

UCH-FC
Biotecnología
T852
K-1



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias

DESCARTE

**EFFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL
BOSQUE MAULINO SOBRE LA HERBIVORÍA
Y EL ÉXITO REPRODUCTIVO EN
ARISTOTELIA CHILENSIS (MAQUI)**



Jaime Enrique Troncoso Palacios

**Septiembre, 2007
Santiago – Chile**

Director de Seminario de Título: Dr. Ramiro Bustamante



“EFECTO DE LA FRAGMENTACIÓN DEL BOSQUE MAULINO SOBRE LA HERVIVORÍA Y EL ÉXITO REPRODUCTIVO EN *ARISTOTELIA CHILENSIS* (MAQUI)”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título profesional de Biólogo con mención en Medio Ambiente.

JAIME ENRIQUE TRONCOSO PALACIOS

Dr. Ramiro Bustamante Araya
Tutor Seminario de Título

Comisión Revisora y Evaluadora

Dr. Italo Serey Estay
Presidente

Dr. Cristián Estades Marfán
Evaluador



SANTIAGO, septiembre de 2007.

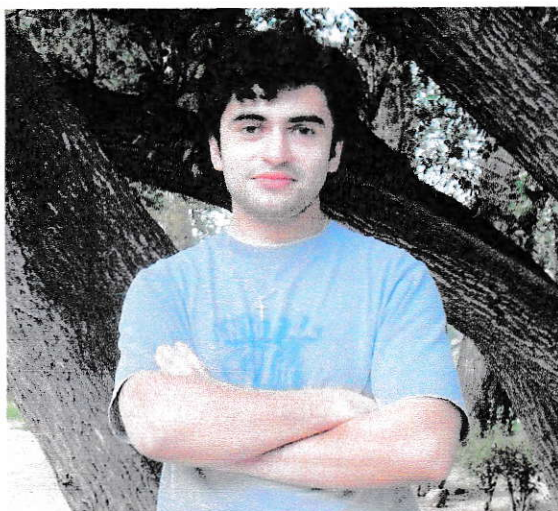


DEDICADO A:

“Agueda Palacios y Gabriela Troncoso”



*“Si a un árbol se le derriba, queda al menos la esperanza de que retoñe y de que no se marchiten sus renuevos.
Tal vez sus raíces envejecan en la tierra y su tronco muera en su terreno, pero al sentir el agua, florecerá; echara ramas como árbol recién plantado”*



Nací en Santiago el 19 de marzo de 1982. Mis padres son Agueda Palacios y Francisco Troncoso. Desde mis recuerdos más tempranos siempre me intereso profundamente la naturaleza... los insectos, la paleontología, los animales. Recuerdo que a los 12 años arme un esqueleto completo de gallina y marcaba a las abejas que llegaban a mi jardín para ver cuanto tiempo demoraban en volver. Siempre me gusto mantener arañas de mascota (¡tiempo después supe que algunas pertenecían a la especie *Loxosceles laeta*!) y hacer mini zoológicos de insectos. A los doce años me ocurrió el hecho que más a marcado mi vida hasta el día de hoy... encontré a Dios, o más bien, Dios me hizo encontrarlo a él. Para mí, la fe es el don que Dios nos da para que podamos dar el primer paso a decirle “si, te entrego mi vida”. Después de eso, ya no se necesita esa fe, pues Dios se revela tan real que para mi negarlo seria lo mismo que negar que mi madre existe, y no mencionarle en mi biografía seria no mencionar lo más importante de mi vida.

Estudie en un colegio municipal de Maipú, y estuve un semestre en Ingeniería Forestal antes de ingresar a Biología Ambiental. Mi práctica la hice en la Empresa de Toxicología DRA. LAURA BÖRGEL Y CIA LTDA. Actualmente enseño distintas materias en el preuniversitario CEPECH. Mi contacto es jaimejpalacios@gmail.com. Espero que te guste mi trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios quien me dio la oportunidad de estudiar en la Universidad de Chile y me acompañó cada día, en cada ramo, prueba y momentos difíciles; hasta la conclusión de mi Seminario de Título; le debo a Jesús no solo el haber terminado mi carrera sino también todo lo que soy.

También, quiero agradecer a mi familia, a mi mamá Agueda y a mi hermanita Gaby quienes me han apoyado siempre y me han dado su cariño. A mis hermanos Carlos y Ricardo, en quienes siempre he encontrado ayuda y apoyo; a mis amigos Alfredo, Juan, Loreto y Cristian por su compañía en buenos y malos momentos; y a mis compañeros de Universidad y amigos Elisa, Gonzalo, Karina, Leo y todos los que compartieron conmigo en estos años.

Además, quiero agradecerle al Dr. Ramiro Bustamante la oportunidad de trabajar bajo su tutoría. Siempre encontré en él la mejor disposición para resolver mis dudas y guiarme. Tuve la oportunidad de encontrar en él una excelente persona y un gran científico. También, quiero agradecerles a los profesores Italo Serey y Cristian Estades sus consejos y correcciones a mi trabajo, y al profesor Javier Simonetti por su apoyo.

Quiero agradecer a CONAF VII Región por su apoyo, especialmente a Fernando Campos, por su ayuda en terreno y cooperación. Además, quiero agradecer a mis compañeros en terreno Aracely, Renzo, André, Paula, Nicolas, y todos quienes compartieron conmigo en terreno y en laboratorio, en especial a Yuri por su invaluable ayuda y cooperación, y a Wara por su ayuda en el análisis estadístico. También, agradezco a Forestal Masisa S.A. por permitirme trabajar en sus terrenos.

Este estudio fue financiado por el proyecto FONDECYT 1050745.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
ÁREA DE ESTUDIO.....	5
ESPECIE DE ESTUDIO.....	7
MÉTODOS.....	8
1) Diseño de muestreo.....	8
2) Evaluación de la herbivoría.....	8
3) Evaluación del crecimiento de ramas.....	10
4) Éxito reproductivo.....	11
5) Supervivencia foliar y abundancia de frutos remanentes.....	11
6) Análisis de datos.....	12
RESULTADOS.....	13
1) Herbivoría.....	13
2) Crecimiento de ramas.....	15
3) Éxito reproductivo.....	16
4) Supervivencia de hojas y abundancia de frutos remanentes.....	19
5) Correlación entre la herbivoría y el crecimiento de ramas.....	21
6) Correlación entre la herbivoría y la producción de frutos.....	22
7) Correlación entre la herbivoría y la proporción de frutos remanentes.....	23
DISCUSIÓN.....	24
REFERENCIAS.....	29
ANEXO I: ÉXITO REPRODUCTIVO.....	34
ANEXO II: ABUNDANCIA DE FRUTOS REMANENTES.....	35



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de la Reserva Nacional Los Queules.....	6
Figura 2 Mapa de la zona de estudio.....	6
Figura 3 Maqui (<i>Aristotelia chilensis</i> Mol.).....	7
Figura 4 Esquema de las clases de herbivoría.....	10
Figura 5 Variación temporal de la herbivoría para cada una de las cohortes de hojas de <i>A. Chilensis</i>	14
Figura 6 Éxito reproductivo en <i>A. chilensis</i>	18
Figura 7 Supervivencia de hojas y abundancia de frutos remanentes en <i>A. chilensis</i>	20
Figura 8 Correlación entre el índice de herbivoría acumulado por individuo y el crecimiento de ramas por individuo en <i>A. chilensis</i>	21
Figura 9 Correlación entre el índice de herbivoría por individuo y la producción de frutos por individuo en <i>A. chilensis</i>	22
Figura 10 Correlación entre la herbivoría acumulada por individuo hasta enero y la proporción de frutos remanentes por individuo hasta enero en <i>A. chilensis</i>	23



Efecto de la fragmentación del bosque Maulino sobre la herbivoría y el éxito reproductivo en *Aristotelia chilensis* (maqui)

Jaime Enrique Troncoso Palacios

Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

RESUMEN

El hombre ha alterado dramáticamente la cantidad, composición y distribución de la vegetación nativa. Una de las amenazas más fuertes para la preservación de los ecosistemas naturales es la fragmentación del hábitat, el cual es un proceso que puede alterar las interacciones biológicas en los ecosistemas.

En Chile, el bosque Maulino ha sufrido una dramática fragmentación y reducción del área que ocupaba originalmente. En este trabajo evalué la herbivoría y el éxito reproductivo en *A. chilensis* en el bosque Maulino fragmentado, dentro de la Reserva Nacional Los Queules y cuatro fragmentos de bosque nativo aledaños.

