los años de semillazón los porcentajes fueron menores

(29% a 88% entre bajas y altas altitudes) que en años con baja producción (75% a 98% entre bajas y altas altitudes). Asimismo, este fenómeno también ha sido informado para muchas otras especies forestales (Wardle 1970, Manson 1974, Allen y Platt 1990, Monks y Kelly 2006).

La falta de germinación o establecimiento de plántulas, así como las pérdidas de éstas últimas durante la primavera tardía y verano temprano pueden, estar asociadas a condiciones particulares de cada estación de crecimiento, siendo necesarios mayores estudios para poder definir estas causas. Posiblemente, algunos motivos asociados serían la dinámica de agua del suelo, cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo, facilitación y/o competencia del establecimiento de plántulas con otras plantas del sotobosque, así como el ramoneo por parte de herbívoros nativos o introducidos.

## CONCLUSIONES

El número de propágulos que producen muchos organismos es excesivamente mayor al de los propágulos supervivientes (Díaz et al. 2003). Este exceso en la producción ayuda a las poblaciones a ajustar el número de supervivientes a las condiciones óptimas ambientales, y a facilitar la adaptación de los mismos (Mock y Forbes 1995) a través de la selección natural de la calidad y cantidad de los órganos de reproducción (Kozlowski y Stearns 1989).

Los resultados aquí presentados muestran un alto porcentaje de flores que producen frutos, independientemente de la producción y de si el rodal fue cosechado o no, suponiéndose que el proceso de la fertilización es controlado por factores climáticos (e.g. en *Nothofagus* - Kelly et al. 2001, y en *Quercus* - Pulido y Díaz 2005, Wolgast y Stout 1977). *Nothofagus pumilio* probablemente es genéticamente auto-incompatible (Cuevas y Arroyo 1999). Estudios previos (Cuevas 2000, Martínez Pastur et al. 2008) resaltan algunos de los factores influyentes aquí descritos, pero que al igual que en este trabajo, no cuentan con la debida información de base, siendo necesarios mayores estudios a largo plazo para establecer las variaciones de estos ciclos en años con diferente producción de semillas, y también para poder explicar las causas de las principales pérdidas (e.g. estudios de auto-incompatibilidad).

## LITERATURA CITADA

- Allen, R; Platt, K. 1990. Annual seedfall variation in *Nothofagus solandri* (Fagaceae), Canterbury, New Zealand. *Oikos* 57:199-206
- Caldentey, J; Ibarra, M; Promis, A. 2005a. Microclimatic variations in a *Nothofagus pumilio* forest caused by shelterwood systems: Results of seven years of observations. *International Forestry Review* 7:46
- Caldentey, J; Ibarra, M; Promis, A; Hernández, P. 2005b. Effects of shelterwood system on photosynthetically active radiation (PAR) and plan regeneration in *Nothofagus pumilio* stands in Chile. *International Forestry Review* 7:46
- Cuevas, J; Arroyo, MK. 1999. Ausencia de banco de semillas persistente en *Nothofagus pumilio* (Fagaceae) en Tierra del Fuego, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:73-82
- Cuevas, J. 2000. Tree recruitment at the *Nothofagus pumilio* alpine timberline in Tierra del Fuego, Chile. *Ecology* 88:840-855
- Díaz, M; Moller, A; Pulido, F. 2003. Fruit abortion, developmental selection and developmental stability in *Quercus ilex*. *Oecologia* 135:378-385
- Harper, JL. 1977. Population biology of plants. Academic press, London, GB. 892 p.
- Kelly, D. 1994. The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology and Evolution* 9:465-70
- Kelly, D; Hart, D; Allen, R. 2001. Evaluating the wind pollination benefits of masting seeding. *Ecology* 82(1):117-126
- Kelly, D; Sork, VL. 2002. Mast seeding in perennial plants: why, how, where? *Annals of Review Ecology Systems* 33:427-47
- Koenig, WD; Knops, JM. 2000. Patterns of annual seed production by northern hemisphere trees: a global perspective. *American Naturalist* 155:59-69
- Kozlowski, J; Stearns, SC. 1989. Hypotheses for the production of excess zygotes; models of bet-hedging and selective abortion. *Evolution* 43:1369-1377
- Lencinas, MV; Martínez Pastur, G; Medina, M; Busso, C. 2005. Richness and density of birds in timber *Nothofagus pumilio* forests and their unproductive associated environments. *Biodiversity and Conservation* 14(10):2299-2320

