

# **Efecto Borde en la Dinámica Regenerativa e Integridad Estructural de Fragmentos de Bosques de *Nothofagus alessandrii*, Chile central (1,2)**

Gómez, P. (3,4) & J. San Martín (5)

(3) Jardín Botánico Universidad de Talca Casilla 747 Talca, Chile. (4) Estudiante de Magíster en Ecología y Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Email: jbotanico@utalca.cl  
(5) Instituto de Biología Vegetal y Biotecnología Universidad de Talca Casilla 747 Talca, Chile.

## **Introducción**

Uno de los problemas de los bosques nativos de Chile Central ha sido una intervención histórica asociada con el cambio de uso del suelo. Este proceso degradativo iniciado en la conquista europea se ha mantenido a lo largo de la colonia usando el bosque como fuente de material de construcción y biocombustible. La intervención se ha proyectado hasta el inicio del siglo 21 con efectos de disminución de la superficie, afectando, principalmente a los bosques costeros desde la Región de Aconcagua a la de Los Lagos.

Para la Región del Maule la degradación de los bosques nativos se incrementó en la década de los 70 con incentivos en el fomento forestal focalizado en la sustitución de la vegetación y bosques nativos improductivos por plantaciones extensivas con especies introducidas y de rápido crecimiento con productos exportables y de colocación en el mercado internacional.

Los bosques costeros maulinos no sólo han sido objeto de la extracción con la consiguiente simplificación de la estructura, sino también en un cambio en el modelo de su distribución espacial. Este patrón de configuración espacial es la fragmentación. El cambio de una distribución espacial continua a otra con unidades de menor superficie discontinuas y espacialmente separadas e incluso llegando a una incapacidad de recuperar la conectividad son los fragmentos. Esta situación no es exclusiva de Chile sino global, en especial en los bosques tropicales.

La fragmentación de un bosque genera una situación nueva con modificación de la biología de las especies y una influencia diferente de los factores físicos. Uno de los factores nuevos en el surgimiento de una nueva superficie de contacto o perímetro que en relación la menor área interna del fragmento aumenta la vulnerabilidad del bosque frente a la invasión de especies ajena a la estructura original. Estas provienen del medio externo y se ha denominado matriz.

Uno de los bosques nativos costeros con un patrón de distribución fragmentado son los de *Nothofagus alessandrii*, comúnmente llamado Ruil. Este bosque en comparación con los otros bosques chilenos, presenta una superficie menor sin impacto fisionómico, por lo cual, dentro de la tipología forestal, se ha incluido en el Bosque de Roble y Hualo, en la categoría de subtipo bajo el concepto de bosque. El bosque de Ruil, si bien no tiene un uso ni interés económico si es importante para la ciencia y biología de las especies forestales. Esto es porque la especie es endémica de Chile Central con área reducida a laderas de exposición sur y bajo los 500 (m) de altitud de la Cordillera de la Costa.

Desde el punto de vista biogeográfico es una de las especies de la familia Nothofagaceae más antiguas con evidencias de dependencia a un tipo particular de hábitat.

La superficie actual de los bosques de Ruil, a causa del cambio de uso de suelo representan lo que ha quedado, es decir, es un remanente y sin posibilidades de recuperación o aumento de la superficie.

De acuerdo con lo anteriormente planteado y sobre la base de observaciones en relación con la limitación en la regeneración y recuperación del espacio de las especies del bosque de Ruil, el presente estudio evalúa la dinámica regenerativa de aquellos elementos que se ubican en borde de los fragmentos. Como hipótesis se propone que la dinámica regenerativa por la vía de semillas o rebrotes radicaría en las especies propias del bosque como estrategia de compensar la invasión de otras provenientes del entorno.

## **Materiales y método**

### **Área de estudio**

Se trabajó en tres fragmentos de la cordillera costera de la comuna de Empedrado seleccionados por su accesibilidad y representatividad con cobertura de tres superficies de 14, 41 y 507 há, así como en la diversidad de la matriz con vegetación nativa y plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*. La posición geográfica es 738-750 Latitud Este y 6-7 Latitud Norte UTM y la altitud media es de 428 (m).

