

UCH-FC  
MAG-B  
D5422X  
C.L

ÉXITO REPRODUCTIVO DEL COLILARGA (*Sylviorthorhynchus desmursii*,  
FURNARIIDAE) EN BOSQUES FRAGMENTADOS DE LA ISLA GRANDE DE  
CHILOÉ, CHILE.

Tesis

Entregada a la

Universidad de Chile

en cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al grado de

Magister en Ciencias Biológicas con mención en Ecología

Facultad de Ciencias

por

Iván Andrés Díaz Romero

Agosto, 1999.

Director de Tesis: Dr. Juan J. Armesto Zamudio

FACULTAD DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE CHILE

INFORME DE APROBACION

TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ciencias que la Tesis de Magister presentada por el candidato

IVAN ANDRES DIAZ ROMERO

Ha sido aprobada por la Comisión de Evaluación de la Tesis como requisito para optar al grado de Magister en Ciencias Biológicas con mención en Ecología, en examen de Defensa de Tesis rendido el día 23 de Junio de 1999.

Director de Tesis

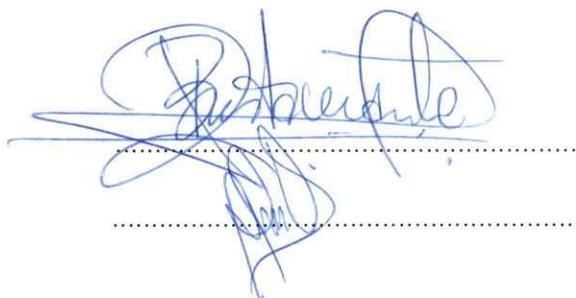
Dr. Juan J. Armesto Zamudio



Comisión de Evaluación de la Tesis

Dr. Ramiro O. Bustamante

MCs. Audrey Grez



Dedicada a todos los amigos naturalistas de corazón

*Dedicada a Marcela*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a los Juan J. Armesto, Katie Sieving y Mary F. Willson por la asesoría y el apoyo brindado en este trabajo; a Mauricio Canals por sus consejos para realizar los análisis estadísticos. También agradezco a Ramiro Bustamante y a Audrey Grez por sus consejos y por sus numerosas y constantes correcciones al manuscrito, a Peter Feisinger y Juan Carlos Torres-Mura por sus cartas de apoyo, a Joan Morrison y Jim Sanderson, a Steven McGehee, John Arnett, Michael Bruscia, Laura Phillips, Libby McDonnel, Erica Arizmendi, María Soto y a todos los propietarios de los terrenos donde se realizó el estudio por su ayuda en terreno, y Javier Figueroa, Sergio Castro, Luis Cavieres†, Mauricio Soto, Roberto Nespolo, Leonora Rojas, Fabiola Cortés, Eric Rivera, Claudia Papic, Fernanda Pérez y Antonio Maldonado por su constante ánimo y apoyo. Agradezco especialmente a mis padres por todo su amor e incondicional y desinteresado apoyo que siempre me han brindado. Finalmente agradezco a Marcela Serrano por su constante apoyo y por soportar todas mis locuras y los meses de ausencia de su lado. Este trabajo fue financiado por American Bird Conservancy, William Belton Grants Program, proyecto PMAY00797, por un aporte del Departamento de Postgrado y Postítulo, Universidad de Chile, beca PG/027/97, y en su etapa de redacción final fue financiado por el Fondo de la Beca Cátedra Presidencial en Ciencias, Dr. Juan J. Armesto, Universidad de Chile. Esta es una contribución del programa de investigaciones ecológicas de la Estación Biológica "Senda Darwin", Ancud, Chiloé.

## INDICE DE MATERIAS

	Página
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
LISTA DE FOTOS.....	vi
LISTA DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION.....	1
HIPOTESIS.....	10
OBJETIVOS.....	11
METODOS.....	12
Area de estudio.....	12
Selección de los fragmentos de bosque .....	14
Tamaño de los fragmentos de bosque.....	15
Determinación de los hábitats usados por <i>S. desmursii</i> .....	16
Caracterización del hábitat de <i>S. desmursii</i> .....	17
Determinación de corredores y barreras para el movimiento de <i>S. desmursii</i> .....	18
Conectividad de los fragmentos.....	19
Éxito reproductivo.....	19
Depredación de nidos artificiales.....	21
Éxito reproductivo en el interior y en los bordes de los fragmentos.....	24

Análisis de Datos. ....	24
a) Efecto del tamaño de fragmento y la conectividad sobre el éxito reproductivo. ....	25
b) Depredación de nidos artificiales. ....	25
c) Éxito reproductivo en bordes vs interior de bosques. ....	26
<b>RESULTADOS. ....</b>	<b>26</b>
Caracterización del hábitat de <i>S. desmursii</i> . ....	26
a) Estructura de la vegetación. ....	26
b) Composición florística. ....	27
Determinación de Corredores de hábitat. ....	35
Fragmentos conectados y fragmentos aislados ....	36
Exito reproductivo. ....	38
Conducta territorial. ....	34
Efectos del Tamaño del fragmento sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> . . .	38
Efectos de la Conectividad sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> . ....	38
Efecto del borde sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> . ....	42
a) Depredación de nidos artificiales. ....	42
b) Éxito reproductivo en borde vs interior de Bosque. ....	42
<b>DISCUSION. ....</b>	<b>45</b>
I. Efecto del tamaño del fragmento sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> . .	45
a) Abundancia de alimento disponible. ....	45
b) Tamaño de la población. ....	47

II. Efecto de la Conectividad sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> .....	47
<i>Otros efectos asociados a la conectividad</i> .....	49
III. Efecto del borde sobre el éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> .....	49
a) Depredación de nidos artificiales.....	49
b) Éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> en bordes vs interior de bosque... ..	51
IV. Características particulares de los hábitats usados por <i>S. desmursii</i> .....	52
Efecto del hábitat sobre el Éxito Reproductivo de <i>S. desmursii</i> .....	53
VI. Consecuencias para la conservación de <i>S. desmursii</i> .....	54
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	56
<b>ANEXO 1</b> .....	63
<b>ANEXO 2</b> .....	64

LISTA DE TABLAS

TABLA N°	LEYENDA	PÁGINA
Tabla 1	Fragmentos de bosque utilizados en el presente trabajo, agrupados en tres categorías de tamaño. Se indica el número de territorios estudiados por fragmento, área de los fragmentos de bosque utilizados, y la densidad de territorios por fragmento. (**) indica que en el fragmento existían mas territorios que el total estudiado.	30
Tabla 2	Estructura vertical de la vegetación (RT) presente en los hábitats usados por <i>S. desmursii</i> en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados. Se indican los valores promedios de RT $\pm$ 1 error estándar para cada intervalo de un metro y para el total acumulado (suma de los tres intervalos). Además se indican los rangos de cobertura arbórea de los hábitats en cada fragmento.	31
Tabla 3	Características generales de los hábitats usados por <i>S. desmursii</i> en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados.	33
Tabla 4	Frecuencia (%) de las especies vegetales que componen el hábitat de <i>S. desmursii</i> en los territorios ubicados en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados (Promedio de los territorios por fragmento $\pm$ 1EE).	34
Tabla 5	Fragmentos conectados (1) y fragmentos aislados (0) utilizados en el presente trabajo, junto a las características de los corredores de cada fragmento.	37
Tabla 6	Probabilidad de éxito reproductivo (ER) de <i>S. desmursii</i> para cada uno de los fragmentos estudiados. $P(ER) = P(\text{formación de parejas}) \times P(\text{producir crías})$ .	39
Tabla 7	Resultados del Análisis de Regresión Lineal usando procedimientos paso a paso (forward stepwise), con la variable categórica Conectividad introducida como una variable Dummy (Zar 1996). Los resultados del modelo general presentan un $R^2 = 0,378$ y se utilizó un alfa = 0,1 para ingresar y remover las variables del modelo. (**) indica diferencias significativas.	40
Tabla 8	Porcentaje de nidos depredados en ambientes de borde y en ambientes de interior de bosque, donde se considera sólo la depredación sobre los huevos de plasticina.	43
Tabla 9	Porcentaje de nidos depredados en ambientes de borde y en ambientes de interior de bosque, donde se considera sólo la depredación sobre los huevos de Codorniz.	43
Tabla 10	Éxito reproductivo de <i>S. desmursii</i> en ambientes de interior y borde de bosque	44

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°	LEYENDA	PAGINA
<b>Figura 1</b>	Distribución de los bosques templados de Chile (en negro), donde se destaca la ubicación de la Estación Biológica "Senda Darwin", al norte de la Isla de Chiloé.	13
<b>Figura 2</b>	Porcentaje de éxito reproductivo $\pm$ 1 error estándar en fragmentos pequeños y medianos (<15 ha) aislados versus fragmentos pequeños y medianos conectados y fragmentos grandes (>100 ha). El éxito reproductivo presenta diferencias significativas (ANOVA $gl= 2$ , $F= 9,92$ $P= 0,013$ ). Fragmentos <15 ha conectados y fragmentos >100 ha no presentaron diferencias significativas (Bonferroni post hoc test $P= 1,00$ ), pero ambos grupos son significativamente distintos que fragmentos <15 ha aislados (Bonferroni post hoc test $P<0,039$ ).	41

## LISTA DE FOTOS

FOTO N°	LEYENDA	PAGINA
Foto 1	Paisaje actual de la zona norte de la isla de Chiloé, donde se observa un mosaico de bosques fragmentados inmersos en una matriz compuesta por praderas y campos agrícolas (Foto: Juan J. Armesto).	6
Foto 2	Ejemplar adulto de <i>Sylviorthorhynchus desmursii</i> (Foto: Cecilia Smith-Ramírez).	9
Foto 3	Huevo de <i>S. desmursii</i> (Foto: Iván Díaz).	22
Foto 4	Nido artificial (izquierda) junto a un nido real (derecha) de <i>S. desmursii</i> . Se muestra la réplica del huevo de <i>S. desmursii</i> hecha de plasticina, junto a un huevo de Codorniz ( <i>Callipepla californica</i> ). Ambos fueron colocados dentro de los nidos artificiales (Foto: Iván Díaz).	23
Foto 5	Claro de bosque cubierto por <i>Chusquea quila</i> . Hábitat usado por <i>S. desmursii</i> (Foto: Iván Díaz).	28
Foto 6	Matorrales en campos abandonados habitados por <i>S. desmursii</i> . Esta ave se mueve entre las ramas de <i>Baccharis sp.</i> (Foto: Iván Díaz).	29

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO N°	LEYENDA	PAGINA
Anexo 1	Estructura vertical de la vegetación y porcentaje de cobertura arbórea de cada uno de los territorios estudiados en los fragmentos de bosque en Chiloé. Se indican los resultados para cada intervalo de un metro, y para la columna completa de tres metros (Total acumulado).	63
Anexo 2	Relación entre la estructura vertical de la vegetación de los hábitats usados por <i>S. desmursii</i> y su Éxito Reproductivo (ER). Se comparó el valor de RT para cada intervalo de un metro sobre el nivel del suelo, el valor RT acumulado y el % de cobertura arbórea para sitios con y sin ER usando ANOVA de una vía. (**) indica diferencias significativas.	64

## RESUMEN

La fragmentación antropogénica de los bosques es el proceso de transformación de un paisaje de bosque continuo a un paisaje formado por un conjunto de fragmentos remanentes del bosque original, inmersos en una matriz formada por praderas, campos de cultivo, caminos y casas. Las especies silvestres restringidas a los hábitats de bosque, como algunas aves del sotobosque, han sido afectadas por este proceso, que actualmente constituye una de las mayores amenazas a la conservación de la diversidad biológica a nivel global.

El éxito reproductivo de las aves restringidas a los fragmentos de bosque disminuiría, ya que dependiendo del tamaño del fragmento y su grado de aislamiento, los fragmentos podrían albergar pocos individuos que tendrían menor probabilidad de encontrar parejas y reproducirse. Además, en los bosques fragmentados aumenta la proporción de hábitat de bordes con respecto a la proporción de hábitat de interior de bosque en comparación a grandes bosques continuos. Lo anterior se traduciría en un aumento en la depredación de huevos o polluelos en los bordes de los fragmentos, producto de un mayor impacto de depredadores provenientes de la matriz.

Una forma de mitigar los efectos negativos del aislamiento y del tamaño del fragmento sobre el éxito reproductivo de las aves sería mediante la mantención o establecimiento de corredores de hábitat que permitan el flujo de individuos entre fragmentos. Estos corredores corresponden a elementos lineales del paisaje, como la vegetación presente a lo largo de cercos vivos o cursos de agua que conectan dos fragmentos de bosque, facilitando el movimiento de los individuos. Sin embargo,

existen pocas evidencias empíricas respecto a la utilidad de los corredores en ambientes fragmentados.

En Chile, los bosques templados han sido talados para obtener leña, madera, para habilitar campos agrícolas, praderas de pastoreo, para producir astillas, o han sido sustituidos por plantaciones de pinos y eucaliptos. Como resultado, la superficie cubierta por bosques nativos ha disminuido a menos de un tercio de la superficie original durante los últimos dos siglos y los bosques remanentes se encuentran altamente fragmentados. En estos hábitats de bosque habitan más de 60 especies de aves. *Sylviorthorhynchus desmursii* (Furnariidae) es una pequeña ave que establece territorios y anida en el sotobosque de los bosques templados del sur de Chile y suroeste de Argentina, entre los 33 y 55° S. Existen antecedentes que indican que en la Isla de Chiloé (42°S, 70° W) esta especie sería afectada por el proceso de fragmentación de los bosques, ya que estaría ausente de fragmentos <1 ha, y tanto praderas como campos de cultivo representarían barreras para su dispersión entre hábitats.