- Lencinas, MV; Martínez Pastur, G; Gallo, E; Moretto, A; Busso, C; Peri, P. 2007. Mitigation of biodiversity loss in *Nothofagus pumilio* managed forests of South Patagonia. In Pacha, MJ; Luque, S; Galetto, L; Iverson, L. eds. Understanding biodiversity loss: an overview of forest fragmentation in South America. Part III: Landscape ecology for conservation, management and restoration (en línea). IALE Landscape Research and Management papers. p. 112-120.
- Manson, B. 1974. The life history of silver beech (*Nothofagus menziesii*). Proceedings of the New Zealand Ecological Society 21:27-31
- Martínez Pastur, G; Peri, P; Fernández, C; Staffieri, G. 1999. Desarrollo de la regeneración a lo largo del ciclo del manejo forestal de un bosque de *Nothofagus pumilio*: Incidencia de la cobertura y el aprovechamiento o cosecha. Bosque 20(2):39-46
- Martínez Pastur, G; Cellini, JM; Peri, P; Vukasovic, R; Fernández, C. 2000. Timber production of *Nothofagus pumilio* forests by a shelterwood system in Tierra del Fuego (Argentina). Forest Ecology and Management 134(1-3):153-162
- Martínez Pastur, G; Lencinas, MV. 2005. El manejo forestal en los bosques de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego. IDIA-XXI 5(8):107-110
- Martínez Pastur, G; Peri, P; Vukasovic, R; Cellini, JM; Lencinas, MV; Gallo, E. 2005. Sistemas de regeneración con retención agregada en bosques de *Nothofagus pumilio*: una alternativa que combina parámetros económicos y ecológicos. In Zárata, R; Artesi, L. eds. Dinámicas Mundiales, Integración Regional y Patrimonio en Espacios Periféricos. Río Gallegos, AR, Universidad Nacional de la Patagonia Austral. p. 260-271.
- Martínez Pastur, G; Lencinas, MV; Peri, P; Moretto, A; Cellini, JM; Mormeneo, I; Vukasovic, R. 2007. Harvesting adaptation to biodiversity conservation in sawmill industry: Technology innovation and monitoring program. Journal of Technology Management and Innovation 2(3):58-70
- Martínez Pastur, G; Lencinas, MV; Peri, P; Cellini, JM. 2008. Flowering and seeding patterns in unmanaged and managed *Nothofagus pumilio* forests with a silvicultural variable retention system. Forstarchiv 79:60-65
- Mock, D; Forbes, L. 1995. The evolution of parental optimism. Trends in Ecology and Evolution 10:130-134

- Monks, A; Kelly, D. 2006. Testing the resource-matching hypothesis in the mast seeding tree *Nothofagus truncata* (Fagaceae). *Austral Ecology* 31:366-375
- Pulido, F. 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.). *Revista Chilena de Historia Natural* 75:5-15
- Pulido, F; Díaz, M. 2005. Regeneration of Mediterranean oak: A whole-cycle approach. *Ecoscience* 12(1):92-102
- Rosenfeld, JM; Navarro Cerrillo, RM; Guzmán Alvarez, JR. 2006. Regeneration of *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser forests after five years of seed tree cutting. *Journal of Environmental Management* 78:44-51
- Schmidt, H; Caldentey, J; Peña, K. 1997. Seguimiento forestal y ambiental del uso de los bosques de lenga. XII Región. CONAF, Intendencia de la XII Región Magallanes y Antártida Chilena, CH. 30 p.
- Wardle, P. 1970. Ecology of *Nothofagus solandri*. *New Zealand Journal of Botany* 8:494-646
- Wolgast, L; Stout, B. 1977. The effects of relative humidity at the time of flowering on fruit set in bear oak (*Quercus ilicifolia*). *American Journal of Botany* 64(2):159-160
-



UNIVERSIDAD DE  
TALCA

UNIVERSIDAD DE TALCA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
4° CONGRESO CHILENO DE CIENCIAS FORESTALES



**Aceptación para publicación en plataforma virtual**

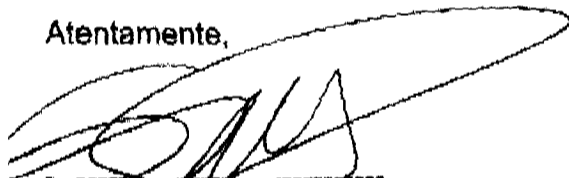
Señores  
Comisión Organizadora  
4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales  
Universidad de Talca, Chile.

Estimados Señores

Quien suscribe, autores de la ponencia: "Factores que influyen en la floración y el establecimiento de la regeneración en bosques primarios y manejados de *Nothofagus pupilo*." autoriza a los organizadores del 4° Congreso Chileno de Ciencias Forestales, a la publicación del texto completo en la plataforma virtual *Dspace* de la Biblioteca de la Universidad de Talca, permitiendo con ello a su acceso a través de la Internet.

El texto, que se envió en formato Word, será transformado a formato pdf para su publicación. Su difusión estará disponible hasta el mes de Octubre del 2010.

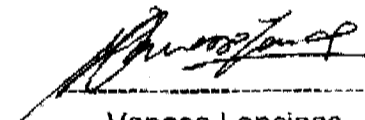
Atentamente,



Guillermo Martínez



Manuel Cellini



Vanesa Lencinas



Rocina Söter

Talca, junio de 2009.