El bosque de Ruil se posiciona en el tipo del Bosque Caducifolio Maulino, Subregión del Bosque Caducifolio Montano y Región del Bosque Caducifolio (Gajardo 1993) y que Luebert & Pliscoff (2006) definen como formación bosque caducifolio mediterráneo costero del tipo Bosque Caducifolio en el ombrotipo húmedo, termotipo mesomediterráneo y bioclima mediterráneo pluviestacional-oceánico y que Amigo & Ramírez (1998) caracterizan como bioclima templado.

El suelo es el del tipo transicional de laterita a pardo rojizo (Roberts & Díaz 1959) del secano interior (Peralta 1971) sobre un sustrato geológico granítico y metamórfico (Ruíz 1965).

### **Procedimiento y recursos**

Se trabajó en el borde interno de los fragmentos correspondiente al perímetro superior del punto más alto de la ladera en exposiciones S y SO. En cuatro parcelas de 50 por 5 (m) distribuidas en números iguales para el borde e interior y en subparcelas de 1 m<sup>2</sup> bajo los árboles incluidos con DAP superior a 10 cm se registraron las especies herbáceas y leñosas así como la cantidad de individuos de cada una de ellas cuando la altura de crecimiento era inferior a 30 (cm), bajo el supuesto que a este tamaño ya están establecidas. Las especies se analizaron según el origen geográfico (Marticorena & Quezada 1985) y carácter ecológico.

### **Resultados**

Como era esperable a causa de la exposición del borde y tipo de matriz se encontraron dos situaciones: primero en el borde interno se encuentran tanto especies propias del bosque como otras invasoras provenientes de la matriz y segundo ambos grupos muestran una regeneración.

Las especies que regeneran son 14 con un total de 233 individuos. Esta cantidad representan sólo un 20,3 % del total de especies que participan en la estructura de los fragmentos. Este resultado que a nivel del borde la dinámica regenerativa es relativamente pobre.

Las especies propias del bosque corresponden a 7 con una contribución de 191 individuos, es decir, el 82 % del total.

Aquí el aporte mayor de individuos corresponden a las especies leñosas *N. alessandrii* con una densidad de 35 de hábito arbóreo y *U. molinae*, arbusto con 54 individuos. Finalmente está la hierba *A. chilense* con 39. Aquí entre las especies la estrategia regenerativa es diferente siendo de semillas para el caso de Ruil y del cual era esperable una mayor respuesta en su capacidad de colonizar el borde. Luego las otras dos mencionadas principalmente lo hacen por brote de rizomas lo cual contribuye a una mejor colonización ya que prácticamente esta estrategia es en la modalidad ramet (Begon *et al.* 1990). *U. molinae* y *A. chilense* son especies propias y muy frecuentes en los bosques de *Nothofagus* de Chile central. Su presencia y regeneración en los fragmentos sugiere que los fragmentos en el borde interno aún mantienen una condición de bosque aunque no estrictamente adecuada.

Para el fragmento de 14 háas la regeneración es de 9 especies con 70 individuos. De este grupo el 44,3 % corresponden a elementos de hábito arbóreo. La regeneración mayor corresponde a la especie dominante *N. alessandrii* con 17 individuos seguido de *Adiantum chilense*, una hierba propia del interior de los bosques de *Nothofagus*. Otros elementos son *Dioscorea humifusa*, *Bomarea salsilla* y, en menor proporción, lo hacen *Aristolelia chilensis*, *Cissus striata* y *Cryptocarya alba*. *C. striata* es un elemento higrófilo y su presencia revela una desigual cobertura del dosel en cuanto a que es más bien una especie umbrófila. Luego están *D. humifusa* y *B. salsilla* con una aceptable regeneración, pero que no son elementos propios del bosque si no de la matriz y del ecotono y su estrategia reproductiva es por medio de raíces engrosadas, es decir, lo hacen en forma vegetativa. A pesar que ambas especies florecen y fructifican se desconoce la viabilidad y aporte de las semillas que, prácticamente, se forman bajo influencia de la cobertura del dosel. Luego siguen *A. chilensis* y *C. alba* ambas de hábito arbóreo y que en los bosques de *Nothofagus* se observan como buenas colonizadoras y sombra tolerantes. Estas especies son del bosque esclerófilo y a causa de la formación de frutos carnosos tienen como vectores, principalmente a las aves y, en menor grado, al zorro. La presencia de especies del ecotono y del bosque esclerófilo sugiere una invasión y colonización del borde del fragmento.