En esta tesis analicé el éxito reproductivo de *S. desmursii* en paisajes de bosques fragmentados de la Isla de Chiloé. Particularmente, examiné los efectos del tamaño de los fragmentos, la presencia o ausencia de corredores de hábitat entre fragmentos, y el efecto del borde sobre el éxito reproductivo de estas aves.

El estudio se realizó en el sector norte de la Isla de Chiloé, entre octubre de 1997 y febrero de 1998. Seleccioné cinco fragmentos pequeños (~1 ha), dos fragmentos medianos (~15 ha) y dos fragmentos grandes (>100 ha) habitados por ejemplares de *S. desmursii*. En ellos determiné el tamaño de sus territorios, la composición florística y las características estructurales de la vegetación usada como hábitat de alimentación y

nidificación, identifiqué los ambientes que podían constituir barreras para su dispersión y los ambientes que pueden ser considerados como corredores entre fragmentos de bosque. Con esta información distinguí los fragmentos que se encontraban aislados de los que se encontraban conectados con otros por corredores de hábitat. Para determinar diferencias en la depredación de nidos entre borde e interior de bosque, coloqué nidos artificiales de *S. desmursii* conteniendo huevos de codorniz y plasticina en ambos ambientes. Mediante observaciones de campo determiné si los territorios de *S. desmursii* se encontraban ocupados por individuos solteros o por parejas, y si las parejas se reprodujeron exitosamente. Luego, relacioné el éxito reproductivo de *S. desmursii* con el tamaño del fragmento de bosque y con la presencia o ausencia de corredores de hábitats entre fragmentos. También comparé el éxito reproductivo de parejas cuyos territorios de ubicaban en los bordes de fragmentos versus interior de los bosques.

Los resultados indicaron que *S. desmursii* habitaba en zonas con sotobosque denso, con abundante ramaje en los dos primeros metros sobre el nivel del suelo, y con una cobertura arbórea <50%. En bosques maduros, *S. desmursii* establecía territorios en los claros del dosel cubiertos por sotobosque de *Chusquea quila*; en renovales bajos y en matorrales, *S. desmursii* estableció territorios en matorrales de *Baccharis sp.*, *Berberis darwinii* y *B. buxifolia*.

Se observaron durante el transcurso del estudio (octubre 1997 a febrero 1998), 15 individuos machos solteros y 13 parejas. Todas las parejas con territorios se reprodujeron, por lo que la formación de parejas fue determinante del éxito reproductivo. No se encontró una relación estadísticamente significativa entre el tamaño del fragmento ocupado por las parejas y el éxito reproductivo. En cambio, el éxito

reproductivo de las aves se correlacionó con la presencia de corredores con vegetación baja que conectaban fragmentos de hábitat. Así, en fragmentos <15 ha conectados con otros fragmentos mediante corredores, hubo igual proporción de parejas reproductivas que en fragmentos >100 ha. En fragmentos <15 ha aislados hubo mayor proporción de machos solteros que parejas. Los resultados muestran que tanto el éxito reproductivo de las parejas como la depredación de nidos artificiales no difirió entre los bordes y el interior de los bosques.

En conclusión, el tamaño de los fragmentos y el efecto borde no están relacionados con las diferencias en éxito reproductivo de las aves. En cambio, habría un importante efecto de la presencia y ausencia de corredores de hábitat entre fragmentos sobre la formación de parejas. Los corredores aumentarían la probabilidad de formación de parejas. En el área de estudio predominan en el paisaje los fragmentos de bosque <15 ha con sotobosque denso, renovales, y matorrales bajos a lo largo de cercos vivos y cursos de agua. La mantención de corredores de hábitat entre fragmentos haría posible que las poblaciones de *S. desmursii* utilizaran este paisaje como un hábitat continuo, sin afectar su éxito reproductivo en el largo plazo.

## ABSTRACT

Landscape share changed from continuous forests to a mosaic of forest fragments dispersed in a matrix of farms, pastures, roads, and buildings. Animal species restricted to forest habitats, such as understory birds, have been severely affected by forest fragmentation and habitat loss. Presently, both processes are a major threat to biological diversity at global scale.

In forest birds, reproductive success would be reduced in small and isolated forest fragments. In addition, the proportion of forest edges with pastures or open areas increases with forest fragmentation, leading to increased predation risk for eggs and juveniles.

Habitat corridors between forest fragments can reduce the negative effects of forest fragmentation on the reproductive success of birds. Habitat corridors are defined as linear elements in the landscape, that allow the movement of organisms between separated forest fragments. However, field evidence supporting the role of habitat corridors is scarce.

In Chile, temperate forests (35°- 56°S) have been exploited reduced to one third of its original extent in the past two centuries, and remaining forests are strongly fragmented.

*Sylviorthorhynchus desmursii* (Furnariidae) is a tiny understory bird that establishes territories in primary and secondary forests of southern Chile and southwestern Argentina. In Chiloé Island (42°S, 70° W) *S. desmursii* is absent from

forest fragments <1ha in size and open areas such as pastures, act as barriers for its dispersion.

In this thesis, I study the effect of forest fragmentation on the reproductive success of *S. desmursii*, measured as the probability of finding mates and breeding in forest fragments in Chiloé Island, Southern Chile. Specifically, I studied the dependence of reproductive success on forest fragment size, the presence or absence of habitat corridors, and nest predation along edges.

The study was conducted between October 1997 and February 1998. I selected five small fragments (~1 ha), two medium fragments (~15 ha) and two large patches (>100 ha) where *S. desmursii* established territories. I characterized the floristic composition and vegetation structure of the habitats where birds established territories and the habitat corridors used by *S. desmursii*. I also identified barriers for bird movements between forest patches. Based on this information, I distinguished connected or isolated forest fragments. I estimated the rate of predation on eggs in artificial nests placed in forest edges and forest interior. Reproductive success of *S. desmursii* was determined by counting territories occupied by single males or by breeding pairs. Later, I related the presence of breeding pairs of *S. desmursii* to the size of forest fragment and to the presence or absence of habitat corridors between forest fragments. I also compared reproductive success between birds holding territories in edge versus forest interior.

Results indicate of that *S. desmursii* established territories in sites with dense understory vegetation specially in the two first meters above the ground, and <50% canopy cover. *S. desmursii* established territories in the dense understory under canopy

gaps in primary and secondary forests, and in dense shrublands composed by *Baccharis sp.* and *Berberis sp.* All individuals of *S. desmursii* who found mates, were able to reproduce, therefore reproductive success depends directly on the probability of finding mates. There was no relation between forest fragment size and breeding success of *S. desmursii*. In contrast, I found a strong positive association between the probability of finding mates and the presence of habitat corridors between fragments. In small and medium size fragments connected by corridors with other forest fragments, mating success was similar to that in large fragments. The proportion of single males was greater in isolated forest fragments. Mating and breeding success were not affected by nest predation and did not differ between edges and forest interior.

In conclusion, forest fragment size and edge effects were not related to either mating and breeding success in *S. desmursii*. The presence of habitat corridors increased the probability of finding mates because of higher probability of bird movements between fragments. Many forest fragment sizes in northern Chiloé are 15 ha, have a dense understory and are often surrounded by shrublands where *S. desmursii* can establish territories. Habitat corridors would make possible for this bird species to use this landscape as a continuous habitat and thus maintain their mating and breeding success in this anthropogenically fragmented landscape.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques albergan una proporción importante de la biodiversidad de aves del mundo (Gill 1995). Durante el presente siglo, tanto en regiones templadas como tropicales, las superficies cubiertas por bosques continuos han disminuido drásticamente, producto de la deforestación y la conversión de los terrenos en campos agrícolas, praderas, y en residencias para la creciente población humana. Como consecuencia de este proceso, muchas de las especies de plantas y animales restringidas a ambientes de bosque están siendo afectadas por la creciente pérdida y fragmentación de sus hábitats (Burgess & Sharpe 1981, Wilson 1988, Lovejoy et al. 1986, Harris 1984, Vitousek et al. 1997).

La fragmentación de hábitats ha sido definida como el proceso por el cual una gran extensión de un hábitat continuo es transformada en un conjunto de fragmentos inmersos en un ambiente distinto al original denominado matriz (Wilcove et al. 1986). La pérdida de hábitats y la fragmentación son producto del cambio en el uso del suelo por parte del hombre, y constituyen una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad a nivel global (Wilson 1988, Vitousek et al. 1997).

Los estudios publicados sobre las consecuencias de la fragmentación de hábitats han documentado tres efectos de este proceso que podrían afectar la viabilidad de las poblaciones de aves en paisajes alterados por el impacto humano:

a) Tamaño del fragmento:

El primer efecto corresponde a la reducción de la superficie de hábitat disponible, dejando fragmentos de distintos tamaños, algunos de los cuales no pueden albergar poblaciones lo suficientemente grandes de aves como para ser viables en el tiempo. Numerosos estudios han documentado que existe una relación entre la riqueza de especies y el tamaño de los fragmentos de hábitat remanentes (referencias en Simberloff 1988, MacArthur & Wilson 1967, Lovejoy et al. 1986, Tilman et al. 1994, Van Dorp and Opdam 1987, Willson et al. 1994).

b) Aislamiento:

Los fragmentos pueden quedar aislados por una matriz hostil que impide o limita el flujo de individuos desde y hacia otros fragmentos de hábitat (Lovejoy et al. 1986, Wilcove et al. 1986, Haila & Hanski 1984, Saunders et al 1991, Simberloff 1988, Bowers et al. 1996). En un paisaje fragmentado los individuos aislados al interior de los fragmentos estarían sujetos a una mayor probabilidad de extinción, debido a estocasticidad ambiental (Stacey & Tarper 1992), a eventos catastróficos repentinos que eliminen parte o todo el fragmento de hábitat (ej. incendios), a períodos de escasez de recursos (Pickett & Thompson 1978), a problemas genéticos asociados al bajo número de individuos, tales como la endogamia (Harris 1984, Gilpin & Soulé 1986, Simberloff 1988, Lande 1988), y a estocasticidad demográfica dentro de los fragmentos (ver referencias en Simberloff 1988, Lande 1988, Simberloff et al. 1992).

c) Efecto borde:

Los fragmentos remanentes presentan una mayor proporción de bordes de bosque con praderas y campos agrícolas con respecto a la proporción de hábitats de interior de bosque (Lovejoy et al. 1986, Simberloff 1988, Saunders et al. 1991, Murcia 1995). En los bordes de los fragmentos ocurren importantes cambios fisionómicos y microclimáticos con respecto al interior de los bosques, los cuales tienen un efecto en las comunidades de organismos que habitan los fragmentos (ver Wilcove et al. 1986, Saunders et al. 1991, Chen et al. 1992, Murcia 1995, Bustamante y Grez 1995, Fagan et al. 1999). Por los bordes pueden acceder a los fragmentos de bosques tanto especies propias de praderas, como también especies exóticas (Brothers & Spingarn 1991, Fagan et al. 1999). En el caso de las aves, la mayor proporción de bordes está frecuentemente asociada a un aumento en el número y actividad de los depredadores de huevos y polluelos (Wilcove 1985, Wilcove et al. 1986, Saunders et al. 1991). Varios estudios documentan que los nidos localizados en los bordes de los fragmentos de bosques son más susceptibles a depredación que los nidos ubicados en el interior de los fragmentos (Gates & Gysel 1978, Wilcove 1985, Wilcove et al. 1986, Andrén & Angelstam 1988, Small & Hunter 1988, Sieving 1992, Askins 1995, Robinson et al. 1995). En algunos casos, la depredación de nidos puede ser suficientemente intensa como para poner en peligro a los grupos de individuos presentes en los fragmentos pequeños, con hábitat de interior muy reducido (Terborgh 1974, Karr 1982, Wilcove et al. 1986, Sieving 1992, Robinson et al. 1995).

Los efectos de la fragmentación de hábitats afectan principalmente al éxito reproductivo de las aves. El éxito reproductivo de las aves es función de la probabilidad

de que los individuos solteros encuentren parejas, y de la probabilidad de las parejas nidifiquen y produzcan un número adecuado de descendientes viables. Así, los individuos restringidos a fragmentos aislados y de tamaño pequeño presentarían una menor probabilidad de encontrar parejas, de obtener recursos suficientes para reproducirse, y sus descendientes podrían no ser viables producto de una menor variabilidad genética y endogamia. El "efecto borde" afecta directamente la etapa de nidificación y el tamaño de la camada, eliminando a los descendientes en el momento en que ellos son más vulnerables pues no pueden huir de sus depredadores.