La herbivoría y la sobrevivencia foliar fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos para la primera cohorte de hojas, en tanto que no se encontraron diferencias significativas para las otras cohortes. No existen diferencias estadísticamente significativas en el éxito reproductivo de *A. chilensis* al comparar los individuos ubicados en los fragmentos con los ubicados en el bosque continuo. Sin embargo, al considerar los bordes de bosque continuo como otro tipo de hábitat, el éxito reproductivo de *A. chilensis* se incrementó significativamente. La proporción de frutos remanentes disponibles para la dispersión, fue mayor en los individuos ubicados en los fragmentos que en los ubicados en el borde o en el interior del bosque continuo. Al comparar la producción de frutos con la intensidad de la herbivoría, se encontró una correlación negativa en el bosque continuo pero no en los fragmentos. Además, se encontró una correlación negativa entre el índice

de herbivoría acumulado por individuo y la proporción de frutos remanentes en los fragmentos. Estos resultados indican que la fragmentación podría ser capaz de alterar indirectamente interacciones biológicas como la frugivoría a partir de cambios en la herbivoría. Además, la mayor disponibilidad de frutos a ser dispersados en los fragmentos concuerda con las predicciones de dinámica sucesional que señalan que *A. chilensis* debería incrementar su abundancia relativa a nivel de dosel en los fragmentos.

Puesto que el éxito reproductivo de *A. chilensis* se ve alterado en los fragmentos y en los bordes del bosque Maulino, es esencial considerar su rol dentro de este bosque a escala de paisaje cuando se piensa en la conservación del bosque Maulino.

Palabras Clave: *Aristotelia chilensis*, herbivoría, frugivoría, crecimiento vegetativo, éxito reproductivo.

ABSTRACT

Humans have dramatically altered native forests. One of the threats for the persistence of its biodiversity is forest fragmentation. In Chile, the Maulino forest has suffered fragmentation and reduction of its original area. In this study, we assessed leaf herbivory and the reproductive success in *A. chilensis* (maqui) a common shrub living in the Maulino forest; we compared the performance of the maqui in Los Queules National Reserve and four surrounding fragments.

Herbivory and foliar survival was greater in the continuous forest than in fragments only in the youngest cohort of leaves. Fruit production did not differ between individuals located in fragments and individuals located in the continuous forest. When edges were included in the analysis, these habitats presented individuals with the highest fruit production. The proportion of fruits available for seed dispersal was highest in the individuals living in the fragments relative to those located in edges and the interior of continuous forest. When comparing the fruits production with the intensity of herbivory, a negative correlation was detected in the continuous forest but not in forest fragments. Also, a negative correlation between the individual herbivory index and the proportion of fruits available for seed dispersal was detected in forest fragments. These results indicate that forest fragmentation may indirectly alter biological interactions like frugivory from changes in leaf herbivory. In addition, the greater availability of fruits to be dispersed in fragments agrees with the predictions of an increasing dominance of *A. chilensis* in forest fragments.

Since reproductive success of *A. chilensis* is altered in fragments and the edges of the maulino forest, it is essential to consider its role across forest landscape scale in order to conserve the Maulino forest and the biodiversity containing on it.

Key Words: *Aristotelia chilensis*, herbivory, frugivory, vegetative growth, reproductive success.

INTRODUCCIÓN

El hombre ha alterado dramáticamente la vegetación nativa (Riitters *et al.* 2000; Lambin *et al.* 2001). Una de estas alteraciones es la fragmentación del hábitat; el cual es un proceso a nivel de paisajes, en el que un hábitat específico es subdividido en fragmentos cada vez más pequeños y aislados (McGarigal y McComb, 1999; Fahrig, 2003). Este proceso conlleva cambios abióticos y bióticos con respecto al ecosistema original; que modifican la composición, estructura y función de los ecosistemas (Laurance *et al.* 1998; Harper *et al.* 2005). Los efectos de la fragmentación sobre el componente biótico de los ecosistemas pueden ocasionar cambios en la riqueza y abundancia de las especies (tanto efectos negativos como positivos). Entre los factores que determinan estos cambios se pueden mencionar: la reducción del tamaño poblacional de una especie dentro de un fragmento, debido al aumento de la mortalidad o migración; la invasión de especies nuevas facilitada por cambios microclimáticos dentro de los fragmentos; cambios en la intensidad y calidad de las interacciones biológicas; entre otros. (Bustamante y Grez, 1995). En general, la intensidad de las interacciones biológicas se deprime en los fragmentos debido al empobrecimiento de la fauna de consumidores (Simonetti *et al.* 2006). Además, la modificación de las interacciones biológicas como mutualismo, depredación, parasitismo, herbivoría, etc., dentro de un ecosistema, puede tener como consecuencia la alteración de los flujos de materia y energía dentro de los mismos (Chapin *et al.* 2000). Por ejemplo, cambios en las interacciones tróficas por remoción del predador tope puede ocasionar efectos en cascada dentro del ecosistema provocando un sobrepastoreo de la vegetación. A la inversa, se sabe que las aves insectívoras

pueden favorecer el crecimiento de las plantas al consumir los insectos herbívoros y reducir el daño que estos producen (Sipura, 1999).

La fragmentación puede causar un aumento en la herbivoría producto de la mayor abundancia de insectos herbívoros causando pérdidas en la producción primaria (Kondoh, 2003). Además, se ha comprobado que la herbivoría afecta el fitness en plantas tropicales conllevando una disminución en el crecimiento, la producción de semillas y la viabilidad de semillas (Marquis, 1984); esta interacción puede además aumentar el número de frutos abortados en las plantas nativas (Hochwender *et al.* 2003). Por otra parte, el número de frutos producidos por las plantas puede verse afectado negativamente por la fragmentación del hábitat (Aguilar y Galetto, 2003; Fuchs *et al.* 2002; Nason y Hamrick, 1997) o no ser afectado (Aizen y Feinsinger, 1994; Cunningham, 2000).

En Chile, el bosque Maulino ha sufrido grandes cambios en su estructura y extensión. Su perturbación inicial fue motivada por la necesidad de terrenos para la agricultura de subsistencia y por la explotación para obtener madera de construcción, de exportación y material combustible (leña y carbón); pero en la actualidad es amenazado principalmente por el uso de esta área para el cultivo de especies exóticas como *Pinus radiata* (San Martín y Donoso, 1996). Esto ha ocasionado una dramática fragmentación y reducción del área que ocupaba originalmente el bosque Maulino de Chile central. De hecho un estudio realizado en la zona del Maule-Cobquecura comprobó que en 1975 un 44% de la superficie de bosque nativo estaba concentrada en parches grandes de entre 20.000 a 100.000 hectáreas; mientras que el 2000 solo un 3% de los parches tenía una superficie superior a las 1.000 hectáreas (Echeverría *et al.* 2006). Cabe destacar que solo 190 ha del bosque Maulino costero se encuentran protegidas dentro

de dos Reservas Nacionales (Reserva Nacional Los Queules y Reserva Nacional Los Ruales) (Bustamante *et al.* 2005).

Uno de los efectos de la fragmentación del bosque Maulino costero ha sido la modificación de la abundancia de aves insectívoras, siendo estas más abundantes en los fragmentos que en la Reserva (Vergara y Simonetti, 2004). Este cambio podría provocar una alteración en las interacciones tróficas generando un efecto cascada. Un estudio llevado a cabo en la misma zona demostró que la herbivoría en *Aristotelia chilensis* se ve afectada negativamente por la fragmentación del bosque, siendo mayor en el bosque continuo que en los fragmentos durante la primavera y afectando a las primeras cohortes de hojas. Sin embargo, el crecimiento de ramas (una medida del desempeño) no se vio significativamente afectado (Vásquez *et al.* 2007).

Se han publicado tres trabajos acerca del efecto de la fragmentación de hábitat sobre la herbivoría en especies arbóreas de Chile. En el bosque mediterráneo de Chile central (sector de Rinconada de Maipú), la herbivoría en hojas de *Quillaja saponaria* es más intensa en el interior del bosque que en la matriz que lo rodea (Bresciano *et al.* 1999). En el bosque Maulino la fragmentación afecta la herbivoría en plántulas de *Cryptocarya alba*, siendo esta mayor en el bosque continuo que en los fragmentos (Vega, 2001). En la misma zona, la herbivoría en individuos adultos de *Aristotelia chilensis* es mayor en el bosque continuo que en los fragmentos durante la primavera (Vásquez *et al.* 2007).