Para el fragmento de 41 háas las especies que regeneran corresponden a 7 con 71 individuos, es decir, la situación es similar a la encontrada para la unidad de 14 háas. Precisamente aquí las especies que mejor regeneran son también *N. alessandrii*, a pesar de disminuir de 17 a 8 y *A. chilense* que muestra un significativo aumento a 29.

A diferencia del fragmento de 14 háas aquí se posicionan *U. molinae* con 27 individuos seguido de *Luma apiculata* y *Pinus radiata* con un individuo cada una de las especies mencionadas. La situación del borde aquí es controvertida por cuanto colonizan nuevas especies de la matriz cuya estrategia de dispersión y luego su regeneración también lo es por semillas como *P. radiata* un elemento abundante de la matriz y con anemocoría, es decir, dispersión por el viento. Contrariamente, *L. apiculata* presenta frutos carnosos y los vectores movilizados son aves frugívoras o aves que se alimentan de frutos carnosos y luego dispersan las semillas. Sin duda que aquí la condición de bosque es superior respecto al fragmento de 14 háas. Lo demuestra la presencia y abundante población de *U. molinae*, un arbusto umbrófilo frecuente y típico en el sotobosque de los bosques de *Nothofagus* de Chile central.

Para el fragmento de 507 háas regeneran 10 especies con 92 individuos superando a los otros dos de menor área. Aquí la mayor regeneración se observa en *A. chilense*, con 35 individuos seguido de *U. molinae* con 27 y *N. alessandrii* con 10. En menores cantidades participan *A. chilensis*, *B. salsilla*, *C. alba*, *P. pyrifolia* y *L. apiculata*. Como nuevas especies están *Podanthus ovatifolius*, arbusto y *Pteris chilenses* una hierba. De este grupo cinco de ellas son propias del bosque y las restantes de la matriz representada por el bosque y/o matorral esclerófilo. Curiosamente hay ausencia de reclutamiento de las especies forestales *P. radiata* y *E. globulus*.

De acuerdo a los resultados las especies esclerófilas de la matriz que invaden los fragmentos y establecen sus diásporas son equilibradas por otras propias del bosque de carácter méxico. Un factor importante en la dinámica de la invasión y regeneración es el régimen de perturbación que puede influir en la degradación del bosque y en la generación de claros o gaps. La ausencia de intervención del bosque contribuye a la recuperación de la cobertura la cual aquí se considera fundamental en facilitación o inhibición del reclutamiento de especies del entorno. Tal situación puede igualmente afectar negativamente a los elementos propios del bosque. En este contexto el aislamiento de los fragmentos en un período equivalente a la espera de la cosecha de las plantaciones es una condición que puede desacelerar la movilidad de los propágulos desde la matriz y contribuir a recuperar la integridad del bosque.

**Tabla 1.** Especies de regeneración en el borde según número de individuos y para tres superficies de fragmentos de Ruil en la comuna de Empedrado.

Especies	Densidad y superficie (hás) de fragmentos		
	14	41	507
<i>Adiantum chilense</i>	10	29	35
<i>Aristolelia chilensis</i>	6	1	2
<i>Bomarea salsilla</i>	12	4	3
<i>Cissus striata</i>	2	0	0
<i>Cryptocarya alba</i>	5	0	6
<i>Dioscorea humifusa</i>	14	0	0
<i>Lomatia hirsuta</i>	3	0	0
<i>Nothofagus alessandrii</i>	17	8	10
<i>Proustia pyrifolia</i>	1	0	3
<i>Luma apiculata</i>	0	1	1
<i>Pinus radiata</i>	0	1	0
<i>Ugni molinae</i>	0	27	27
<i>Podanthus ovatifolius</i>	0	0	1
<i>Pteris chilensis</i>	0	0	4
<b>Total:14</b>			
<b>Total especies</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>10</b>
<b>Total individuos</b>	<b>70</b>	<b>71</b>	<b>92</b>