Una forma de mitigar los efectos negativos del tamaño del fragmento y del aislamiento sobre el éxito reproductivo de organismos en hábitats fragmentados sería aumentar la conectividad del paisaje, definiendo conectividad como el grado con el cual la matriz antropogénica que rodea los fragmentos facilita o restringe el movimiento de individuos entre fragmentos de hábitat (Taylor et al. 1993). En el caso de las aves de bosque, la conectividad aumentaría la viabilidad de la población (Opdam 1991), ya que al mantenerse los fragmentos interconectados aumentaría la probabilidad de movimiento de individuos entre los fragmentos, y por lo tanto, la probabilidad de formación de parejas (Opdam 1991). Una forma de aumentar la conectividad entre fragmentos de bosque consiste en establecer "corredores de hábitat", los que han sido definidos como un elemento lineal del paisaje, que puede ser utilizado como vía de tránsito entre dos fragmentos por una especie de interés, aunque el corredor no necesariamente sería usado para nidificar y reproducirse (Rosenberg et al. 1997). Los corredores podrían aumentar el flujo de individuos entre los fragmentos, aumentando así el éxito reproductivo de las aves en un paisaje fragmentado.

Sin embargo, aún existe discusión con respecto al significado operativo del concepto de corredor y su utilidad práctica (Rosenberg et al. 1997). Si bien existen abundantes aproximaciones teóricas publicadas acerca de los efectos de corredores y fragmentación de hábitats (ej: Fahrig & Merriam 1985, Fahrig & Paloheimo 1988, Andrén 1994), la situación es incierta debido a que aún existen pocos estudios que proporcionen evidencias empíricas sobre la efectividad de los corredores de hábitat en paisajes fragmentados para especies con problemas de conservación (Simberloff et al. 1992, Rosenberg et al. 1997, Haddad 1999a, 1999b).

En Chile, el área cubierta por bosques templados se extiende entre los 35 y los 55° S (Armesto et al. 1996). Estos bosques dominados por especies siempreverdes son el hábitat principal de más de 60 especies de aves, con un 22% de endemismo (Rozzi et al. 1996). En los últimos dos siglos los bosques templados en Chile han disminuido probablemente a menos de un tercio de su superficie original (Armesto et al. 1994). En la región de los bosques templados se encuentra la Isla Grande de Chiloé (42°S, 70°W), la cual estuvo cubierta de bosques en toda su extensión en tiempos históricos (Darwin 1860). Sin embargo, actualmente estos bosques están siendo intensamente fragmentados, producto de la tala de árboles para obtención de leña, madera de construcción, astillas, y el desmonte de terrenos para habilitar campos agrícolas y de pastoreo (Lara et al. 1996; Willson & Armesto 1996). Las actividades humanas han generado un mosaico de fragmentos de bosques de distintos tamaños rodeados por praderas y campos agrícolas, ocasionalmente conectados entre sí mediante franjas de vegetación de bosque degradado, ubicadas en barrancos, a lo largo de cercos vivos y siguiendo los cursos de agua (Willson & Armesto 1996) (Foto 1).



**Foto 1:** Paisaje actual de la zona norte de la isla de Chiloé, donde se observa un mosaico de bosques fragmentados inmersos en una matriz compuesta por praderas y campos agrícolas (Foto: Juan J. Armesto).

En este escenario de bosques fragmentados en paisajes sujetos a intensa actividad humana, Willson et al. (1994) han mostrado que el tamaño del fragmento de bosque afecta la diversidad de especies de aves. La riqueza de especies se reduce significativamente, desde aproximadamente 23 especies en fragmentos "grandes" (> 10 ha) hasta 11 especies en fragmentos "pequeños" (< 1 ha). Una de las especies de aves más sensibles a la fragmentación del bosque es *Sylviorthorhynchus desmursii* (o Colilarga) (Willson et al. 1994), una pequeña ave de la familia Furnariidae, insectívora, endémica de los bosques templados del sur de Chile y suroeste de Argentina (Araya & Millie 1989, Goodall et al. 1946, Vuilleumier 1985) (Foto 2). *S. desmursii* es una especie territorial, residente permanente de los bosques templados, donde se encuentra restringida al sotobosque. Según Willson et al. (1994), *S. desmursii* estaría ausente en fragmentos de bosque menores de 1 ha en el sector norte de la Isla de Chiloé. Por otra parte, Sieving et al. (1996) han mostrado que *S. desmursii* no abandona los fragmentos de bosque hacia praderas y campos agrícolas, a pesar de ser estimulados a moverse mediante la reproducción de grabaciones de su canto territorial. En consecuencia, Sieving et al. (1996) concluyen que praderas y campos de cultivo actuarían como barreras para la dispersión de *S. desmursii* entre fragmentos de bosque.

En el caso de *S. desmursii* de los bosques de Chiloé, no se conocen con precisión sus requerimientos de hábitat específicos, y como el éxito reproductivo de estas aves es afectado por la fragmentación de sus hábitats y el aumento de los ambientes de borde.

En los bosques de Chiloé existen valiosos antecedentes generales sobre la diversidad de aves en bosques fragmentados entregados por Willson et al. (1994), y

sobre los ambientes de praderas y campos de cultivo como barreras para la dispersión de aves del suelo y del sotobosque, realizados por Sieving et al. (1996).

En esta tesis, analizaré el éxito reproductivo de *Sylviorhynchus desmursii* en el mosaico de bosques fragmentados y campos agrícolas de la Isla Grande de Chiloé. En particular investigaré cómo el tamaño de los fragmentos de bosque y la presencia de corredores de hábitats entre fragmentos de bosque afecta al éxito reproductivo de esta especie, respondiendo las preguntas ¿Cuáles son las características de los hábitats ocupados por esta especie para establecer territorios? ¿Existen posibles “corredores” de hábitat para esta especie entre fragmentos de bosque? y si existen, entonces ¿Cuáles serían sus características?. A través de los requerimientos de hábitat de esta especie estableceré la posible conectividad entre los fragmentos; es decir, es el uso del hábitat por *S. desmursii* el que debe especificar los posibles “corredores”. También investigaré cómo el éxito reproductivo de estas aves es afectado por el efecto de borde, comparando el éxito reproductivo y la depredación de nidos artificiales en los bordes vs. el interior de los bosques.

Conocer los efectos de la fragmentación del hábitat sobre el éxito reproductivo de una especie como *S. desmursii* es el primer paso para determinar su estado de conservación y sus expectativas de sobrevivencia en el paisaje actual de Chiloé y otras zonas del sur de Chile. Además, esta información podrá utilizarse en educar a los propietarios y planificar formas de manejo de los fragmentos de bosques en predios privados de la Isla de Chiloé, y mejorar así las expectativas de sobrevivencia y reproducción de esta especie en paisajes sometidos a usos agroforestales. En esta tesis se contribuye con información relevante a estos temas.



**Foto 2:** Ejemplar adulto de *Sylviorthorhynchus desmursii* (Foto: Cecilia Smith-Ramírez).

### Hipótesis de Trabajo:

#### Tamaño del fragmento:

1) Los individuos de *S. desmursii* presentarían un mayor porcentaje de éxito reproductivo en fragmentos grandes que en fragmentos pequeños.

#### Conectividad del fragmento:

2) En fragmentos conectados por corredores de hábitat utilizables por *S. desmursii*, el porcentaje de éxito reproductivo de las parejas sería mayor que en fragmentos aislados por praderas y campos agrícolas.

#### Efecto borde:

3) Si la probabilidad de depredación de nidos de aves aumenta en los bordes de los bosques con respecto al interior de bosque, entonces para el caso específico de *S. desmursii* se puede esperar:

a) Un mayor porcentaje de “depredación” de nidos artificiales en los bordes de los fragmentos de bosque en comparación al interior de los fragmentos de bosque.

b) Un menor éxito reproductivo en los territorios de parejas que incluyen bordes de bosque vs. territorios de parejas ubicados totalmente en el interior de bosques.

**Objetivo general:**

Estudiar los requerimientos de hábitat de *Sylviorthorhynchus desmursii*, y los efectos de la fragmentación del bosque de la Isla de Chiloé sobre su éxito reproductivo.

**Objetivos específicos:**

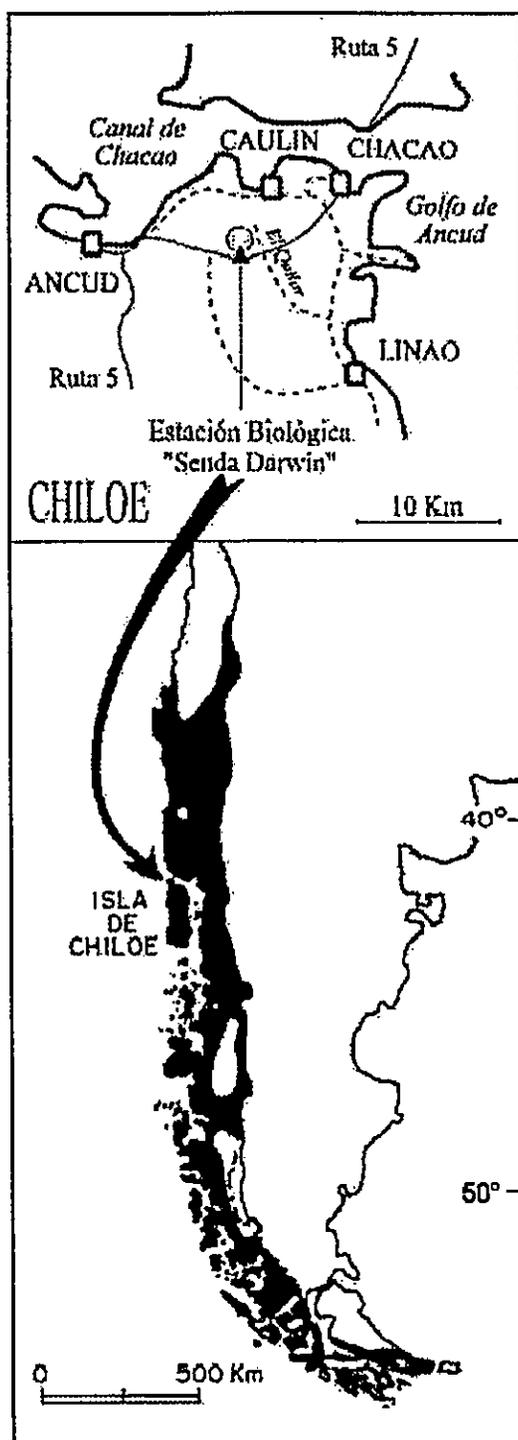
- 1) Caracterizar los hábitats usados por *S. desmursii* para establecer sus territorios.
- 2) Determinar si existen “corredores” entre fragmentos de bosque usados por *S. desmursii*, y determinar cuáles son sus características.
- 3) Analizar el efecto del tamaño del fragmento de bosque sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii*.
- 4) Analizar el efecto de la presencia o ausencia de corredores de hábitat entre fragmentos de bosque sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii*.
- 5) Comparar la depredación de nidos artificiales de *S. desmursii* entre hábitats de borde y hábitats de interior de los fragmentos de bosque.
- 6) Comparar el éxito reproductivo de *S. desmursii* entre territorios ubicados en los bordes vs. territorios ubicados en el interior de los bosques.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para poner a prueba las hipótesis planteadas en este estudio, fue necesario determinar las características de los hábitats usados por *S. desmursii* dentro de los fragmentos de bosque, para así determinar cuales ambientes pueden constituir corredores de hábitat, y cuales ambientes pueden ser barreras para su dispersión. Con esta información se determinó cuales fragmentos se encontraban conectados por corredores de hábitat. Paralelamente se determinó el éxito reproductivo de las aves en cada fragmento de bosque, y se realizaron experimentos de depredación de nidos artificiales. El trabajo en terreno se realizó diariamente, desde el amanecer hasta las 18:00 horas, entre octubre de 1997 y febrero de 1998, período que cubre un ciclo reproductivo completo de estas aves, desde el cortejo hasta la etapa en que las cría abandonan el nido.

### I. Area de estudio:

El estudio se realizó en los terrenos de la Estación Biológica "Senda Darwin", ubicada a 15 km al norte de la ciudad de Ancud en la Isla Grande de Chiloé (42° 30'S) (Fig. 1), y en fragmentos de bosques dentro de propiedades particulares distantes entre 5 y 30 km de la Estación Biológica. La vegetación original de la zona corresponde al bosque templado Valdiviano (Veblen et al. 1996) cuyo dosel arbóreo está compuesto principalmente por *Amomyrtus luma*, *Amomyrtus meli*, *Drimys winteri*, *Podocarpus nubigena* y *Laureliopsis philippiana*, encontrándose árboles emergentes de hasta 30 metros de *Nothofagus nitida* y *Eucryphia cordifolia* en los fragmentos menos explotados.



**Figura 1:** Distribución de los bosques templados de Chile (en negro), donde se destaca la ubicación de la Estación Biológica "Senda Darwin", al norte de la Isla de Chiloé.

El clima del área de estudio es de tipo templado húmedo con fuerte influencia oceánica (DiCatri & Hajek 1976). La temperatura media anual es de 11 °C y las precipitaciones alcanzan 2000 mm al año con un período mas seco durante Enero y Febrero (Di Castri & Hajek 1976). El sotobosque está dominado por *Chusquea quila*, *Tepualia stipularis* y mirtáceas.