Ya que la fragmentación del bosque Maulino ha provocado cambios en la herbivoría en *A. chilensis* dentro de los fragmentos de bosque nativo con respecto al bosque continuo; existe la posibilidad de que el éxito reproductivo de *A. chilensis* se vea

también alterado indirectamente por la fragmentación del bosque nativo. Esto adquiere especial relevancia en el marco de la estrategia nacional de biodiversidad, en el que uno de los objetivos específicos señala que “se protegerán aquellos ecosistemas que han sido modificados en entornos productivos” (CONAMA, 2003). De esta manera el objetivo de este seminario de título es evaluar la herbivoría y el éxito reproductivo en *A. chilensis* en el bosque Maulino fragmentado. Particularmente, a través de 1) comparar la herbivoría de diferentes cohortes de hojas dentro de los fragmentos de bosque y en el bosque continuo, 2) comparar el crecimiento total de ramas de la temporada dentro de los fragmentos de bosque y en el bosque continuo, 3) comparar la producción de frutos dentro de los fragmentos de bosque y en el bosque continuo, 4) comparar la sobrevivencia de hojas y la cantidad de frutos remanentes dentro de los fragmentos y en el bosque continuo y, por último, 5) correlacionar la herbivoría de hojas con la producción de frutos, la proporción de frutos remanentes y el crecimiento de las ramas en fragmentos y bosque continuo.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la zona costera de la séptima Región del Maule, dentro de la Reserva Nacional Los Queules y cuatro fragmentos de bosque nativo ubicados en las proximidades de la Reserva. Esta reserva se sitúa entre las latitudes $35^{\circ} 57' 58''$ y $35^{\circ} 59' 09''$ sur y las longitudes $72^{\circ} 40' 30''$ y $72^{\circ} 42' 30''$ oeste (Figura 1). Tiene una superficie de 147,3 ha (Ministerio de Agricultura y CONAF, 1999). La vegetación, de acuerdo al Sistema de Clasificación de la Vegetación Nativa de Chile (Gajardo, 1994), pertenece a la región de Bosque Caducifolio, subregión del Bosque Caducifolio Montano y formación vegetal del Bosque Caducifolio Maulino. Esta formación comprende a los bosques de hualo (*Nothofagus glauca*) que se encuentran en la Cordillera de la Costa y ha sido fuertemente reemplazada por plantaciones de *Pinus radiata*. En la reserva se encuentran tres especies vegetales en peligro de extinción: queule (*Gomoterga keule*), pitao (*Pitavia punctata*) y michay rojo (*Berberidopsis corallina*), de las cuales el queule es endémica del país y la única representante de la familia Gomortegaceae (Benoit, 1989).

En el estudio se usó la Reserva Nacional Los Queules como condición de bosque continuo y cuatro fragmentos de bosque nativo de menos de 5 ha cada uno y separados entre sí por al menos 1 Km, como condición de bosque fragmentado (Figura 2).

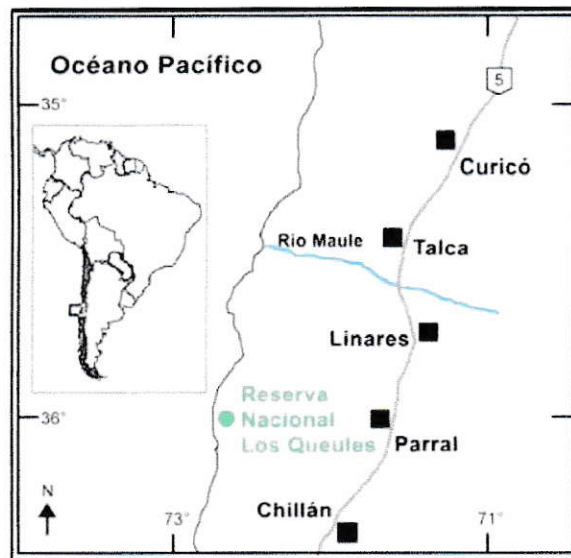


Figura 1. Ubicación geográfica de la Reserva Nacional Los Queules. Se muestran las principales ciudades y la ruta cinco sur (tomado de Bianchi 2002).

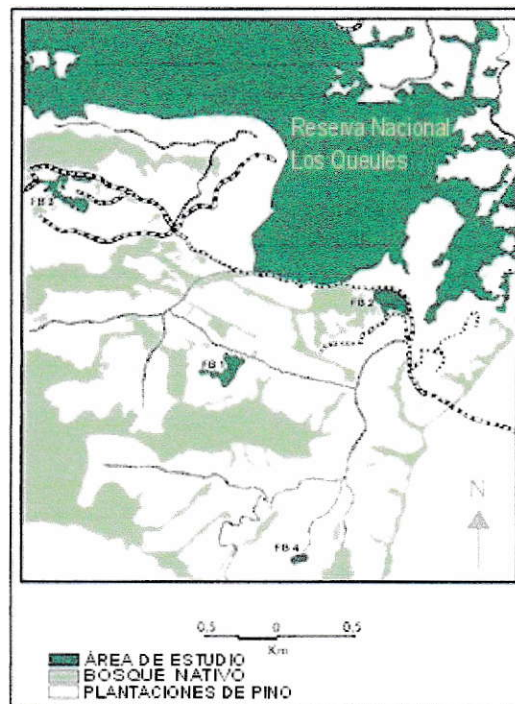


Figura 2. Mapa de la zona de estudio. Se muestra la RNLQ (bosque continuo) y los cuatro fragmentos de bosque nativo (tomado de Bianchi 2002).

ESPECIE DE ESTUDIO

Aristotelia chilensis Mol. (Maqui) es una especie arbórea siempreverde de la familia Elaeocarpaceae, frecuentemente de hábito arbustivo, aunque puede alcanzar alturas de hasta ocho metros de altura (Figura 3). Posee hojas glabras, opuestas, de 3-8 cm y pecíolos rojizos. La lámina es ovalada-lanceolada, con borde frecuentemente aserrado. Es una especie dioica de flores pentámeras, blancas de 3 a 5 mm; dispuestas en cimas. El cáliz tiene 5 sépalos libres y 5 pétalos libres. Las flores masculinas poseen estambres desarrollados y ovario rudimentario. Las femeninas tienen estambres rudimentarios y gineceo bien desarrollado. La floración ocurre entre agosto y septiembre, siendo polinizada por insectos. Fructifica de diciembre a enero y su fruto es una baya de color morado que es dispersada por aves (Niemeyer *et al.* 2002). Es una especie nativa y crece desde la IV a la X Región. Se desarrolla tanto en áreas abiertas como debajo del dosel de los bosques (Damascos y Prado, 2001); y es una especie pionera que puede colonizar fácilmente hábitats perturbados (Llavallo y Cellini, 2005; Puccio, 2004).



Figura 3. Maqui (*Aristotelia chilensis* Mol.). Árbol femenino adulto, con frutos.

MÉTODOS

1) Diseño de muestreo

Se seleccionaron y marcaron 40 individuos femeninos de *A. chilensis* la temporada anterior a la recolección de datos (primavera del 2004). Se marcaron 20 individuos en la Reserva (bosque continuo), de los cuales 6 se encontraban en el borde (a menos de 20 m del borde del bosque) y el resto se encontraba a más de 20 m desde el borde (interior de la Reserva). Además, se marcaron 20 individuos más repartidos de forma no equitativa en cuatro fragmentos de bosque continuo: 4 en el fragmento nº 1, 8 en el fragmento nº 2, 6 en el fragmento nº 3 y 2 en el fragmento nº 4.

Posteriormente, se marcaron al azar cinco ramas de cada individuo. En cada rama marcada se escogió una yema para el seguimiento de las hojas y se marcaron las infrutescencias. El diseño para el muestreo fue modificado y adaptado según Vázquez *et al.* 2007.

2) Evaluación de la herbivoría

La herbivoría es una interacción ecológica en la que el material vegetal vivo es removido y consumido por animales. Pueden distinguirse distintos tipos de herbivoría dependiendo de la parte vegetal que es depredada: la folivoría (depredación de hojas), la granívora (depredación de semillas), etc. (Begon *et al.* 1996). En este trabajo nos ocupamos de la folivoría.

Después de marcar cinco ramas de cada individuo, se identificó una yema de la temporada para cada rama. A medida que iban saliendo las hojas, éstas se marcaron con una etiqueta plástica de 1,5 X 1,5 cm, suspendida con un pequeño trozo de

alambre delgado. Todas las hojas marcadas en las cinco ramas de cada individuo constituyeron la cohorte del mes por individuo. Se marcaron todas las hojas cada mes desde octubre del 2005 a febrero del 2006, con lo que se obtuvieron cuatro cohortes:

- Primera cohorte: registrada entre el 26 de octubre del 2005 y el 25 de febrero del 2006.
- Segunda cohorte: registrada entre el 28 de noviembre del 2005 y el 25 de febrero del 2006.
- Tercera cohorte: registrada entre el 27 de diciembre del 2005 y el 25 de febrero del 2006.
- Cuarta cohorte: registrada entre el 18 de enero del 2006 y el 25 de febrero del 2006.

Cabe destacar que la cohorte de octubre tenía carácter de acumulativa ya que en ella se marcaron y registraron las hojas aparecidas hasta octubre, saliendo las primeras hojas durante el mes de septiembre (observaciones en terreno).

La herbivoría fue asignada a cada hoja mediante inspección ocular, clasificándolas en 6 clases distintas (Figura 4), de acuerdo al porcentaje aproximado de área foliar extraído: 0 = 0% de área removida, 1 = 1-5%, 2 = 6-12%, 3 = 13-25%, 4 = 26-50% y 5 = más del 50%.