## DISCUSION

La composición florística y organización comunitaria de los Ruilares es conocida (San Martín *et al.* 1984). Para fragmentos de *N. glauca* y *N. alessandrii* con superficies reducidas se ha encontrado un aumento de la riqueza absoluta de especies (Bustamante *et al.* 2006; Gómez 2005; Gómez & San Martín 2007). Tales resultados indican que los fragmentos poseen especies provenientes de la matriz y muchas de ellas no pertenecen a la estructura propia del bosque (San Martín 2003).

En fragmentos de bosque la invasión por elementos alóctonos se relaciona con la forma, tamaño y la dinámica de las especies y sus poblaciones (Fahrig 2003), así como el efecto borde de la matriz (Pauchard *et al.* 2006).

Este hecho es relevante en cuanto a que los Ruilares representan remanentes discontinuos entre sí (San Martín *et al.* 1991; San Martín & Sepúlveda 2002) y que por la forma o perímetro de las unidades son vulnerables a la invasión (Bustamante & Castor 1998).

La dinámica regenerativa en los fragmentos estudiados es bastante pobre. Una probable causa sería la influencia de diferentes interacciones, tanto planta animal como animal-animal, como es reportado para el bosque maulino en Chile central (Simonetti *et al.* 2006), donde la polinización, la granivoría predispersión, herbivoría y frugivoría se deprimen en fragmentos y en contraste la granivoría postdispersión y la insectivoría se intensifican. Estos cambios están asociados a variaciones en el mismo sentido en la abundancia de las especies polinizadoras, granívoras, herbívoras y depredadoras.

Además los fragmentos de bosque sufren drásticos cambios abióticos, generalmente son mas iluminados, secos y calidos, que bosques mas continuos, presentando mayores oscilaciones térmicas y perturbaciones eólicas (Dirham & Lawton 1999). Estas condiciones restrictivas afectan la germinación y establecimiento de plántulas, aceleran la mortalidad de árboles y la producción de hojarasca al tiempo que disminuyen la descomposición de hojarasca y de otra materia orgánica como heces debido, además, a biotas de suelo empobrecidas (Bruna 1999; Ferreira & Laurance 1997; Laurance *et al.* 1998ab).

## CONCLUSIONES

- En la dinámica regenerativa es relativamente baja con sólo un 20,3 % del total de especies que participan en la estructura de los fragmentos.
- La regeneración mayor en diversidad de especies y cantidad de individuos se da en el fragmento de mayor superficie (514 háas).
- La mayor cantidad de especies que regeneran son propias del bosque con una contribución del 82 % de la densidad, es decir, 191 individuos.
- Las especies de la matriz que invaden los fragmentos en su mayor parte corresponden al bosque esclerófilo y sorpresivamente, si bien *P. radiata*, como especie introducida domina en el entorno del bosque se invade y regenera en una cantidad mínima los fragmentos.

- La mayor regeneración se da en *N. alessandrii* en la modalidad de genet o semillas seguido de *A. chilense* y *U. molinae* como ramet. También lo hacen especies anemocoras como *P. radiata* y frugívoras como *L. apiculata*.
- Los bosques presentan diferentes condiciones de bordes que favorecen a especies umbrófilas propias como otras sombra tolerantes de la matriz

## AGRADECIMIENTOS

(1) Los autores agradecen el apoyo logístico y en su momento a la Empresa Forestal Copihue así como por las facilidades de acceso y apoyo en el trabajo de la colecta de información. (2) A la Universidad de Talca por la disponibilidad de espacio y uso de la tecnología electrónica.

## BIBLIOGRAFIA

**Amigo J. & C. Ramírez 1998.** A bioclimatic classification of Chile: woodland communities in the temperate zone. *Plant Ecology* 136: 9-26.

**Begon M, Harper, J. & C. Townsend 1990.** *Ecology Individuals, Populations and Communities*. Second Edition Blackwell Scientific Publications, Boston, Oxford, London, Edinburg Melbourne.