El paisaje presenta un mosaico de fragmentos de bosque de distintos tamaños y distintos grados de perturbación humana, inmersos en una matriz de praderas, campos de cultivo, casas y caminos. Muchos bosques han estado sujetos a corta selectiva o quemas, desarrollándose un sotobosque denso compuesto por *Chusquea quila* y mirtáceas, con arbustos de *Baccharis sp.*, *Berberis darwinii* y *B. buxifolia* en los bordes de los fragmentos con praderas. Algunos terrenos deforestados han sido abandonados desarrollándose en ellos extensos matorrales de *Baccharis sp.* Existen grandes superficies cubiertas con renovales de *Amyrtus meli*, *A. luma*, *Gevuina avellana*, *Drimys winteri* y *Luma apiculata* menores a 6 metros de altura, mezclados con arbustos de *Berberis sp.* y *Raphitamnus spinosus* a lo largo de arroyos, cercos vivos y en los bordes de los caminos rurales.

#### Selección de fragmentos de bosque:

Dado el limitado conocimiento de los hábitats donde *S. desmursii* establece sus territorios, no fue posible determinar *a priori* un diseño experimental ideal que permitiera evaluar los efectos del tamaño, aislamiento y borde de los fragmentos simultáneamente, ya que no se encontró igual número de fragmentos aislados y fragmentos conectados, agrupados en distintas categorías de tamaños. Además, si se

desconoce el hábitat específico usado por *S. desmursii*, tanto fragmentos como corredores escogidos *a priori* podrían no ser reconocidos como hábitat por estos organismos.

Por estas razones, el estudio se inició localizando fragmentos de distinto tamaño habitados por ejemplares de *S. desmursii*, los cuales fueron observados dentro de los fragmentos tanto visual como auditivamente. Se seleccionaron dos fragmentos “grandes” (mayores de 100 ha), dos “medianos” (alrededor de 15 ha) y cinco “pequeños” (de alrededor de 1 ha). Todos los fragmentos se encontraban en áreas planas entre 0 y 80 m sobre el nivel del mar.

#### Tamaño de los fragmentos de bosque:

El tamaño de los fragmentos se determinó midiendo la superficie cubierta por bosques en base a en ortofotos IGM escala 1:20.000 obtenidas en 1993 y mapas de los sitios hechos mediante inspecciones visuales en terreno. Para esto se utilizaron micas cuadrículadas las que se colocaron sobre las ortofotos, y se contó el número de cuadrículas que ocupaba cada uno de los fragmentos. Dado que se conoce la escala de la ortofoto, se puede calcular la superficie de cada una de las cuadrículas, y con número total de cuadrículas que ocupa un fragmento de bosque se puede estimar la superficie del fragmento.

#### **Determinación de los hábitats usados por *S. desmursii*:**

Dentro de estos fragmentos los individuos de *S. desmursii* fueron estimulados a moverse mediante la reproducción de su canto territorial desde una grabadora portátil,

técnica conocida como “playback” (Marion et al. 1981). Por ser una ave territorial, *S. desmursii* responde al playback acercándose agresivamente a la fuente emisora, la que percibe como un intruso en su territorio (Marion et al. 1981, Sieving et al. 1996).

Se estimó el tamaño de los territorios de los ejemplares presentes realizando “playbacks” en al menos cuatro direcciones opuestas, ortogonales entre sí con respecto al sitio donde fue avistado cada ejemplar de *S. desmursii* por primera vez. Para ello se procedió a alejar gradualmente el parlante a medida que el ave se acercaba, hasta que las aves se detuvieran, lo que definió el límite de su territorio (Falls 1981, Sieving et al. 1996). Por lo general, los límites de los territorios corresponden a la zona que colinda con el territorio de otra ave o a un límite físico, como el borde entre el hábitat utilizado y un área inhóspita para el ave (Falls 1981). De este modo fue posible delimitar los territorios en el terreno y traspasar la información a un mapa de cada fragmento, dibujado a escala, en base a ortofotos IGM 1:20000 de la zona y en base a datos obtenidos en terreno. Se dibujaron mapas de cada fragmento a una escala particular para cada uno, que varía entre 1:1000 y 1:2000. En los fragmentos menores de 15 ha fue posible localizar todos territorios de *S. desmursii*, en los fragmentos mayores de 15 ha se delimitaron entre 3 y 5 territorios por fragmento. Determinar con certeza cuáles fueron los hábitats utilizados por *S. desmursii* y cuál fue el tamaño de sus territorios tomó gran parte del trabajo en terreno, específicamente entre mediados de Octubre de 1997 y mediados de Enero de 1998.

### Caracterización del hábitat de *S. desmursii*:

Se caracterizó cada uno de los territorios de *S. desmursii* mediante parámetros que describen la estratificación vertical de su vegetación, usando un método desarrollado por Sieving, Willson & DeSanto (manuscrito en prensa) para este propósito. Este método se escogió porque permite cuantificar la estructura vertical de la vegetación y la composición florística de los ambientes usados por estas aves, y para que los resultados de esta tesis fueran comparables con resultados obtenidos por estos autores para otras aves que habitan los fragmentos de bosques templados de Chiloé. En el interior de cada uno de los territorios de *S. desmursii* se trazó un transecto lineal de 50 m. Luego, cada un metro, se colocó verticalmente un tubo de PVC de 3 m de altura y 10 cm de diámetro, dividido en tres intervalos de un metro. En cada uno de estos puntos se contó el número de ramas que tocaban el tubo de PVC en el primer, segundo y tercer intervalo de un metro, anotando además las especies vegetales a las cuales pertenecían las ramas. La unidad de medida de la estructura vertical de la vegetación corresponde al resultado directo del muestreo expresado como "RT" (ramas x tubo = número de ramas que tocaban el tubo de PVC en cada intervalo de un metro) y "RT acumulado" (=suma de los datos de los tres intervalos de un metro).

Para estimar la frecuencia relativa de las especies de plantas presentes en los territorios se utilizó el mismo transecto, anotando las especies presentes cada un metro. La frecuencia se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\%i = \frac{\text{Especie } i \times 100}{\text{Total especies}}$$

donde la "Especie i" corresponde al número de puntos a lo largo del transecto donde la especie i estaba presente; "Total especies" corresponde al número de puntos en que el resto de las especies (especie i incluida) estaba presente en el transecto, y %i corresponde al porcentaje en que la especie "i" estaba representada en el transecto. También se registró la cobertura arbórea en cada punto a lo largo del transecto, clasificándola en uno de cinco intervalos de cobertura del dosel (0%, <25%, 25-50%, 50-75%, y >75%).

#### **Determinación de corredores y barreras para el movimiento de *S. desmursii*:**

Además de usar grabaciones del canto para determinar los ambientes por donde *S. desmursii* se desplaza dentro de su territorio y especificar sus dimensiones, se usó esta técnica para estimular a las aves a moverse hacia campo abierto, a lo largo de cercos vivos, o hacia matorrales compuestos por especies vegetales nativas e introducidas, así como también hacia bosques con distinta cobertura arbórea. De este modo se determinó cuáles eran las áreas por donde *S. desmursii* circulaba frecuentemente y fácilmente, y cuáles eran las áreas donde *S. desmursii* no incursionaba, y que se consideraron "barreras" al movimiento de individuos.

Se estimuló a cinco ejemplares de *S. desmursii* a atravesar la distancia entre dos hábitats separados por 5 a 15 metros de campo abierto, para determinar la capacidad de *S. desmursii* para volar entre dos hábitats separados por ambientes inhóspitos. También se observó discretamente a las aves en sus hábitats, para identificar las zonas por donde se desplazan cotidianamente.

**Conectividad de los fragmentos:**

Una vez conocidos los hábitats específicos usados por *S. desmursii*, es decir los ambientes donde se observó que los individuos de *S. desmursii* se desplazaban, anidaban o se alimentaban, y una vez estimada la distancia que *S. desmursii* podía atravesar en vuelo entre dos fragmentos de bosque separados por praderas, se procedió a identificar mediante inspecciones en terreno aquellos fragmentos de bosque que estaban conectados con otros fragmentos por corredores de vegetación utilizables por *S. desmursii*, y aquellos fragmentos de bosque que estaban aislados por barreras de ambiente inhóspito. En estas inspecciones se determinó si en estos otros fragmentos habitaban ejemplares de *S. desmursii*, y se caracterizaron los corredores. Se consideró dos situaciones para caracterizar cada fragmento: con corredores (conectividad = 1) y sin corredores o fragmentos aislados (conectividad = 0).

**Exito reproductivo:**

El Exito Reproductivo (ER) de las aves es el resultado de dos sucesos: primero es necesario que los machos solteros encuentren pareja (probabilidad de formación de parejas, o "mating success"), y segundo es necesario que la pareja logre anidar y producir un número adecuado de adultos viables (probabilidad de producir crías o "nesting success"). Por lo tanto, la probabilidad de ER puede expresarse como:

$$P(\text{ER}) = P(\text{formación de parejas}) \times P(\text{producir crías})$$

donde P representa una probabilidad (entre 0 y 1).

La probabilidad de formación de parejas para cada fragmento se estimó como:

$$P (\text{formación de parejas}) = \frac{\text{Número de territorios ocupados por parejas}}{\text{Número total de territorios}}$$

La probabilidad de producir crías para cada fragmento se calculó como:

$$P (\text{producir crías}) = \frac{\text{Número de parejas con crías}}{\text{Número total de parejas}}$$

Para determinar cuáles territorios estaban ocupados por parejas y cuáles territorios estaban ocupados por individuos solteros en cada uno de los fragmentos estudiados, se realizó un monitoreo continuo de los territorios de *S. desmursii* a lo largo de todo su período reproductivo (octubre a febrero). Los individuos solteros presentan un comportamiento territorial distinto del comportamiento de las parejas; siempre se observan solitarios y son menos agresivos. En el caso de las parejas, el macho y la hembra defienden juntos su territorio y generalmente se mueven y alimentan juntos, por lo cual se reconocen con facilidad.

Para determinar si las parejas de *S. desmursii* produjeron o no crías, se registró la aparición de ejemplares subadultos en cada territorio al final del período reproductivo. En esta etapa la progenie abandona el nido y se mueve dentro del territorio parental junto a sus progenitores; carecen de una mancha rufa en la frente típica de los adultos, y emiten sonidos característicos. Se utilizó este método debido a que fue logísticamente

imposible encontrar los nidos en cada territorio, y obtener el número de huevos puestos y el número de adultos obtenidos en cada camada. Para los análisis se consideró si la pareja produjo o no crías, independiente del número de crías obtenido (generalmente no es mayor a dos descendientes por pareja).

#### **Depredación de nidos artificiales:**

El nido de *S. desmursii* es una bola hecha de hojas y pequeñas ramas de unos 15-20 cm de diámetro con una entrada lateral (Foto 3). El nido se ubica frecuentemente dentro del ramaje denso de arbustos tales como *Baccharis sp.* y *Chusquea quila*, a una altura que varía entre 0,4 y 1,5 m sobre el nivel del suelo. Para estimar la probabilidad de depredación de nidos, se confeccionaron réplicas artificiales del nido de *S. desmursii*, usando fibras vegetales recolectadas *in situ* (Foto 3). Se confeccionaron 81 nidos artificiales, los que fueron distribuidos en 25 territorios localizados tanto en el "interior" (a más de 100 m del borde con praderas más cercano) como en el "borde" de los fragmentos (a menos de 10 m del borde con praderas, caminos o campos de cultivo). En cada uno de los territorios estudiados se colocaron entre 3 y 4 nidos artificiales, distanciados por >5 m. Dentro de cada nido artificial se colocó un huevo fresco de Codorniz (*Callipepla californica*, Phasianidae) y un huevo de plasticina del tamaño de un huevo de *S. desmursii* (Foto 3 y 4). Este último fue usado para obtener huellas de los posibles depredadores y así poder identificarlos. Los nidos artificiales fueron colocados durante 15 días consecutivos en Enero de 1998, época en que aún había ejemplares de *S. desmursii* nidificando en los sitios de estudio, y se revisaron cada 5 días, registrando el



**Foto 3:** Huevo de *S. desmursii* (Foto: Iván Díaz).



**Foto 4:** Nido artificial (izquierda) junto a un nido real (derecha) de *S. desmursii*. Se muestra la réplica del huevo de *S. desmursii* hecha de plasticina, junto a un huevo de Codorniz (*Callipepla californica*). Ambos fueron colocados dentro de los nidos artificiales (Foto: Iván Díaz).

número de huevos dañados o removidos cada nido y reponiéndolos. Todo huevo dañado o removido fue considerado depredado.

### **Éxito reproductivo en el interior y en los bordes de los fragmentos**

Se consideró como “borde de bosque” a la franja de bosque de 10 metros de ancho que colinda con praderas y campos de cultivo, donde existen arbustos característicos como *Berberis darwinii*, *B. buxifolia*, *Baccharis sp.*, y *Rhaphitamnus spinosus*. Se consideró como “interior de bosque” a todos los ambientes dentro de los fragmentos de bosque a más de 100 metros con el borde con praderas y campos de cultivo más cercanos. Se comparó el éxito reproductivo de territorios ubicados tanto en el interior como en el borde de los fragmentos, con el fin de detectar algún efecto asociado al borde. Dado que el efecto borde afectaría a la probabilidad de nidificación y no a la probabilidad de formación de parejas (debido a que aumentarían los depredadores de huevos y polluelos, y no necesariamente los depredadores de adultos), se comparó el éxito de nidificación de parejas entre ambos ambientes.