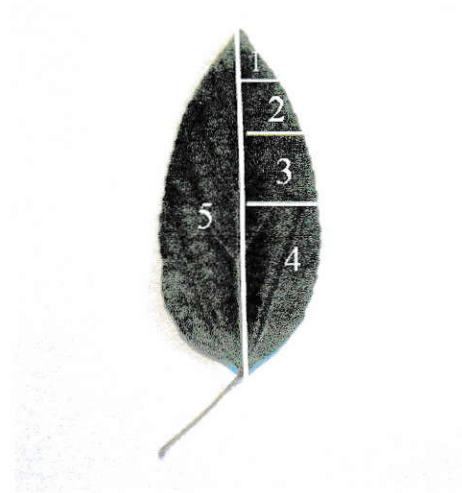


Figura 4. Esquema de las clases de herbivoría. A cada hoja se le asigna una clase por inspección ocular según el porcentaje aproximado de área foliar removida: 0 = 0% de área removida, 1 = 1-5%, 2 = 6-12%, 3 = 13-25%, 4 = 26-50% y 5 = más del 50%.

La herbivoría para cada cohorte fue estimada usando el índice de herbivoría:

$$IH = \sum \frac{X_i n_i}{N}$$

donde n_i es el número de hojas en una determinada clase de herbivoría y X_i es la clase de herbivoría (de 0 a 5); N es el número total de hojas (Benítez-Malvido *et al.* 1999; Rodríguez y Simonetti, 2001).

3) Evaluación del crecimiento de ramas

Se midió el crecimiento total de la temporada (en cm) en la misma yema en la que se evaluó la herbivoría, usando una regla. El crecimiento total fue medido el 23 de marzo. Para el análisis estadístico se usó el promedio en cm de las cinco ramas de cada individuo.

4) Éxito reproductivo

El éxito reproductivo puede definirse como el número de semillas que sobrevive para reproducirse exitosamente. Puede dividirse en dos fases: preemergente, es decir, el número de semillas viables que entran al medioambiente; y postemergente, que es el porcentaje de progenie que sobrevive para reproducirse (Wiens, 1987). En este estudio se evaluó el éxito reproductivo preemergente.

Al inicio del experimento (octubre), se marcaron todas las infrutescencias de cada rama marcada con una lámina de plástico de 1,5 X 1,5 cm; suspendida con un alambre delgado. Cabe destacar que el maqui (*A. chilensis*) florece desde agosto a septiembre por lo que en octubre los frutos se encontraban en el inicio de su desarrollo. Esto se hizo para los 20 árboles marcados en la Reserva (6 en el borde y 14 dispersos en el interior) y para 20 árboles en los fragmentos. El número total de frutos de cada infrutescencia fue contado desde octubre hasta febrero. Cabe destacar que para correlacionar la herbivoría con la producción de frutos se usó el índice de herbivoría de octubre (mes de producción de los frutos); siendo la cohorte de octubre de carácter acumulativa. De esta forma el índice de herbivoría de la cohorte de octubre fue un buen parámetro para correlacionar la herbivoría con la producción de frutos.

5) Sobrevivencia foliar y abundancia frutos remanentes

Para el análisis de sobrevivencia foliar, se consideraron como sobrevivientes todas las hojas censadas mes a mes, sin importar el grado de herbivoría presente. Es decir, se consideraron muertas todas las hojas completamente removidas, tanto por herbivoría u otras causas.

Se consideraron frutos remanentes a todos los frutos que fueron censados mes a mes, sin importar su estado, y frutos perdidos a todos los frutos que fueron removidos por factores bióticos y abióticos.

6) Análisis de datos

Para el análisis de la herbivoría, crecimiento de ramas y éxito reproductivo; se usaron pruebas estadísticas comunes como el ANOVA, prueba t de Student y prueba de Kruskal-Wallis (Zar, 1984). Para establecer la existencia de diferencias estadísticas en los casos en que se analizaron más de dos grupos de distribución no paramétrica, se utilizó la prueba de Dunn (Zar, 1984).

El análisis de sobrevivencia se hizo mediante la prueba de Kaplan-Meier (prueba Log-rank). En los casos en que se analizaron más de dos grupos se utilizó el método de Holm-Sidak como prueba a *posteriori* para establecer la existencia de diferencias estadísticas (Scheiner y Gurevitch, 2001). Las correlaciones se establecieron por medio del coeficiente de correlación de rango de Kendall (τ) (Siegel, 1972).

El análisis estadístico fue realizado usando los softwares STATISTICA 6.0 y Sigma Stat 3.1.

RESULTADOS

1) Herbivoría

La herbivoría fue evaluada para cuatro cohortes de hojas de *A. chilensis* en fragmentos y en bosque continuo. El índice de herbivoría final acumulado (incluye todas las hojas marcadas de octubre a febrero) fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos y la diferencia fue estadísticamente significativa ($t_{(38)} = 2,20$, $P = 0,03$). No existen diferencias estadísticamente significativas al comparar la herbivoría acumulada considerando el borde del bosque continuo como un hábitat distinto (comparando los fragmentos, el borde del bosque continuo y el interior del bosque continuo) ($H_{2,40} = 3,94$, $P = 0,14$). A continuación se detallan los resultados obtenidos para cada cohorte:

a) Primera cohorte

El índice de herbivoría por individuo fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos ($F_{(1,38)} = 9,35$, $P < 0,01$). Esta diferencia fue marginalmente significativa entre meses ($F_{(4,152)} = 2,44$, $P = 0,05$; Figura 5.A).

b) Segunda cohorte

El índice de herbivoría por individuo tendió a ser mayor en el bosque continuo que en los fragmentos. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($F_{(1,38)} = 0,63$, $P = 0,43$). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre meses ($F_{(3,114)} = 0,25$, $P = 0,86$; Figura 5.B).

c) Tercera cohorte

El índice de herbivoría por individuo no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el bosque continuo y los fragmentos ($F_{(1,36)} < 0,01$, $P = 0,99$). No existen diferencias estadísticamente significativas entre meses ($F_{(2,72)} = 2,41$, $P = 0,10$; Figura 5.C).

d) Cuarta cohorte

El índice de herbivoría por individuo no difirió significativamente entre el bosque continuo y los fragmentos ($F_{(1,13)} = 0,09$, $P = 0,77$). Tampoco hubo diferencias estadísticamente significativas entre meses ($F_{(1,13)} = 0,03$, $P = 0,87$; Figura 5.D).

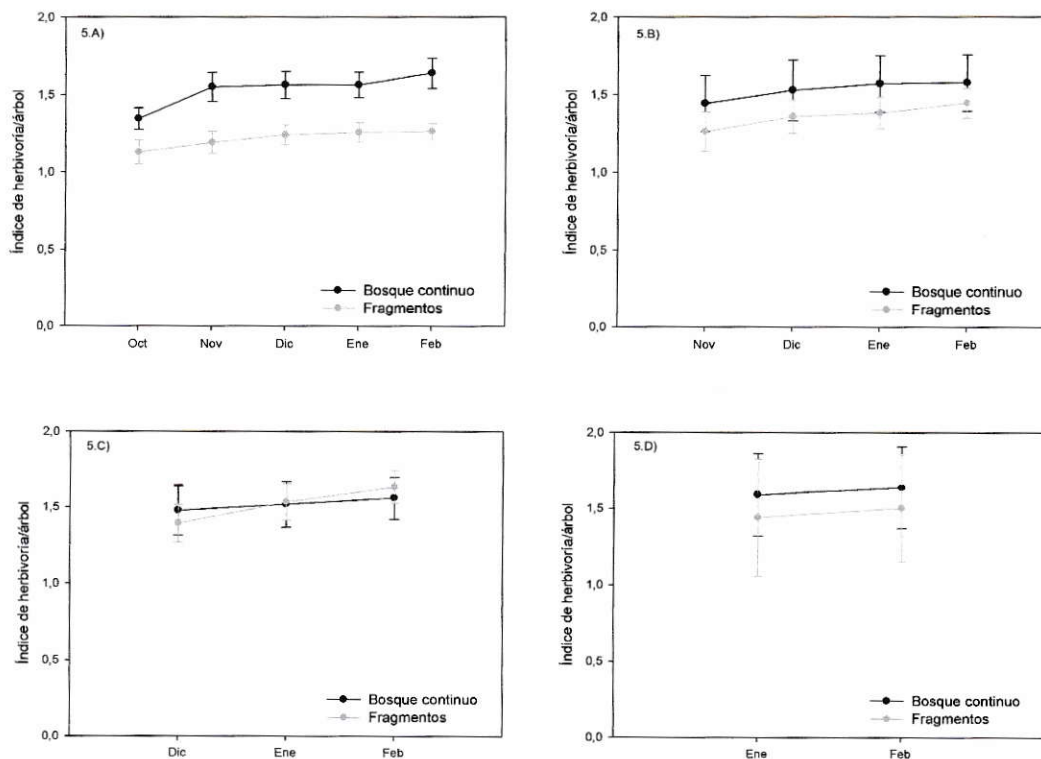


Figura 5. Variación temporal de la herbivoría para cada una de las cohortes de hojas de *A. Chilensis*. Los valores son la media \pm 1 ee del índice de herbivoría (IH) para el bosque continuo y los fragmentos. A) Primera cohorte de hojas, B) segunda cohorte de hojas, C) tercera cohorte de hojas y D) cuarta cohorte de hojas.