**Bustamante RO. & C. Castor. 1998.** The decline of an endangered temperate ecosystem: the ruil (*Nothofagus alessandrii*) forest in central Chile. *Biodiversity and Conservation* 7: 1607-1626.

**Bustamante RO, Grez A. & J. Simonetti. 2006.** Efectos de la fragmentación del bosque maulino sobre la abundancia y diversidad de especies nativas. En: A. Grez, J. Simonetti & RO. Bustamante (eds) *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas*, pp. 83-97. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

- Bruna, EM. 1999.** Seed germination in rainforest fragments. *Nature* 402: 139.
- Dirham RK. & JH. Lawton. 1999.** Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica* 31: 17-30.
- Fahrig, L. 2003.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- Ferreira LV. & WF. Laurance. 1997.** Effects of forest fragmentation on mortality and damage of selected trees in central Amazonia. *Conservation Biology* 11: 797-801.
- Gajardo, R. 1993.** La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Edit. Universitaria, Santiago. 165 pp.
- Gómez, P. 2005.** Estructura y dinámica de los fragmentos de bosques de Ruil, *Nothofagus alessandrii*, en la Comuna de Empedrado, VII Región del Maule. Tesis Ing. Forestal, Universidad de Talca. 105pp.
- Gómez, P. & J. San Martín. 2007.** ¿Cual es la modificación en la estructura en el gradiente borde-interior en tres tamaños de fragmentos remanentes de bosques de Ruil?. *Agrociencia* 23(1): 37-41.
- Laurance WF, Ferreira LV, Merona JMR, Laurance SG & JM. Rankin de Merona. 1998a.** Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.
- Laurance WF, Ferreira LV, Rankin de Merona JD, Laurance SG, Hutchings RW. & TE. Lovejoy. 1998b.** Effects of forest fragmentation on recruitment patterns in Amazonian tree communities. *Conservation Biology* 12: 460-464.
- Luebert, F. & P. Pliscoff. 2006.** Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Edit. Universitaria, Santiago. 316 pp.

**Marticorena, C. & M. Quezada. 1985.** Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42 (1-2): 1- 157.

**Pauchard A, Aguayo M. & P. Alaback. 2006.** Cuantificando la fragmentación del paisaje: las métricas y sus significados ecológicos. En: A. Grez, J. Simonetti & RO. Bustamante (eds) Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas. p. 41-67. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

**Peralta, M. 1971.** Suelos de regiones naturales de conservación. Bol. Téc. N° 24. Esc. Ing. For. Fac. Agron. U. de Chile, Santiago.

**Roberts, R. & C. Díaz 1959.** Los grandes grupos de suelos en Chile. Agric. Técn. Años XIX y XX 1959-1961. Ministerio de Agricultura, Santiago.

**Ruíz, C. 1965.** Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Inst. de Invest. Geológicas, Edit. Universitaria, Santiago.

**San Martín, J. 2003.** Struktur und dynamik von naturwaldfragmenten sommergrüner temperierter wälder in mittel-Chile. Dissert. Thesis, Technische Univ. Dresden.

**San Martín J. & C. Sepúlveda. 2002.** Diagnóstico del estado actual de los fragmentos de *Nothofagus alessandrii*, “Ruil”, de la Región del Maule, Chile Central. Inf. Técn. CONAMA, VII Región. Chile.

**San Martín J, Figueroa H & C. Ramírez. 1984.** Fitosociología de los bosques de ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa) en Chile central. Rev. Chil. Hist. Nat. 57: 171-200.

**San Martín J, Mourgues V, Villa A. & C. Carreño. 1991.** Catastro actualizado de la distribución y estado de conservación de los bosques de Ruil en la VII Región. Inf. Técn. CONAF. VII Región. Chile.

**Simonetti J, Grez A. & RO. Bustamante. 2006.** Interacciones y procesos en el bosque maulino fragmentado. En: A. Grez, J. Simonetti y RO. Bustamante (eds) Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas. p. 41-67. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.



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: "Efecto de borde en la dinámica regenerativa e integridad estructural de fragmentos de bosques de *Nothofagus alessandrii*, Chile Central." autorizan 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,

-----  
Persy Gómez



-----  
José San Martín

Talca, junio de 2009.