### **Análisis de Datos:**

Para realizar los respectivos análisis estadísticos, se consideró como variables independientes al Tamaño del fragmento (ha) y Conectividad; y como variable respuesta al Exito Reproductivo.

a) Efecto del tamaño del fragmento y de la Conectividad sobre el Éxito reproductivo:

Se realizó un Análisis de Regresión Múltiple con procedimientos “paso a paso” entre las variables normalizadas y el Exito Reproductivo. La variable Tamaño del Fragmento fue normalizadas usando una transformación  $\text{Log}(X+1)$ . Se usaron los valores 0 para fragmentos aislados y 1 para fragmentos conectados, y dado que ésta es una variable dicotómica, se ingresó al Análisis de Regresión como una variable Dummy (Zar 1996). El éxito reproductivo se expresó en porcentaje, y fue normalizado con una transformación  $\text{Arcoseno}(\text{Raíz}(X))$ .

En estudios de este tipo, realizados a escala de paisajes, generalmente se dispone de bajos tamaños muestrales y pocos grados de libertad, lo cual disminuye la potencia de las pruebas estadísticas. Por lo tanto las diferencias significativas pueden no ser detectadas a pesar que estas existan. Por esta razón se decidió considerar un  $\alpha = 0,1$  como valor de significancia.

b) Depredación de nidos artificiales:

La depredación de nidos artificiales se analizó por dos vías separadas: se calcularon los porcentajes de huevos de plasticina removidos y los porcentajes de huevos de codorniz removidos por separado, pues la plasticina por ser un material artificial podría atraer a organismos que no constituyan reales depredadores de huevos. Los porcentajes de depredación de nidos artificiales, depredación de huevos de plasticina y depredación de huevos de Codorniz entre los hábitats de borde vs. interior de bosques fueron comparados usando una prueba de t de Student.

c) Éxito Reproductivo en bordes vs Interior de los bosques:

Los ambientes de Borde y de Interior de bosque corresponden a los previamente definidos en Depredación de Nidos Artificiales. Se contó el número de territorios presentes en el borde y el número de territorios presentes en el interior de bosque, se estimó el éxito reproductivo en ambos ambientes, y luego el éxito reproductivo fue comparado usando una prueba de t de Student.

## RESULTADOS

En los nueve fragmentos de bosque estudiados se localizaron entre uno y cinco territorios por fragmento, con un total de 28 territorios. El tamaño de los fragmentos varió entre 0,07 y >100 ha, y la densidad de territorios de *S. desmursii* varió entre 0,1 y 14,3 territorios/ha (Tabla 1). Hubo una estrecha relación entre la densidad (N° de territorios/ha) y el tamaño de los fragmentos (R de Spearman= -0,8 P= 0,012). Sin embargo, en uno de los fragmentos medianos (alrededor de 15 ha) se encontraron los territorios más extensos registrados en el presente estudio (>2 ha).

### **Caracterización del hábitat de *S. desmursii*:**

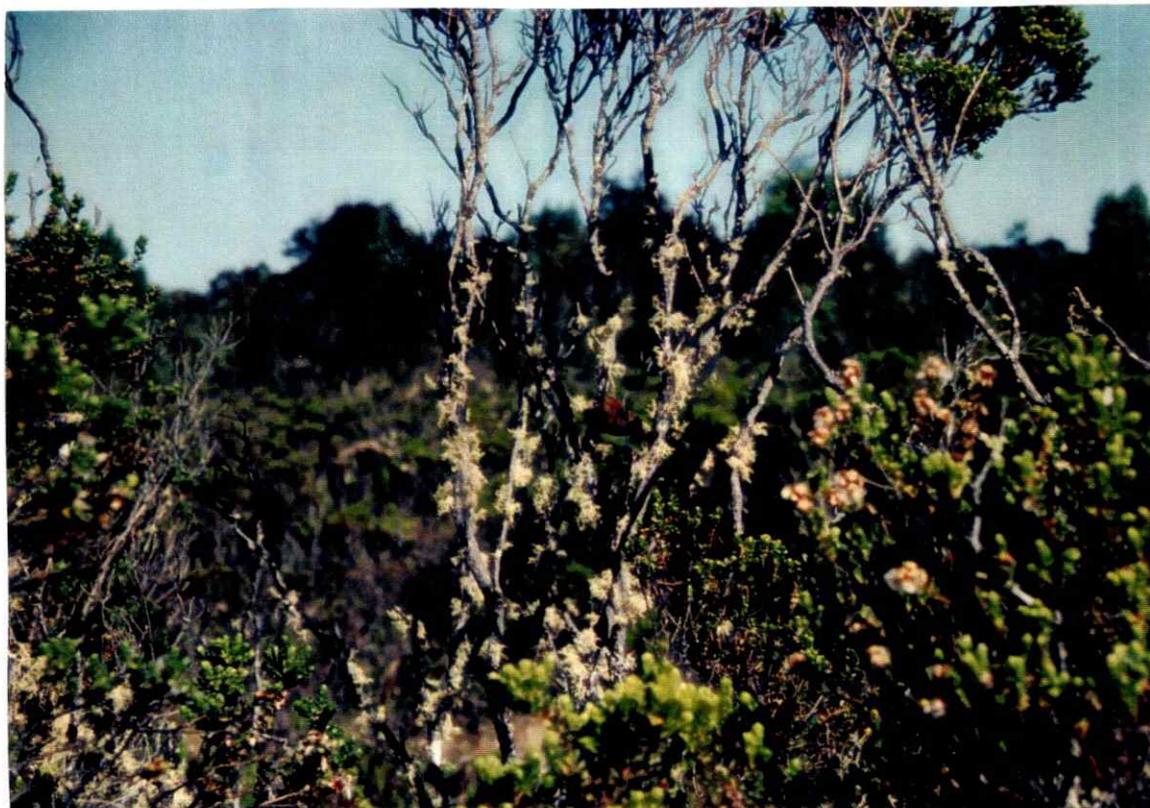
a) Estructura de la vegetación: *S. desmursii* habita en el sotobosque de bosques primarios y secundarios (Foto 5), en matorrales presentes en los bordes de los bosques y en matorrales en campos abandonados (Foto 6), ocupando fundamentalmente la columna de vegetación presente entre el nivel del suelo y los tres metros de altura. No se observó

en ningún momento a algún ejemplar de *S. desmursii* descendiendo al piso del bosque, o ascendiendo al dosel arbóreo. *S. desmursii* habita en sitios con una cobertura arbórea de <50%, y con un valor de RT acumulado en los primeros 3 m verticales que varía entre  $13,0 \pm 0,8$  y  $22,8 \pm 1,3$  (Tabla 2), lo que corresponde a una cobertura de arbustos de un 100%. Algunos territorios no presentaron ramaje en el intervalo vertical entre 2 y 3 m, pero todos los territorios tenían vegetación en los dos primeros metros verticales (Anexo 1).

b) Composición Florística: La composición florística de los territorios usados por *S. desmursii* puede ser agrupada en tres clases principales: 1) Sotobosque de bosques primarios, principalmente en claros de bosques con densa cobertura de *Chusquea quila*, una especie de bambú cuyos tallos alcanzan alturas superiores a 3 m y que se desarrolla al interior de los claros formados por caídas de árboles; 2) Renovales en bosques secundarios, donde *S. desmursii* habitaba entre el ramaje de las mirtáceas *Amomyrtus luma*, *A. meli*, *Myrceugenia planipes*, especies que presentan abundantes ramas, con follaje denso, por debajo de los 3 m de altura, y 3) En matorrales con cobertura de un 100%, donde *S. desmursii* habitaba entre las ramas de *Baccharis sp.*, *Berberis darwini* y *B. buxifolia*, arbustos de alrededor de 1,5 m de alto y con ramaje hasta el nivel del suelo (Tabla 3). En estos matorrales el estrato herbáceo estaba densamente cubierto por los helechos *Gleichenia sp.* y *Blechnum chilensis*, este último alcanza hasta 1 m de alto. Para determinar cuáles ambientes dentro de un bosque no son utilizados por *S. desmursii*, se estimuló a cinco ejemplares a incursionar hacia renovales circundantes,



**Foto 5:** Claro de bosque cubierto por *Chusquea quila*. Hábitat usado por *S. desmursii* (Foto: Iván Díaz).



**Foto 6:** Matorrales en campos abandonados habitados por *S. desmursii*. Esta ave se mueve entre las ramas de *Baccharis sp.* (Foto: Iván Díaz).

Tabla 1

Fragmentos de bosque utilizados en el presente trabajo, agrupados en tres categorías de tamaño. Se indica el número de territorios estudiados por fragmento, área de los fragmentos de bosque utilizados, y la densidad de territorios por fragmento. (\*\*\*) indica que en el fragmento existían mas territorios que el total estudiado.

	Nº de territorios estudiados	Tamaño fragmento (ha)	Densidad (Nº de territorios / ha)
Fragmentos Pequeños			
<i>Cruce San Juan</i>	3	0,36	8,3
<i>Arizmendi</i>	1	0,07	14,3
<i>Vidal</i>	2	0,29	6,9
<i>Maria Soto</i>	4	1,4	2,9
<i>Senda Darwin</i>	3	2,4	1,3
Fragmentos Medianos			
<i>Helda</i>	5	12	0,4
<i>Erica Cárcamo</i>	2	15	0,1
Fragmentos Grandes			
<i>Aguila</i>	3**	100	1,3
<i>Cárcamo</i>			
<i>Koenigh</i>	5**	100	0,8

Tabla 2

Estructura vertical de la vegetación (RT) presente en los hábitats usados por *S. desmursii* en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados. Se indican los valores promedios de  $RT \pm 1$  error estándar para cada intervalo de un metro y para el total acumulado (suma de los tres intervalos). Además se indican los rangos de cobertura arbórea de los hábitats en cada fragmento.

Sitio	Metro 1	Metro 2	Metro 3	Total acumulado	Cobertura arbórea (%)
<b>Fragmentos pequeños</b>					
<i>Cruce San Juan</i>	9,4±1,0	7,9±0,7	5,6±0,7	22,8±1,3	0 – 25
<i>Arizmendi</i>	8,4±0,7	8,3±0,7	5,7±0,6	22,5±1,6	0
<i>Vidal</i>	5,3±0,4	5,3±0,3	5,2±0,5	15,8±0,8	0 – 25
<i>María Soto</i>	8,7±0,4	7,0±0,3	4,5±0,3	20,1±0,6	0 – 25
<i>Senda Darwin</i>	7,6±0,6	8,0±0,5	7,6±0,5	20,4±1,0	0
<b>Fragmentos medianos</b>					
<i>Helda</i>	4,4±0,3	5,8±0,4	5,8±0,3	15,9±0,6	0 – 25
<i>Erica Carcamo</i>	5,4±0,4	4,2±0,4	3,4±0,4	13,0±0,8	25 – 50
<b>Fragmentos grandes</b>					
<i>Águila Carcamo</i>	6,6±0,4	8,5±0,5	6,8±0,4	21,7±0,9	25 – 50
<i>Koenig</i>	10,3±0,4	4,7±0,4	1,2±0,2	16,2±0,5	0 – 25

pero ninguno de ellos ingresó a rodales compuestos por árboles de más de 15 m de altura con cobertura arbórea >75%. Todos los ejemplares presentes en los bordes de los fragmentos (n= 16) fueron estimulados a salir a campo abierto, pero ninguno atravesó praderas o campos de cultivos. Estos resultados son congruentes con los obtenidos por Sieving et al. (1996) para esta misma especie, pero difieren ya que Sieving et al. (1996) los registra habitando marginalmente en arbustos típicos de los bordes, y mis resultados indican que habitan tanto en el sotobosque como en estos arbustos.

Se observó a cuatro ejemplares de *S. desmursii* circulando en los arbustos introducidos *Ulex europaeus* y *Lupinus arboreus* cuando éstos formaban matorrales mixtos con especies nativas, pero estos ejemplares no incursionaron en matorrales puros de *Ulex europaeus*, a pesar de haberlos estimulado a ingresar mediante la emisión de su canto desde una grabadora.

En resumen, los resultados indican que el hábitat ocupado por *S. desmursii* para nidificar y alimentarse es sólo un porcentaje de la superficie total de los fragmentos de bosque. Específicamente, *S. desmursii* habita en zonas con una cobertura arbórea de <50%, donde la vegetación presenta una cobertura a nivel del sotobosque de un 100%, con ramaje denso, especialmente en el primer metro de altura, y donde arbustos de *Chusquea quila*, *Baccharis sp.*, *Berberis sp.*, y renovales de mirtáceas son dominantes.