2) Crecimiento de ramas

El crecimiento total de ramas no mostró diferencias significativas entre el bosque continuo y los fragmentos ($t_{(38)} = 1,11$, $P = 0,27$), aunque existe una tendencia hacia un mayor crecimiento en el bosque continuo ($6,1 \pm 0,5$ cm y $5,3 \pm 0,6$ cm en el bosque continuo y los fragmentos respectivamente). Tampoco se encontró una diferencia estadística significativa al comparar el crecimiento de los individuos en el borde del bosque continuo y los que están en el interior ($F_{(2,37)} = 0,78$, $P = 0,47$), aunque existe una tendencia hacia un mayor crecimiento en el borde del bosque continuo ($6,6 \pm 1,5$ cm y $5,9 \pm 0,4$ cm en el borde y en el interior respectivamente).

3) Éxito reproductivo

No se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la producción de frutos entre los individuos del bosque continuo y de los fragmentos ($U = 145,5$, $P = 0,14$), aunque el promedio fue mayor en el bosque continuo ($45,7 \pm 10,8$ frutos por individuo y $21,8 \pm 6,3$ frutos por individuo, en el bosque continuo y los fragmentos respectivamente). Tampoco se encontró una diferencia significativa en la cantidad de infrutescencias desarrolladas por individuo ($U = 146,5$, $P = 0,15$), ni en la cantidad de frutos por infrutescencia ($U = 155,5$, $P = 0,23$). Sin embargo, los seis individuos ubicados en el borde del bosque continuo produjeron una mayor cantidad de frutos, por lo que se procedió a hacer el resto de los análisis estadísticos separando los individuos según tres ambientes: fragmentos, condición de borde del bosque continuo y condición de interior del bosque continuo:

a) Producción de frutos

El número de frutos producidos por individuo difirió significativamente entre ambientes ($H_{2,40} = 10,43$, $P < 0,01$). La cantidad de frutos producidos por individuos ubicados en el borde del bosque continuo fue superior a la cantidad producida por los individuos ubicados en el interior (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 2,82$, $P < 0,05$), y fue superior a la cantidad producida por los individuos de los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 3,07$, $P < 0,05$). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la condición de interior del bosque continuo y los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 0,15$, $P > 0,05$; Figura 6.A; Anexo I).

b) Número de infrutescencias por individuo

Se encontraron diferencias significativas en el número de infrutescencias producidas por individuo entre los tres ambientes ($H_{2,40} = 8,29$, $P = 0,02$). De hecho, el promedio del número de infrutescencias producidas por individuos en el borde del bosque continuo fue 3,2 veces superior que el promedio en condición de interior (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 2,44$, $P < 0,05$) y 3,8 veces superior al promedio en los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 2,77$, $P < 0,05$). No hubo diferencias estadísticamente entre la condición de interior en el bosque continuo y los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 0,28$, $P > 0,05$; Figura 6.B; Anexo I).

c) Promedio de frutos por infrutescencias

El promedio de frutos por infrutescencia por individuo también presentó diferencias significativas entre ambientes ($H_{2,40} = 9,81$, $P = 0,01$). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, siendo el promedio de frutos por infrutescencia en el borde en el bosque continuo 2,2 veces mayor que en el interior (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 2,84$, $P < 0,05$) y 2,1 veces mayor que en los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 2,90$, $P < 0,05$). No hubo diferencias significativas entre la condición de interior del bosque continuo y los fragmentos (prueba de Dunn, $Q_{3,0,05} = 0,10$, $P > 0,05$; Figura 6.C).

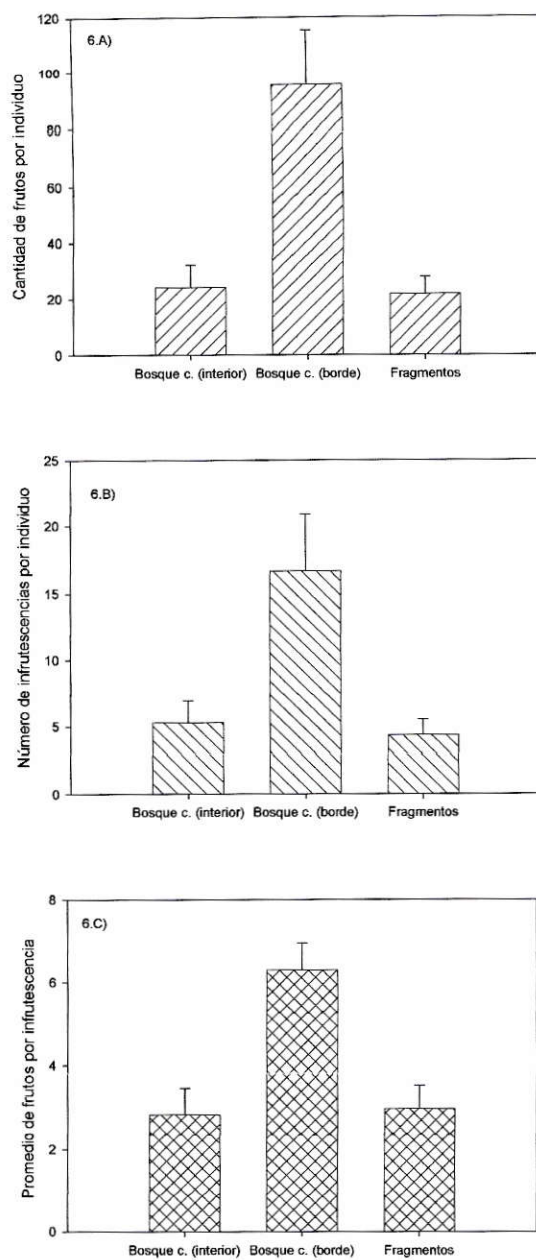


Figura 6. Desempeño reproductivo en *A. chilensis*. A) Promedio de frutos producidos por individuo, para los tres hábitats. B) Promedio del número de infrutescencias por individuo, para los tres hábitats. C) Promedio de frutos por infrutescencia por individuo, para los tres hábitats.

4) Supervivencia de hojas y abundancia de frutos remanentes

a) Supervivencia de hojas

La supervivencia foliar de la primera cohorte de hojas fue estadísticamente mayor en los fragmentos que en el bosque continuo (prueba de Kaplan-Meier, $P < 0,01$; Figura 7.A). La proporción de hojas que sobrevivieron (N° de hojas en t_i / N° de hojas en t_0) hasta el mes de febrero fue de 0,86 en el bosque continuo y de 0,93 en los fragmentos.

La supervivencia foliar en la segunda cohorte de hojas fue estadísticamente similar en el bosque continuo y en los fragmentos (prueba de Kaplan-Meier, $P = 0,96$). La supervivencia foliar de la tercera cohorte y de la cuarta cohorte tampoco difirió estadísticamente entre ambas condiciones (prueba de Kaplan-Meier, $P = 0,12$ y $P = 0,14$, para la tercera cohorte y la cuarta cohorte respectivamente).

b) Abundancia de frutos remanentes

La abundancia de frutos remanentes fue mayor en los fragmentos que en el bosque continuo (prueba de Kaplan-Meier, $P < 0,01$). Un 56,0% del total de frutos censados en los fragmentos permaneció en las ramas hasta la dispersión ($n = 436$), mientras que sólo un 34,1% del total de frutos censados en el bosque continuo permaneció en las ramas hasta la dispersión ($n = 913$). Existen diferencias estadísticamente significativas para la abundancia de frutos remanentes en los tres ambientes (fragmentos, interior del bosque continuo y borde del bosque continuo) (prueba de Kaplan-Meier, $P < 0,01$). De los 1349 frutos censados en total, permanecieron en las ramas hasta enero el 56,0% ($n = 436$) del total de frutos censados en los fragmentos, el 37,0% ($n = 574$) del total de frutos censados en el borde del bosque continuo y un 28,6% ($n = 339$) del total de

frutos censados en el interior del bosque continuo (Anexo II). La mayor diferencia estadística se dio entre los fragmentos y la condición de interior del bosque continuo (prueba de Holm-Sidak, $P = 0,02$; Figura 7.B; Anexo II); donde la abundancia de frutos remanentes en el tiempo fue mayor en los fragmentos. Por otra parte, la abundancia de frutos remanentes en el tiempo fue mayor en los fragmentos que en el borde del bosque continuo (prueba de Holm-Sidak, $P = 0,03$; Figura 7.B; Anexo II). Además, se encontró una diferencia marginalmente significativa entre la abundancia de frutos remanentes en el borde del bosque continuo y el interior del bosque continuo (prueba de Holm-Sidak, $P = 0,05$; Figura 7.B; Anexo II), siendo mayor la abundancia (considerando el total) en el borde del bosque continuo.