Tabla 3

Características generales de los hábitats usados por *S. desmursii* en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados

Tipo de vegetación	Sitios	Descripción del Hábitat de <i>S. desmursii</i>
<b>Matorrales y renovales</b>		
	<i>Cruce San Juan</i>	Arbustos y renovales de 1 a 3 metros de altura, rodeados por praderas, caminos y cercos vivos, compuestos por <i>Berberis sp.</i> , <i>Mitraria sp.</i> , <i>Fuchsia magellanica</i> y <i>Lupinus arboreus</i> .
	<i>Arizmendi</i>	Renovales de Mirtáceas mezclados con arbustos de <i>Berberis sp.</i> , <i>Fuchsia magellanica</i> y <i>Mitraria coccinea</i> , de 1 a 3 metros de alto
	<i>Vidal</i>	Renovales de Mirtáceas mezclados con arbustos de <i>Berberis sp.</i> y <i>Rubus ulmifolius</i> , de 1 a 3 metros de alto.
	<i>María Soto</i>	Renovales de Mirtáceas de 2 metros de altura mezclados con <i>Berberis sp.</i> , <i>Chusquea quila</i> y con matorrales de <i>Ulex europaeus</i> .
	<i>Senda Darwin</i>	Renovales de Mirtáceas con matorrales de <i>Berberis sp.</i> y <i>Raphitamnus spinosus</i> de 1 a 3 metros de altura a lo largo de la ribera del Río Huicha.
	<i>Helda</i>	Renovales de Mirtáceas y <i>Drimys winteri</i> de 4 metros de alto junto a arbustos de <i>Berberis sp.</i> y <i>Chusquea quila</i> de 1,5 metros de altura, con el piso cubierto por el helecho <i>Blechnum chilensis</i> .
<b>Sotobosque de bosques adultos</b>		
	<i>Erica Cárcamo</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque floreado con dosel de 15 - 20 metros de altura y copas emergentes de <i>Eucryphia cordifolia</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .
	<i>Aguila Carcamo</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque con dosel de 20 - 25 metros de altura y copas emergentes de <i>Eucryphia cordifolia</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .
<b>Sotobosque de bosques adultos junto a matorrales de <i>Baccharis sp.</i></b>		
	<i>Koenigh</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque con dosel de 15 metros de altura y copas emergentes de 20 metros de <i>Podocarpus nubigena</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .

Tabla 4

Frecuencia (%) de las especies vegetales que componen el hábitat de *S. desmursii* en los territorios ubicados en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados (Promedio de los territorios por fragmento  $\pm$  1EE).

Especies	Cruce San Juan	Arizmendi	Vidal	M. Soto	Senda Darwin	Helda	Erica Carcamo	Aguila Cárcamo	Koenig
<i>Chusquea quila</i>	<0,1	5	<0,1	19 $\pm$ 7	<0,1	15 $\pm$ 19	63 $\pm$ 20	76 $\pm$ 10	17 $\pm$ 17
<i>Amomyrtus luma</i>	6	15	18 $\pm$ 10	4 $\pm$ 1	3	18 $\pm$ 8	23 $\pm$ 11	8 $\pm$ 5	3 $\pm$ 3
<i>Amomyrtus meli</i>	12	1	2 $\pm$ 2	0	60	0	1 $\pm$ 1	0	0,3 $\pm$ 0,4
<i>Drimys winteri</i>	0	7	3	0	0	6 $\pm$ 7	4 $\pm$ 3	0,4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 2
<i>Laureliopsis philippiana</i>	0	3	1 $\pm$ 1	0	0	0	3 $\pm$ 3	1 $\pm$ 1	0,7 $\pm$ 0,8
<i>Luma apiculata</i>	12	0	7 $\pm$ 2	25 $\pm$ 14	15	7 $\pm$ 5	0	0	0
<i>Mitraria coccinea</i>	0	14	12 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	0	8 $\pm$ 5	2 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2	0
<i>Fuchsia magellanica</i>	13	22	17 $\pm$ 4	7 $\pm$ 3	0	4 $\pm$ 4	0	0	0
<i>Luzuriaga sp.</i>	0	2	1	0	0	1 $\pm$ 1	4 $\pm$ 5	3 $\pm$ 2	0,3 $\pm$ 0,4
<i>Blechnum chilensis</i>	19	5	7	1	0	4 $\pm$ 6	0	1 $\pm$ 1	36 $\pm$ 14
<i>Baccharis sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	20 $\pm$ 9
<i>Berberis darwini</i>	5	12	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2	0	4 $\pm$ 2	0	0	3 $\pm$ 2
<i>Berberis buxifolia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Raphitamnus spinosus</i>	3	4	9 $\pm$ 4	10 $\pm$ 1	0	2 $\pm$ 2	0	0	0
<i>Myrceugenia planipes</i>	1	1	3 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	20	23 $\pm$ 16	0	4 $\pm$ 5	0
<i>Ribes magellanica</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rubus ulmifolius*</i>	11	4	3	10 $\pm$ 5	0	4 $\pm$ 4	0	0	0
<i>Crinodendron hookerianum</i>	0	1	0	0	0	0	0	2 $\pm$ 2	0,2 $\pm$ 0,3
Ciperaceae	1	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Aristotelia chilensis</i>	0	0	0	6 $\pm$ 5	0	4 $\pm$ 5	0	0	0
<i>Lupinus sp.*</i>	17	0	0	0	0	0	0	0	3 $\pm$ 4
<i>Myrceugenia parviflora</i>	0	0	11 $\pm$ 7	0	0	0	0	0	3 $\pm$ 4
<i>Podocarpus saligna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1 $\pm$ 1
<i>Gaultheria mucronata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	11 $\pm$ 7
<i>Azara sp.</i>	0	0	4 $\pm$ 2	0	0	0	0	0	0
<i>Aextoxicon punctatum</i>	0	0	0	2 $\pm$ 3	0	0	0	0	0
<i>Embothrium coccineum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sophora microphylla</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gevuina avellana</i>	0	0	0	4 $\pm$ 4	0	0	0	0	0
<i>Ulex europaeus*</i>	0	0	0	1 $\pm$ 1	0	0	0	0	0

(\*): Especie introducida

Tabla 3

Características generales de los hábitats usados por *S. desmursii* en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados

Tipo de vegetación	Sitios	Descripción del Hábitat de <i>S. desmursii</i>
<b>Matorrales y renovales</b>		
<i>Cruce San Juan</i>	Arbustos y renovales de 1 a 3 metros de altura, rodeados por praderas, caminos y cercos vivos, compuestos por <i>Berberis sp.</i> , <i>Mitraria sp.</i> , <i>Fuchsia magellanica</i> y <i>Lupinus arboreus</i> .	
<i>Arizmendi</i>	Renovales de Mirtáceas mezclados con arbustos de <i>Berberis sp.</i> , <i>Fuchsia magellanica</i> y <i>Mitraria coccinea</i> , de 1 a 3 metros de alto	
<i>Vidal</i>	Renovales de Mirtáceas mezclados con arbustos de <i>Berberis sp.</i> y <i>Rubus ulmifolius</i> , de 1 a 3 metros de alto.	
<i>María Soto</i>	Renovales de Mirtáceas de 2 metros de altura mezclados con <i>Berberis sp.</i> , <i>Chusquea quila</i> y con matorrales de <i>Ulex europaeus</i> .	
<i>Senda Darwin</i>	Renovales de Mirtáceas con matorrales de <i>Berberis sp.</i> y <i>Raphitamnus spinosus</i> de 1 a 3 metros de altura a lo largo de la ribera del Río Huicha.	
<i>Helda</i>	Renovales de Mirtáceas y <i>Drimys winteri</i> de 4 metros de alto junto a arbustos de <i>Berberis sp.</i> y <i>Chusquea quila</i> de 1,5 metros de altura, con el piso cubierto por el helecho <i>Blechnum chilensis</i> .	
<b>Sotobosque de bosques adultos</b>		
<i>Erica Cárcamo</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque floreado con dosel de 15 - 20 metros de altura y copas emergentes de <i>Eucryphia cordifolia</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .	
<i>Aguila Carcamo</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque con dosel de 20 - 25 metros de altura y copas emergentes de <i>Eucryphia cordifolia</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .	
<b>Sotobosque de bosques adultos junto a matorrales de <i>Baccharis sp.</i></b>		
<i>Koenigh</i>	Claros formados por árboles caídos cubiertos por sotobosque de <i>Chusquea quila</i> y Mirtáceas, en bosque con dosel de 15 metros de altura y copas emergentes de 20 metros de <i>Podocarpus nubigena</i> y <i>Nothofagus nitida</i> .	

Tabla 4

Frecuencia (%) de las especies vegetales que componen el hábitat de *S. desmursii* en los territorios ubicados en cada uno de los fragmentos de bosque estudiados (Promedio de los territorios por fragmento  $\pm$  1EE).

Especies	Cruce San Juan	Arizmendi	Vidal	M. Soto	Senda Darwin	Helda	Erica Carcamo	Aguila Cárcamo	Koenig
<i>Chusquea quila</i>	<0,1	5	<0,1	19 $\pm$ 7	<0,1	15 $\pm$ 19	63 $\pm$ 20	76 $\pm$ 10	17 $\pm$ 17
<i>Amomyrtus luma</i>	6	15	18 $\pm$ 10	4 $\pm$ 1	3	18 $\pm$ 8	23 $\pm$ 11	8 $\pm$ 5	3 $\pm$ 3
<i>Amomyrtus meli</i>	12	1	2 $\pm$ 2	0	60	0	1 $\pm$ 1	0	0,3 $\pm$ 0,4
<i>Drimys winteri</i>	0	7	3	0	0	6 $\pm$ 7	4 $\pm$ 3	0,4 $\pm$ 1	2 $\pm$ 2
<i>Laureliopsis philippiana</i>	0	3	1 $\pm$ 1	0	0	0	3 $\pm$ 3	1 $\pm$ 1	0,7 $\pm$ 0,8
<i>Luma apiculata</i>	12	0	7 $\pm$ 2	25 $\pm$ 14	15	7 $\pm$ 5	0	0	0
<i>Mitraria coccinea</i>	0	14	12 $\pm$ 2	4 $\pm$ 2	0	8 $\pm$ 5	2 $\pm$ 2	5 $\pm$ 2	0
<i>Fuchsia magellanica</i>	13	22	17 $\pm$ 4	7 $\pm$ 3	0	4 $\pm$ 4	0	0	0
<i>Luzuriaga sp.</i>	0	2	1	0	0	1 $\pm$ 1	4 $\pm$ 5	3 $\pm$ 2	0,3 $\pm$ 0,4
<i>Blechnum chilensis</i>	19	5	7	1	0	4 $\pm$ 6	0	1 $\pm$ 1	36 $\pm$ 14
<i>Baccharis sp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	20 $\pm$ 9
<i>Berberis darwini</i>	5	12	2 $\pm$ 1	3 $\pm$ 2	0	4 $\pm$ 2	0	0	3 $\pm$ 2
<i>Berberis buxifolia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Raphitamnus spinosus</i>	3	4	9 $\pm$ 4	10 $\pm$ 1	0	2 $\pm$ 2	0	0	0
<i>Myrceugenia planipes</i>	1	1	3 $\pm$ 2	3 $\pm$ 2	20	23 $\pm$ 16	0	4 $\pm$ 5	0
<i>Ribes magellanica</i>	0	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rubus ulmifolius*</i>	11	4	3	10 $\pm$ 5	0	4 $\pm$ 4	0	0	0
<i>Crinodendron hookerianum</i>	0	1	0	0	0	0	0	2 $\pm$ 2	0,2 $\pm$ 0,3
Ciperaceae	1	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Aristotelia chilensis</i>	0	0	0	6 $\pm$ 5	0	4 $\pm$ 5	0	0	0
<i>Lupinus sp.*</i>	17	0	0	0	0	0	0	0	3 $\pm$ 4
<i>Myrceugenia parviflora</i>	0	0	11 $\pm$ 7	0	0	0	0	0	3 $\pm$ 4
<i>Podocarpus saligna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1 $\pm$ 1
<i>Gaultheria mucronata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	11 $\pm$ 7
<i>Azara sp.</i>	0	0	4 $\pm$ 2	0	0	0	0	0	0
<i>Aextoxicon punctatum</i>	0	0	0	2 $\pm$ 3	0	0	0	0	0
<i>Embothrium coccineum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sophora microphylla</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gevuina avellana</i>	0	0	0	4 $\pm$ 4	0	0	0	0	0
<i>Ulex europaeus*</i>	0	0	0	1 $\pm$ 1	0	0	0	0	0

(\*): Especie introducida

### Determinación de Corredores de hábitat:

Durante los muestreos se observó que *S. desmursii* se movía realizando saltos y vuelos cortos de rama en rama con mucha facilidad. Estas aves pueden desplazarse grandes distancias dentro de sus hábitats en corto tiempo. Usando "playback", se observó a una pareja desplazarse unos 450 m de bosque al interior del sitio Aguila Carcamo en menos de una hora. Otro ejemplar fue inducido a moverse por un cerco vivo compuesto por renovales de *Amomyrtus luma*, *Mitraria coccinea*, *Berberis darwinii* y *Raphitamnus spinosus*, conectado a un fragmento de bosque por un extremo, pero el otro extremo terminaba en una pradera. El cerco tenía unos 100 m de largo, un ancho entre 2 y 3 m, y los arbustos alcanzaban una altura de 1-2 m, con un valor de RT acumulado de  $16,4 \pm 1,0$ . Este valor está dentro del rango de RT presente en los hábitats ocupados por *S. desmursii* (Tabla 2). Estimulado por las reproducciones de su canto, el ave recorrió el cerco en toda su extensión en menos de 5 minutos. Por lo tanto, cualquier cerco vivo con estas características podría ser utilizado como corredor por estas aves. Una parte del territorio de una pareja, ubicada en uno de los fragmentos medianos (Sitio Helda), era un cerco vivo de 200 m de extensión, 3 m de ancho y entre 2 y 3 m de alto con un valor de RT acumulado de  $21,4 \pm 1,2$  en el rango superior de los valores medidos en hábitats usados por *S. desmursii* (Tabla 2). Este cerco fue recorrido en toda su extensión por la pareja en forma frecuente (probablemente en forma diaria).

No se observó ejemplares de *S. desmursii* realizando vuelos largos a través de espacios abiertos, pampas o caminos, o al interior de los fragmentos de bosque. En otros dos fragmentos se estimularon a dos y tres ejemplares adultos respectivamente, a atravesar entre dos hábitats separados por un camino rural. La mayor distancia que

lograron atravesar estos ejemplares fue de 10 m. No se logró que ejemplares de *S. desmursii* atravesaran la carretera principal, la cual presentaba un ancho >10 mt.

En consecuencia, en este trabajo se definió como un corredor de hábitat para *S. desmursii* a cualquier extensión lineal de vegetación arbustiva de al menos 1,5 m de alto, con un ancho mínimo de 3 m, y de hasta 200 metros de largo. La cobertura arbórea del corredor de hábitat debía ser <50% y el valor de RT acumulado mayor de 13,0 que es el valor de RT acumulado mínimo de los territorios donde habita *S. desmursii*.

De acuerdo a esto, dos fragmentos de vegetación con hábitat ocupado por *S. desmursii* son considerados "conectados" si y sólo si 1) están separados por menos de 10 m de campo abierto, o 2) existe un corredor de hábitat con un ancho mínimo de 3 metros, alto mínimo de 1,5 m, de menos de 200 m de longitud y con una cobertura arbórea menor al 50%.

### **Fragmentos conectados y Fragmentos aislados**

Dos fragmentos pequeños y dos fragmentos medianos se encontraban completamente aislados, debido a que estaban separados de otros fragmentos por mas de 50 m de praderas, mientras que tres fragmentos pequeños se encontraban conectados por corredores de hábitat. Otros dos fragmentos grandes se encontraban conectados por múltiples corredores a muchos otros fragmentos, formando un área de bosque continuo >100 ha. Los cuatro fragmentos pequeños se encontraban conectados a otros fragmentos mediante matorrales a lo largo de arroyos y quebradas que varían entre 3 y 10 metros de ancho, hasta 200 m de extensión (Tabla 5).

Tabla 5

Fragmentos conectados (1) y fragmentos aislados (0) utilizados en el presente trabajo, junto a las características de los corredores presente en cada fragmento.

Fragmentos	Características del corredor			Conectividad	Características
	Ancho	Alto	Largo		
<b>Fragmentos pequeños</b>					
<i>Cruce San Juan</i>	-	-	-	0	Aislado por praderas a mas de 100 metros del bosque mas cercano
<i>Vidal</i>	4 m	1,5 m	200 m	1	Conectado
<i>María Soto</i>	-	-	-	0	Aislado por praderas y dunas, a mas de 100 metros del bosque más cercano
<i>Arizmendi</i>	5 m	1,5 m	200 m	1	Conectado
<i>Senda Darwin</i>	10	1,5-3 m	100	1	Conectado
<b>Fragmentos medianos</b>					
<i>Helda</i>	-	-	-	0	Aislado por praderas, a mas de 50 metros del bosque mas cercano
<i>Erica Cárcamo</i>	-	-	-	0	Aislado por praderas, a 50 metros del bosque mas cercano
<b>Fragmentos grandes</b>					
<i>Aguila</i>	*	*	*	1	Conectado
<i>Carcamo</i>	*	*	*	1	Conectado
<i>Koenigh</i>	*	*	*	1	Conectado

(\*): Forman un continuo con otros fragmentos con muchos corredores

**Éxito reproductivo:**

De los 28 territorios de *S. desmursii* estudiados en este trabajo, 13 estaban formados por parejas y los otros 15 estaban formados por individuos solteros. Todas las parejas nidificaron exitosamente, ya que al final del período reproductivo se observó a las parejas moverse junto a sus descendientes dentro del territorio parental. Por lo tanto, el componente del éxito reproductivo que varió fue la probabilidad de encontrar parejas, siendo este evento el determinante del éxito reproductivo de *S. desmursii*, mientras que la probabilidad que las parejas nidifiquen y produzcan crías fue una probabilidad constante igual a 1. El éxito reproductivo fue mayor en uno de los fragmentos pequeños y en los dos fragmentos grandes, y fue cero en uno de los fragmentos medianos (Tabla 6).

**Efecto del Tamaño del fragmento sobre el Éxito Reproductivo de *S. desmursii***

No hay una correlación entre el Tamaño de los fragmentos y el éxito reproductivo de *S. desmursii* (Pearson's  $R^2 = 0.042$   $P = 0,2$ ; Tabla 7).

**Efecto de la Conectividad sobre el Éxito Reproductivo de *S. desmursii***

La presencia o ausencia de corredores es la única variable que presenta un efecto estadísticamente significativo sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii* (Tabla 7). En particular, el éxito reproductivo en fragmentos pequeños y medianos (< 15 ha) es significativamente mayor cuando éstos se encuentran conectados por corredores con otros fragmentos, siendo similar al éxito reproductivo en fragmentos grandes (Fig. 2).

Tabla 6

Probabilidad de éxito reproductivo (ER) de *S. desmursii* para cada uno de los fragmentos estudiados.  $P(ER) = P(\text{formación de parejas}) \times P(\text{producir crías})$ .

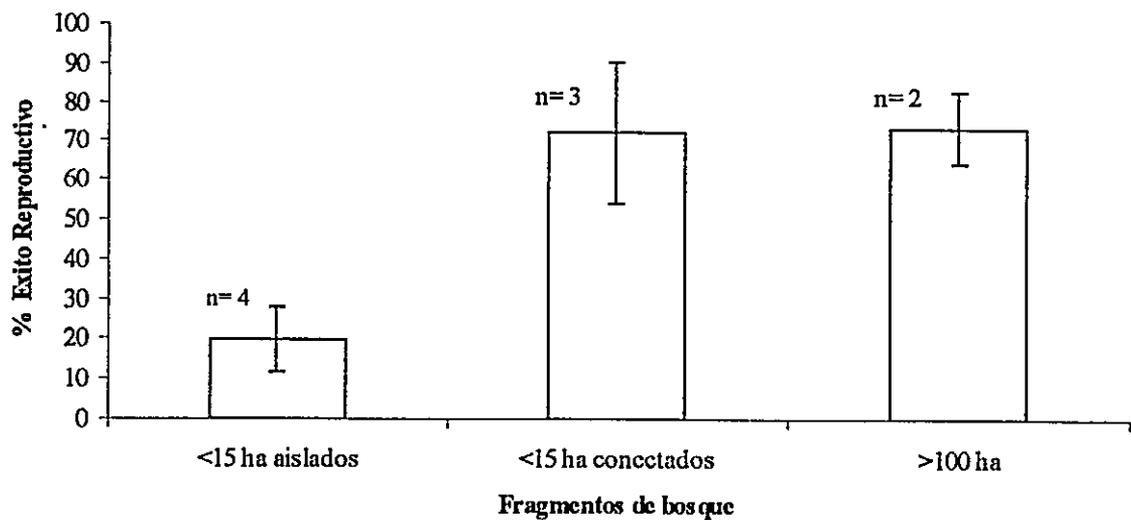
	P (formación de parejas)	P (producir crías)	P (ER)
Fragmentos Pequeños			
<i>Cruce San Juan</i>	0,33	1,0	0,33
<i>Arizmendi</i>	1,0	1,0	1,0
<i>Vidal</i>	0,5	1,0	0,5
<i>María Soto</i>	0,25	1,0	0,25
<i>Senda Darwin</i>	0,667	1,0	0,667
Fragmentos Medianos			
<i>Helda</i>	0,20	1,0	0,2
<i>Erica Cárcamo</i>	0	-	0
Fragmentos Grandes			
<i>Aguila Cárcamo</i>	0,667	1,0	0,667
<i>Koenigh</i>	0,80	1,0	0,8

Tabla 7

Resultados del Análisis de Regresión Lineal usando procedimientos paso a paso (forward stepwise), con la variable categórica Conectividad introducida como una variable Dummy (Zar 1996). Los resultados del modelo general presentan un  $R^2 = 0,378$  y se utilizó un alfa = 0,1 para ingresar y remover las variables del modelo.

(\*\*) indica diferencias significativas.

	Coeficiente / Correlación parcial	Std. Error	Std. Coef.	Tol.	Gl	F	P
<i>Variables que se ajustan al modelo de regresión</i>							
Conectividad	0,4388	0,2129	0,6146	1,00	1	4,25	0,0782**
<i>Variables fuera del modelo de regresión</i>							
Tamaño del Fragmento	0,3825	-	-	0,9765	1	1,028	0,3498



**Figura 2:** Porcentaje de éxito reproductivo  $\pm$  1 error estándar en fragmentos pequeños y medianos (<15 ha) aislados versus fragmentos pequeños y medianos conectados y fragmentos grandes (>100 ha). El éxito reproductivo presenta diferencias significativas (ANOVA  $gl= 2$ ,  $F= 9,92$   $P= 0,013$ ). Fragmentos <15 ha conectados y fragmentos >100 ha no presentaron diferencias significativas (Bonferroni post hoc test  $P= 1,00$ ), pero ambos grupos son significativamente distintos que fragmentos <15 ha aislados (Bonferroni post hoc test  $P<0,039$ ).

## **Efecto de Borde sobre el Éxito reproductivo de *S. desmursii*:**

### **a) Depredación de nidos artificiales:**

Menos de un 10% de los nidos fue depredado en cada uno de los ensayos. Los depredadores atacaron casi exclusivamente a los huevos de plasticina; sólo en uno de los tres ensayos depredaron un huevo de Codorniz. A partir de las huellas presentes en los huevos de plasticina se determinó que los depredadores fueron mayoritariamente roedores (56%) y aves pequeñas (44%).

Al comparar los porcentajes de depredación de nidos artificiales en hábitats de borde versus interior de bosque, no se observaron diferencias significativas, tanto para los huevos de plasticina como para los huevos de Codorniz (Tablas 8 y 9).

### **b) Éxito reproductivo en Borde vs Interior de Bosque:**

El principal efecto borde sobre el éxito reproductivo de las aves sería una mayor depredación de huevos o polluelos producto del aumento de los depredadores. Esto afecta directamente la P (producir crías), y no necesariamente a la P(formación de parejas). No hubo diferencias significativas en la probabilidad de producir crías entre el borde y el interior de los fragmentos de bosque, pues todas las parejas lograron reproducirse (Tabla 10). El éxito reproductivo de ambientes de borde vs ambientes de interior de bosque dio exactamente el mismo resultado.

Tabla 8

Porcentaje de nidos depredados en ambientes de borde y en ambientes de interior de bosque, donde se considera sólo la depredación sobre los huevos de plasticina.

Hábitat	% de nidos artificiales	Porcentaje de nidos artificiales con huevos de plasticina depredados			
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio $\pm$ 1EE
Borde	100 (N=52)	10,6	3,9	9	7,9 $\pm$ 2,5
Interior	100 (N=29)	3,5	3,5	0	2,3 $\pm$ 1,4
T-Student					-2.4
P					0.08

Tabla 9

Porcentaje de nidos depredados en ambientes de borde y en ambientes de interior de bosque, donde se considera sólo la depredación sobre los huevos de Codorniz.

Hábitat	% de nidos artificiales	Porcentaje de nidos artificiales con huevos de Codorniz depredados			
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio $\pm$ 1EE
Borde	100 (N=52)	2,1	0	0	0,7 $\pm$ 0,9
Interior	100 (N=29)	0	0	0	0
T-Student					-1
P					0,37

Tabla 10

Éxito reproductivo de *S. desmursii* en ambientes de interior y borde de bosque

Ambientes	Nº de Territorios	Territorios con parejas	Nº de parejas que se reprodujeron	P(formación de parejas)	P(producir crías)	P (ER)
Borde	18	6	6	0,33	1,0	0,33
Interior	6	2	2	0,33	1,0	0,33
Total**	24	8	8	0,33	1,0	0,33

(\*\*) : Se excluyeron de este análisis 4 parejas registradas en matorrales a más de 10 metros de la pradera mas cercana, pues no correspondían a ninguna de los ambientes de borde o interior de bosque definidos en este trabajo.

## DISCUSION

**I. Efecto del tamaño del fragmento sobre el Éxito reproductivo de *S. desmursii*:**

En general, para las especies territoriales de aves y mamíferos, se ha relacionado el área del fragmento con:

- a) La abundancia de alimento disponible (Hixon 1980, Hixon et al., 1983, Sullivan and Klener 1992), y
- b) El tamaño de la población (Gilpin & Soulé 1986, Sullivan and Klener 1992).

*a) Abundancia de alimento disponible*

Si el área del fragmento es proporcional a la disponibilidad de alimento para una determinada especie, se esperaría una relación directa entre el tamaño del fragmento de hábitat y su éxito reproductivo. La disponibilidad de alimento afectaría al número de huevos puestos y al número de crías que pueden ser alimentadas, es decir, afectaría directamente a la probabilidad de producir crías. Sin embargo, en el caso de *S. desmursii* no se encontró una relación entre el área del fragmento de bosque y el éxito reproductivo de sus ocupantes (Se rechaza Hipótesis 1; Tabla 7). Todas las parejas de *S. desmursii* se reprodujeron independientemente de la superficie de hábitat disponible.