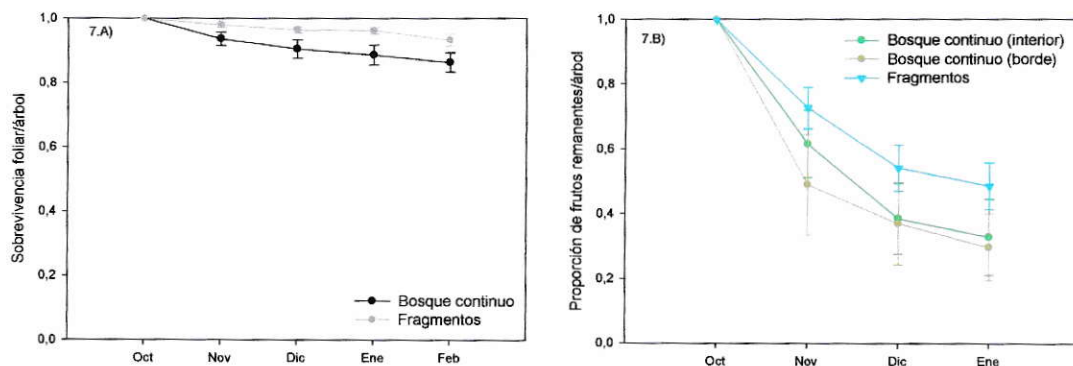


Figura 7. Sobrevivencia de hojas y abundancia de frutos remanentes en *A. chilensis*. A) Proporción de sobrevivencia foliar para la primera cohorte de hojas. B) Promedio de la proporción de frutos remanentes por árbol; en los fragmentos, interior del bosque continuo y borde del bosque continuo.

5) Correlación entre la herbivoría y el crecimiento de ramas

No se encontró una correlación significativa entre la herbivoría acumulada por individuo y el promedio por individuo del crecimiento total de ramas de la temporada en el bosque continuo ($\tau = -0,22$, $P = 0,08$; Figura 8.A), ni en los fragmentos ($\tau = 0,14$, $P = 0,19$; Figura 8.B).

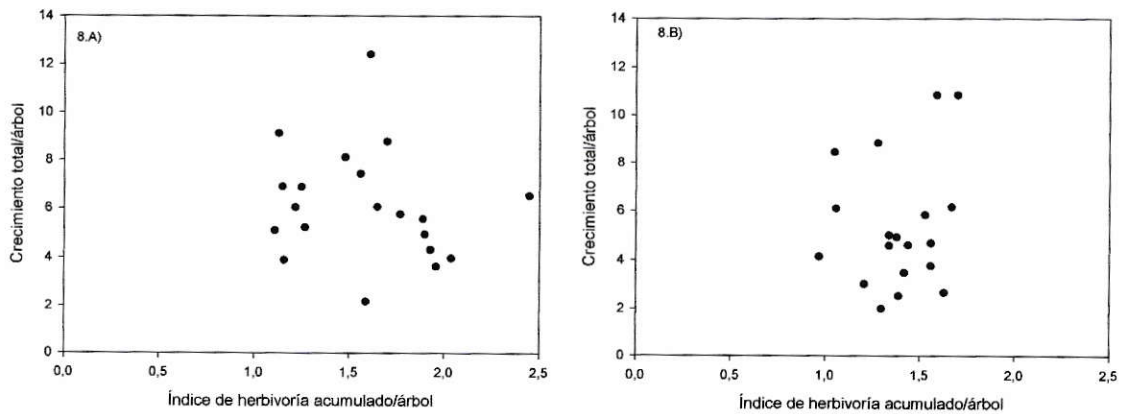


Figura 8. Correlación entre el índice de herbivoría acumulado por individuo y el crecimiento de ramas por individuo en *A. chilensis*. 8.A) Bosque continuo, 8.B) Fragmentos.

6) Correlación entre la herbivoría y la producción de frutos

Se encontró una correlación negativa significativa entre la herbivoría por individuo (la cohorte acumulativa de octubre, que constaba de todas las hojas aparecidas hasta octubre) y la producción de frutos por individuo en el bosque continuo (observación hecha en octubre) ($\tau = -0,29$, $P = 0,04$; Figura 9.A). Sin embargo, no se encontró una correlación significativa en los fragmentos ($\tau = -0,10$, $P = 0,26$; Figura 9.B).

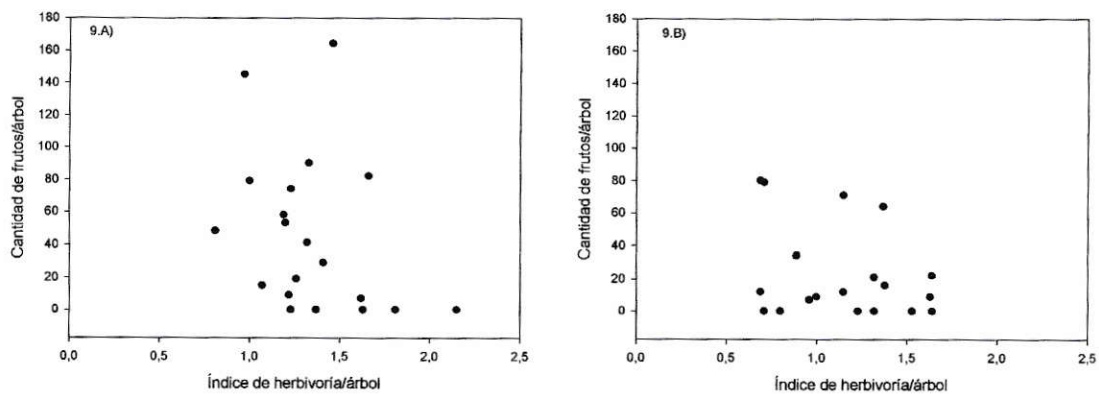


Figura 9. Correlación entre el índice de herbivoría por individuo y la producción de frutos por individuo en *A. chilensis*. 9.A) Bosque continuo, 9.B) Fragmentos.

7) Correlación entre la herbivoría y la proporción de frutos remanentes

No se encontró una correlación significativa entre la herbivoría acumulada por individuo hasta enero y la proporción de frutos remanentes por individuo hasta enero (número de frutos en tiempo t /número de frutos en tiempo t_0) en el bosque continuo ($\tau = 0,15$, $P = 0,22$; Figura 10.A). Sin embargo, se encontró una correlación negativa significativa entre la herbivoría acumulada por individuo hasta enero y la proporción de frutos remanentes (hasta enero) por individuo en los fragmentos ($\tau = - 0,41$, $P = 0,03$; Figura 10.B).

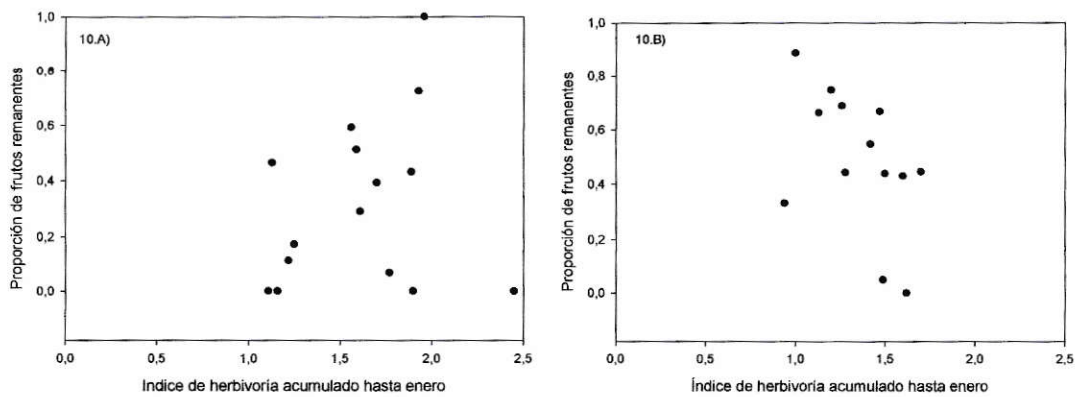


Figura 10. Correlación entre la herbivoría acumulada por individuo hasta enero y la proporción de frutos remanentes por individuo hasta enero en *A. chilensis*. 10.A) Bosque continuo, 10.B) Fragmentos.

DISCUSIÓN

La fragmentación del bosque Maulino ha provocado cambios en la herbivoría y el éxito reproductivo de *Aristotelia chilensis*. Estos cambios se hacen presentes dentro de los fragmentos creados, en el caso de la herbivoría; y en el aumento del borde del bosque continuo en el caso del éxito reproductivo.

La herbivoría fue mayor en el bosque continuo que en los fragmentos para la primera cohorte de hojas, en tanto que no exhibió diferencias para las otras cohortes. Este resultado es congruente con otro estudio de herbivoría en *A. chilensis* desarrollado en la zona (Vásquez *et al.* 2007). La falta de diferencias significativas para la herbivoría de las cohortes de hojas posteriores concuerda con lo encontrado en algunas especies de árboles tropicales (*Chrysophyllum pomiferum*, *Micropholis venulosa* y *Pouteria caimito*) en las que la herbivoría es mayor en el bosque continuo solo durante el primer año de exposición de las plántulas a los herbívoros y podría deberse a cambios en la abundancia de los herbívoros, en las defensas estructurales/químicas de las hojas (Benítez-Malvido *et al.* 1999) o en cambios en la disponibilidad de nutrientes de la hoja (Schowalter y Hargrove, 1986). Por otra parte, ya que el índice de herbivoría indica el porcentaje aproximado de área foliar removida, hojas de distinto tamaño podrían ser clasificadas dentro de la misma clase de herbivoría a pesar de que el área foliar removida en una hoja grande sería mayor que en una hoja pequeña. Es decir, el área foliar removida por herbivoría podría ser mayor en hábitats que favorezcan el crecimiento de hojas más grandes. En este trabajo no se tomaron datos del largo, ancho, ni área foliar; debido al gran número de hojas muestreadas (660 en el bosque continuo y 674 en los fragmentos). Sin embargo, un estudio llevado a cabo en la misma zona comprobó que las hojas de los árboles que crecen en los fragmentos son 1,2

veces más cortas y tienen 1,2 veces menos área foliar (el ancho no mostró diferencias estadísticamente significativas) que las hojas de los árboles que crecen en el bosque continuo (Repetto, 2006). Las marcas en las hojas indican que la herbivoría se debe a la acción de insectos herbívoros; un estudio de los insectos defoliadores asociados a *A. chilensis* comprobó que el 77,5% corresponden al orden Coleoptera, 12,4% al orden Lepidoptera y 10,1% al orden Orthoptera (De la Vega, 2007). Además, en la zona del estudio los megaherbívoros como el pudú o la vaca son escasos (Acosta y Simonetti, 1999) y no fueron observados en el interior del bosque continuo o los fragmentos. No se observaron respuestas de ramificación de las yemas a consecuencia de la herbivoría, ni se observó una diferencia estadísticamente significativa en el crecimiento total del eje de la yema entre el bosque continuo y los fragmentos. La sobrevivencia foliar de la primera cohorte de hojas fue mayor en los fragmentos que en el bosque continuo. La mortalidad de hojas se debería en gran parte a la herbivoría y daño físico.

No se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el éxito reproductivo de *A. chilensis* al comparar los individuos ubicados en los fragmentos con los ubicados en el bosque continuo. Este resultado concuerda con otras investigaciones en ambientes fragmentados. En un estudio realizado en el bosque seco del Chaco se comprobó que la fragmentación afecta la cantidad de frutos producidos solo para 5 de las 15 especies estudiadas (Aizen y Feinsinger, 1994), y en otro estudio realizado en bosques de Australia se comprobó que la fragmentación afectaba significativamente solo a 1 de las 4 especies estudiadas (Cunningham, 2000). Es posible que *A. chilensis* no se vea afectada por la fragmentación debido a su gran plasticidad ecológica (Damascos y Prado, 2001; González, 2004). Además, la mayor área foliar de esta especie en el

bosque continuo (Repetto, 2006) podría compensar la pérdida en la entrada de energía producto de la mayor herbivoría.

Al considerar los bordes de bosque continuo como otro tipo de hábitat, el éxito reproductivo de *A. chilensis* se vio afectado positivamente por estos bordes. De hecho, el promedio de frutos producidos por individuo fue 4,0 veces superior al observado en el interior del bosque continuo y 4,4 veces superior a lo observado en los fragmentos. Se ha comprobado que la creación de bordes cambia las condiciones microclimáticas originales de un bosque, disminuyendo en un gradiente hacia el interior la velocidad del viento, temperatura del aire, la luminosidad y la temperatura del suelo, entre otros (Davies *et al.* 2000; Herrerías y Benítez, 2005; Laurance *et al.* 2001). La existencia de bordes parece favorecer el éxito reproductivo de *A. chilensis*, al aumentar la cantidad de luz y por ende la cantidad de energía disponible para la planta. Cabe destacar que esta es una especie que se encuentra frecuentemente en hábitats perturbados y en terreno abierto (Damascos y Prado, 2001).

La proporción de frutos remanentes predispersión fue mayor en los individuos ubicados en los fragmentos que en los ubicados en el borde o en el interior del bosque continuo. Aunque la abundancia de aves frugívoras es mayor en el bosque continuo (Vergara y Simonetti, 2004), la remoción de frutos predispersión no estaría relacionada con la acción de aves frugívoras ya que éstas remueven el fruto maduro desde el mes febrero (Niemeyer *et al.* 2002) y la cantidad de frutos remanentes se estudio en los meses de octubre a enero, antes de que los frutos maduraran. Tal vez la pérdida de frutos se deba a la depredación por parte de otros organismos o a factores como la lluvia, viento, frutos que se secan antes de madurar, etc. Esto podría explicar el hecho de que los individuos ubicados en los fragmentos perdieran proporcionalmente menos frutos que

los ubicados en el borde del bosque continuo, donde la velocidad del viento es mayor y existe una menor protección contra la lluvia debido a la disminución del dosel. De hecho se ha comprobado que la caída de hojas se incrementa dramáticamente cerca de los bordes creados recientemente (Lovejoy *et al.* 1986) por lo que la caída de frutos también podría verse afectada en los bordes.

Al comparar la producción de frutos con la intensidad de la herbivoría, se encontró una correlación negativa en el bosque continuo pero no en los fragmentos. Este resultado emerge al considerar la variabilidad individual a escala local, lo cual sugiere diferentes presiones selectivas en ambos tipos de hábitats. Es decir, a pesar de que los individuos ubicados en el bosque continuo tienen índices de herbivoría más elevados que los ubicados en los fragmentos, esto no se refleja en una menor producción de frutos por individuo en comparación a los fragmentos; pero si se ve reflejado en una menor producción de frutos por individuo dentro del mismo bosque continuo.

Además, se encontró una correlación negativa significativa entre el índice de herbivoría acumulado por individuo y la proporción de frutos remanentes en los fragmentos. Este resultado es congruente con observaciones hechas en *Catalpa speciosa* en la que se ha comprobado que la herbivoría incrementa la abscisión de frutos. Esto se debe probablemente a que la herbivoría reduce los recursos disponibles para el desarrollo de los frutos y a que la abscisión de frutos es una respuesta a la falta de recursos (Stephenson, 1980). Este resultado indica que la fragmentación podría ser capaz de alterar indirectamente interacciones biológicas como la frugivoría a partir de cambios en la herbivoría. Al disminuir la herbivoría en el interior de los fragmentos, la proporción de frutos remanentes aumenta y deja más frutos disponibles para las aves frugívoras. Además, la mayor disponibilidad de frutos a ser dispersados por las aves en los

fragmentos concuerda con las predicciones de dinámica sucesional que señalan que *A. chilensis* debería incrementar su abundancia relativa a nivel de dosel en los fragmentos (Bustamante *et al.* 2005).

Según estos resultados la estructura y composición del bosque Maulino podría cambiar en el interior de los fragmentos a causa de los cambios en el éxito reproductivo de *A. chilensis* producto de la fragmentación. Por otra parte, la formación de bordes aumenta la producción de frutos de *A. chilensis* y dado que esta es una especie pionera que crece preferentemente en espacios abiertos y puede colonizar fácilmente hábitats perturbados (Puccio, 2004; Damascos y Prado, 2001) podría facilitar la colonización de otras especies, representando los bordes una fase sucesional temprana. Siendo que el éxito reproductivo de *A. chilensis* se ve alterado en los fragmentos y en los bordes del bosque Maulino es esencial considerar su rol dentro de este bosque a escala de paisaje cuando se piensa en la conservación del bosque Maulino. Por una parte su aumento en los fragmentos cambiaría la estructura y composición del bosque y por otra parte su presencia en los bordes podría facilitar el establecimiento de otras especies más tardías en la sucesión secundaria.

En resumen, el efecto de la fragmentación sobre el éxito reproductivo de *A. chilensis* y por ende su regeneración a nivel del paisaje, es el producto de diversos factores bióticos y abióticos los cuales a su vez varían en el espacio. Esta complejidad de efectos detectados sobre una sola especie requiere de investigaciones más detalladas y de cautela al tomar decisiones de conservación para esta u otras especies del bosque Maulino.

REFERENCIAS

- Acosta G & JA Simonetti (1999) Guía de huellas de once especies de mamíferos del bosque templado chileno. Boletín del Museo de Historia Natural 48: 19-27.
- Aguilar R & L Galetto (2003) Effects of forest fragmentation on male and female reproductive success in *Cestrum parqui* (Solanaceae). Oecologia 138: 513-520.
- Aizen M & P Feinsinger (1994) Forest fragmentation, and plant reproduction in Chaco dry forest, Argentina. Ecology 75: 330-351.
- Begon M, M Mortimer & D Thompson (1996) Population Ecology: A Unified Study of Animal and Plants. 3ª Ed. Blackwell Science Ltd. Oxford, U.K. 245p.
- Benítez-Malvido J, García-Guzmán G & Kossmann-Ferraz I (1999) Leaf-fulgal incidence and herbivory on tree seedling in tropical rainforest fragments: an experimental study. Biological Conservation 91: 143-150.
- Benoit I (ed.) (1989) Libro rojo de la flora terrestre de Chile. 1ª Ed. Corporación Nacional Forestal (CONAF), Santiago. 157p.
- Bianchi P (2002) Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado. Memoria de título, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- Bresciano D, JA Simonetti, AA Grez (1999) Edge effects in a mediterranean woodland of central Chile. Journal of Mediterranean Ecology 1: 35-40.
- Bustamante RO & AA Grez (1995) Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. Revista Ambiente y Desarrollo 11: 58-63.
- Bustamante RO, JA Simonetti, AA Grez & J San Martín (2005) Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras. En: Smith C, J Armesto & C Valdovinos (Eds). Historia, biodiversidad y ecología de los Bosques Costeros de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 708p.
- Chapin F, E Zavaleta, V Eviner, R Naylor, P Vitousek, H Reynolds, D Hooper, S Lavorel, O Sala, S Hobbie, M Mack & S Díaz (2000) Consequences of changing biodiversity. Nature 405: 234-242.
- CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente) (2003) Estrategia Nacional de Biodiversidad. CONAMA, Santiago.
- Cunningham SA (2000) Effects of habitat fragmentation on the reproductive ecology of four plants species in Mallee Woodland. Conservation Biology 14: 758-768.

- Damascos MA & C Prado (2001) Defoliación en la especie invierno-verde *Aristotelia chilensis* y su efecto sobre el crecimiento inicial de hojas y ramas. *Bosque* 22: 45-50.
- Davies RJ, G Payne & M Elswijk (2000) Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology* 24: 111-121.
- De la Vega X (2007) Efecto de la fragmentación del Bosque Maulino en la composición, riqueza de especies y abundancia de insectos defoliadores de actividad nocturna asociados a *Aristotelia chilensis* (maqui). Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago.
- Echeverría C, D Coomes, J Salas, JM Rey, A Lara & A Newton (2006) Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forest. *Biological Conservation* 30: 481-494.
- Fahrig L (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematic* 34: 487-515.
- Fuchs E, J Lobo & M Quesada (2002) Effects of forest fragmentation and flowering phenology on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachyra quinata*. *Conservation Biology* 17: 149-157.
- Gajardo R (1994) La Vegetación Natural de Chile: Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, 165p.
- González Y (2004) Efecto de diferentes asociaciones de especies vegetales en el crecimiento y la calidad fustal de Aromo Australiano o Blackwood (*Acacia malanoxylon* R. Br.), Fundo Miraflores, comuna de Lanco – X Región, Chile. Memoria de Título, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de Católica de Temuco, Temuco.
- Harper K, S Macdonald, P Burton, J Chen, K Brososke, S Saunders, E Euskirchen, D Roberts, M Jaiteh & P Esseen (2005) Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology* 19: 768-782.
- Herrerías Y & J Benítez (2005) Las consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. [online]
<http://www.ine.gov.mx/ueajei/publicaciones/libros/467/julieta.html>.
- Hochwender CG, VL Sork & RJ Marquis (2003) Fitness consequences of herbivory on *Quercus alba*. *American Midland Naturalist* 150: 246-253.
- Kondoh M (2003) Habitat fragmentation resulting in overgrazing by herbivores. *Journal of Theoretical Biology* 225: 453-460.

- Lambin E, BL Turner, H Geist, S Agbola, A Algensen, J Bruce, O Coomes, R Dirzo, G Fischer, C Folke, P George, K Homewood, J Imbernon, R Leemans, X Li, E Moran, M Mortimore, P Ramakrishnan, J Richards, H Snakes, W Steffen, G Stone, U Svedin, T Veldkamp, C Vogel & J Xu (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- Laurance WF, LV Ferreira, J de Merona, SG Laurance & JM Rankin (1998) Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology* 79: 2032-2040.
- Laurance WF, T Lovejoy, HL Vasconcelos, E Bruna, R Didham, P Stouffer, C Gascon, R Bierregaard, SG Lawrence & E Sampaio (2001) Ecosystem decay of Amazonian Forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16: 605-618.
- Llavallo C & Cellini J (2005) Modificación de la biodiversidad en ambientes impactados de Puerto Bonito. En: II Convención Ambiental Universitaria Patagónica. Buenos Aires, Argentina. [online] <http://www2.uca.edu.ar/esp/sec-pigpp/esp/docs-actividades/convencion1/02.pdf>.
- Lovejoy TE, RO Bierregaard, AB Rylands, JR Malcolm, CE Quintela, LH Harper, KS Brown, AH Powell, GV Powell, HO Schubart & MB Hays (1986) Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. En: ME Soule (Ed) *Conservation Biology: the science of scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, pp 257-285.
- Marquis RJ (1984) Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science* 226: 537-539.
- McGarigal K & WC McComb (1999) Forest fragmentation effects on breeding birds in the Oregon Coast Range. En: Rochelle JA, JA Lehman & J Wisniewski (Eds) *Forest fragmentation: wildlife and management implications*. Koninklijke Brill NV, Leiden. The Netherlands, pp 223-246.
- Ministerio de Agricultura/CONAF (1999) Documento de trabajo N°314: Plan de Manejo Reserva Nacional Los Queules. CONAF, Santiago.
- Nason J & J Hamrick (1997) Reproductive and genetic consequences of forest fragmentation: Two case studies of neotropical canopy trees. *Journal of Heredity* 88: 264-276.
- Niemeyer H, RO Bustamante, J Simonetti, S Teillier, E Fuentes & J Mella J (Eds) (2002) *Historia Natural de la Reserva Nacional Río Clarillo: un espacio para Aprender Ecología*. Impresos Socias. Santiago, Chile, 313p.
- Puccio C (2004) Evaluación del efecto ecológico del fuego sobre la vegetación arbórea del Cerro Adencul, IX Región, Chile. Lineamientos para su restauración ecológica. Memoria de Título, Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Temuco.

- Repetto FR (2006) Respuestas foliares de *Aristotelia chilensis* a la fragmentación del bosque Maulino. Memoria de Título, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago.
- Riitters K, J Wickham, R O'Neill, B Jones & E Smith (2000) Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology* 4(2): 3 [online] www.consecol.org/vol4/iss2/art3.
- Rodríguez K & JA Simonetti (2001) Evaluación de la folivoría: Una comparación de dos métodos. *Ecología en Bolivia* 36: 65-69.
- San Martín J & C Donoso (1996) Estructura florística e impacto antrópico en el bosque Maulino de Chile. En: Armesto J, C Villagrán & M Arroyo (Eds). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago. Pp 153-168.
- Scheiner SM & J Gurevitch (eds) (2001) *Design and analysis of ecological experiments*. 2ª Ed. OXFORD University press, 415p.
- Schowalter TD & WW Hargrove (1986) Herbivory in forested ecosystems. *Annual Reviews of Entomology* 31: 177-196.
- Siegel S (1972) *Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta*. 2ª Ed. Editorial Trillas, 337p.
- Simonetti JA, AA Grez & RO Bustamante (2006) Interacciones y procesos en el bosque Maulino fragmentado. En: Grez AA, JA Simonetti & RO Bustamante (Eds). *Biodiversidad en ambientes fragmentados de Chile: patrones y procesos a diferentes escalas*. Editorial Universitaria, Santiago. Pp 99-114.
- Sipura M (1999) Tritrophic interactions: willows, herbivorous insects and insectivorous birds. *Oecologia* 121: 537-545.
- Stephenson AG (1980) Fruit set, herbivory, fruit reduction, and the fruiting strategy of *Catalpa speciosa* (Bignoniaceae). *Ecology* 61: 57-64.
- Vásquez PA, AA Grez, RO Bustamante & JA Simonetti (2007) Herbivory, foliar survival and shoot growth in fragmented populations of *Aristotelia chilensis*. *Oecologia* 31: 48-53.
- Vega M (2001) Efecto de la fragmentación del bosque Maulino sobre la herbivoría en plántulas de *Cryptocarya alba* (peumo). Memoria de Título, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago.
- Vergara P & J Simonetti (2004) Avian response to forest fragmentation in central Chile. *Oryx* 38: 1-6.
- Wiens D, C Calvin, C Wilson, C Davern, D Frank & S Seavey (1987) Reproductive success, spontaneous embryo abortion, and genetic load in flowering plants. *Oecologia* 71: 501-509.

Zar JH (1984) Biostatistical analysis. 3^a edición. Prentice-Hall, 662p.

ANEXO I: CANTIDAD DE FRUTOS E INFRUTESCENCIAS POR INDIVIDUO

	N° de individuos	N° de frutos (octubre)		N° de infrutescencias	
		Total	Promedio por individuo	Total	Promedio por individuo
Bosque continuo (interior)	14	339	24,2 ± 7,9	74	5,3 ± 1,7
Bosque continuo (borde)	6	574	95,7 ± 19,8	100	16,7 ± 4,2
Fragmentos	20	436	21,8 ± 6,3	87	4,4 ± 1,2

ANEXO II: ABUNDANCIA DE FRUTOS REMANENTES

	Nº de individuos	Nº total de frutos	Nº total de frutos removidos	% de frutos removidos	Nº total de frutos remanentes	% de frutos remanentes
Bosque continuo (interior)	14	339	242	71,4	97	28,6
Bosque continuo (borde)	6	574	360	63,0	214	37,0
Fragmentos	20	436	192	44,0	244	56,0
Total	40	1349	794	59,0	555	41,0