Lo anterior puede ser explicado en base a la conducta territorial de *S. desmursii*. En aves, la conducta territorial limita la sobreposición de los ámbitos de hogar entre individuos, entre parejas o entre grupos de individuos de una misma especie. Su principal efecto poblacional consiste en una distribución uniforme de los individuos en el espacio (Brown & Orians, 1970). Una hipótesis propuesta para explicar la

territorialidad, plantea que algunas especies de aves mantendrían territorios de un área mínima de hábitat tal, que permitiera cubrir los requerimientos alimenticios de los individuos durante períodos de escasez de alimento (MacLean & Seastedt 1979). De este modo, ante oscilaciones en la disponibilidad de los recursos tróficos, los animales territoriales podrían asegurarse suficientes recursos como para cubrir sus requerimientos energéticos. Por lo tanto, en períodos de abundancia de alimento, el tamaño de los territorios sería mucho mayor que la superficie de hábitat mínima necesaria para satisfacer las demandas de los individuos. Evidencia que apoya lo anterior ha sido entregada por Sherman and Eason (1998), quienes encontraron que el tamaño de los territorios del ave frugívora *Psophia leucoptera* no era afectado por cambios experimentales de la disponibilidad de alimento. Bajo este punto de vista parece razonable esperar que el éxito reproductivo de *S. desmursii* sea relativamente independiente del tamaño del territorio o del tamaño del fragmento. En el transcurso del presente estudio, un grupo de individuos de *S. desmursii* bajo monitoreo sufrió una reducción del 70% en el área de hábitat disponible, debido a una tala imprevista de los matorrales del borde. Con posterioridad a la destrucción del hábitat, se sucedieron continuas peleas entre los ejemplares de territorios vecinos, hasta que se establecieron los límites de los nuevos territorios. No obstante, la única pareja presente en el fragmento, cuyo territorio fue reducido en un 70% se reprodujo exitosamente.

En conclusión, no habría un efecto del tamaño del fragmento sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii* atribuible a la cantidad de recursos alimenticios.

### *b) Tamaño de la población*

El tamaño de los fragmentos de hábitat estaría en directa relación con el tamaño poblacional de las aves (Sullivan and Klener 1992). A mayor tamaño poblacional sería menor la probabilidad de extinción (Pimm et al. 1988). Si se considera como tamaño mínimo viable a una población de 500 individuos, para mantener una población viable de *S. desmursii* se necesitaría un fragmento de hábitat de unas 192 ha (este cálculo se realizó usando una densidad de territorios de *S. desmursii* de 1,3 territorios/ha; que corresponde a la densidad de fragmentos grandes, y suponiendo que cada territorio está habitado por dos individuos). Esta cifra excede enormemente al tamaño de los fragmentos pequeños y medianos analizados en este trabajo, siendo más cercano al tamaño de los fragmentos grandes. Esto explica que a esta escala de tamaño de los fragmentos, no se observe un efecto sobre el éxito reproductivo. Fragmentos pequeños y medianos presentarían un tamaño poblacional muy bajo (entre 2 y 8 individuos), y sólo los fragmentos grandes tendrían alguna posibilidad de mantener una población viable con un mayor éxito reproductivo.

## **II. Efecto de la Conectividad sobre el Éxito reproductivo de *S. desmursii*:**

Los análisis indican que el principal factor que determinó el éxito reproductivo de *S. desmursii* en los fragmentos de bosque de las áreas de estudio es la presencia o ausencia de corredores (Tabla 7), afectando directamente la probabilidad de encontrar parejas (Tabla 6). En consecuencia, se acepta la Hipótesis 2. Los corredores permitirían el flujo de individuos entre fragmentos, lo que se traduce en un aumento tanto del tamaño efectivo de la población como de la superficie de hábitat disponible. Por

ejemplo, si se considera en conjunto el éxito reproductivo de fragmentos aislados y fragmentos conectados menores a 15 ha (es decir de tamaño pequeño y mediano) y se comparan con el éxito reproductivo de los fragmentos grandes, habitado por muchos individuos de *S. desmursii*, el éxito reproductivo de fragmentos <15 ha conectados es de un 73%, similar al éxito reproductivo de fragmentos grandes (de un 75%), y ambos son significativamente mayores que el éxito reproductivo de fragmentos aislados <15 ha (de un 20%; Fig. 2). Lo anterior refleja el efecto de los corredores, los cuales aumentarían el tamaño efectivo de la población y la probabilidad de encontrar parejas (por lo tanto de éxito reproductivo). A pesar que los corredores de hábitat pueden ser de distinta forma, calidad y configuración espacial, su presencia sería determinante en la sobrevivencia de estas aves en hábitats fragmentados. Estos corredores de vegetación arbustiva o arbórea deberían tener al menos 3 metros de ancho, 1,5 metros de alto y la separación entre los hábitats conectados debería ser <200 m. Si se aumenta el ancho, probablemente el largo del corredor puede aumentar enormemente. Existen antecedentes que indican que sobre un valor de ancho umbral el largo el corredor no tiene relevancia (Rosenberg et al. 1997, Tischendorf & Wissel 1997). Recientes estudios realizados por Haddad (1999a, 1999b) entregan evidencia empírica de la efectividad de los corredores, indicando que los corredores aumentan enormemente el flujo de individuos entre fragmentos. La facilidad y rapidez con la cual los individuos de *S. desmursii* se mueven en sus hábitats hacen suponer que el flujo de individuos a través de los corredores es posible y frecuente.

### *Otros efectos poblacionales asociados a la conectividad:*

Un análisis de los primeros efectos del aislamiento de los fragmentos de hábitat sobre las poblaciones de organismos han sido realizados por Hagan et al. (1996), quienes postulan un aumento en la densidad (número de individuos/ha) inmediatamente después de que el fragmento queda aislado, pero una disminución de la tasa reproductiva y por lo tanto de la densidad de la población a medida que pasa el tiempo. Esta proposición concuerda con los resultados obtenidos para *S. desmursii* en esta tesis. Los fragmentos pequeños presentaron un mayor número de territorios/ha, pero una baja proporción de parejas, en contraste con fragmentos grandes (Comparar tablas 1 y 6). Probablemente, cuando los fragmentos recién quedan aislados por espacios abiertos, pampas o caminos, la imposibilidad de los juveniles de dispersarse a otros hábitats apropiados se traduce en un aumento en la densidad de individuos en el fragmento (ej: el fragmento Helda, Vidal). A medida que el tiempo transcurre, la probabilidad de reproducirse disminuye, y por lo tanto la densidad disminuye, dando como resultado fragmentos habitados por pocos individuos que disponen de una gran superficie de hábitat, pero que no pueden reproducirse (ej. el fragmento Erica Cárcamo). Todo lo anterior explicaría las bajas densidades observadas en uno de los fragmentos medianos y las altas densidades observadas en los fragmentos pequeños (Tabla 1).

### **III. Efecto del borde sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii*:**

#### *a) Depredación de nidos artificiales*

No se encontró efectos significativos de la tasa de depredación sobre los nidos artificiales, considerando tanto el número de huevos de plasticina depredados

(prácticamente los únicos atacados), como considerando el número de huevos de codorniz depredados (que corresponde a un solo huevo en todos los ensayos; Tablas 8 y 9). Por estas razones se rechazaría la Hipótesis 3a.

En Chiloé, los principales depredadores de nidos son los Tordos (*Curaeus curaeus*), Tiuques (*Milvago chimango*) y la Huiña (*Felis guigna*) (Willson et al. manuscrito en preparación). En los huevos de plasticina no se registraron huellas de los depredadores de nidos conocidos para esta zona de Chiloé, sino que las huellas correspondieron principalmente a roedores y aves pequeñas. Los roedores pudieron ser atraídos por el olor de la plasticina, y las aves pequeñas pueden haber sido los mismos ejemplares de *S. desmursii* que habitaban los territorios, u otras aves de talla similar a la de *S. desmursii*, como el Churrín (*Scytalopus magellanicus*) o el Chercán (*Troglodytes aedon*). Antecedentes proporcionados por Sieving et al. (Comunicación personal) indican que algunas aves del bosque de Chiloé reconocen a los depredadores de huevos y polluelos. Los padres atacan fieramente y espantan a los roedores que se aproximan a los nidos. Dado que prácticamente no atacaron los huevos reales, los roedores no constituirían una fuerte presión sobre los nidos reales.

Robinson et al. (1995) estudiaron la depredación de nidos reales en una comunidad de aves en paisajes fragmentados con una alta proporción de bordes en Illinois, USA. Estos autores encontraron que la depredación de nidos aumenta hasta un 100% para algunas especies, con una tasa de depredación diaria mayor al 5% en paisajes con menos de un 50% de cobertura de bosque. Sieving (1992) estudió la depredación de nidos artificiales en un bosque tropical con una alta proporción de bordes en la isla de Barro Colorado, Panamá, encontrando que entre un 20 a un 40% de nidos artificiales

localizados en el sotobosque son depredados a los 5 días, y alrededor de un 60% de los nidos han sido depredados a los 15 días de iniciado el experimento. Esta alta tasa de depredación sería la causa de la ausencia de algunas aves en la isla. Bayne & Hobson (1997) registraron promedios de depredación de nidos de hasta un  $57 \pm 25\%$  en nidos artificiales ubicados en arbustos en bosques fragmentados en Canadá durante un período de 12 días. La depredación registrada en esta tesis es considerablemente menor que la registrada en estos trabajos, con porcentajes de depredación menores a un 10% después de 5 días, y con una tasa diaria de depredación menor a un 2%. La diferencia marginalmente significativa ( $p = 0,08$ ) que se observó en los porcentajes de depredación de nidos en este trabajo (Tabla 8) no implicaría diferencias con sentido biológico ya que no serían causadas por efectivos depredadores de nidos reales.

En conclusión, la tasa de depredación de nidos no sería efectivamente mayor en los bordes de los fragmentos de bosque.

b) *Éxito reproductivo de S. desmursii en borde vs interior de bosque*

El éxito reproductivo de *S. desmursii* en territorios localizados en ambientes de borde fue el mismo registrado al interior de los fragmentos de bosque (Tabla 10). Todas las parejas nidificaron y produjeron descendientes que llegaron a la adultez, por lo cual se rechaza la Hipótesis 3b. Además, los nidos reales de *S. desmursii* están muy bien camuflados, siendo difíciles de encontrar en terreno. Durante todo el período de muestreo sólo se encontraron dos nidos muy bien ocultos entre el follaje de *Chusquea quila*, razón por la cual considero que estos nidos son muy seguros.

En conclusión, no habría un efecto de borde que afecte negativamente al éxito reproductivo de *S. desmursii*.

#### IV. Características particulares de los hábitats usados por *S. desmursii*:

Los hábitats ocupados por *S. desmursii* en los fragmentos de bosque corresponden sólo a una fracción del área total del fragmento. En consecuencia, los fragmentos no son percibidos como un ambiente homogéneo por esta ave, sino que dentro de los fragmentos existen ambientes inhóspitos, como son los sitios sin vegetación de sotobosque y con una cobertura arbórea mayor al 75%. Por esta razón, se encontraron fragmentos de bosque que no eran ocupados en su totalidad, como por ejemplo el fragmento Helda, de unas 12 ha de superficie, de las cuales sólo 3 ha (25%) fueron ocupadas por *S. desmursii* para establecer territorios.

En los resultados presentados en la Tabla 2 y en el Anexo 1 se observa un alto valor de RT (estructura vertical de la vegetación) en el primer metro y una cobertura arbórea baja (<50%), principalmente en sitios con mayor éxito reproductivo. Por lo tanto, *S. desmursii* estaría restringido a hábitats con vegetación densa fundamentalmente en los dos primeros metros sobre el nivel del suelo, con cobertura arbórea menor al 50%.

En los bosques maduros estas aves habitan en el ramaje de especies nativas, principalmente en arbustos de quila (*Chusquea quila*), donde instalan su nido construido con hojas de esta misma especie. A pesar de que en muchos territorios de *S. desmursii* la quila no fue la especie dominante, siempre estuvo presente (Tabla 4). En el borde del bosque y en los matorrales esta especie habita en arbustos de *Baccharis sp.*, *Aristotelia chilensis*, *Berberis darwinii* y *B. Buxifolia*, donde la estructura vertical de la vegetación

y la cobertura arbórea son similares a las presentes en los claros de bosque. Por lo tanto *S. desmursii* puede considerarse como una especie típica del “borde”.

Dado que los bosques continuos constituyen un mosaico de hábitat favorables para *S. desmursii* y ambientes inhóspitos que pueden actuar como barreras, la estructura espacial de las poblaciones de *S. desmursii* en bosques continuos podría ser relativamente mas parecida que lo esperado *a priori* a la estructura espacial de las poblaciones presentes en bosques fragmentados. Para esta especie no tendría sentido entonces esperar efectos poblacionales asociados a la distancia al centro del fragmento de bosque, o asociados a la relación perímetro/área del fragmento de bosque, pues en su escala de percepción los fragmentos de bosque no corresponden necesariamente al fragmento de hábitat. Mas aún, su hábitat puede ser continuo fuera del bosque, cuando este colinda con campos abandonados cubiertos por *Baccharis sp.* Desde este punto de vista, los estudios sobre fragmentación de hábitats deberían considerar lo que el organismo percibe como “hábitat” para determinar los efectos de la fragmentación de hábitats sobre las poblaciones y poner a prueba hipótesis asociadas al área del fragmento de hábitat y al efecto borde.

#### *Efecto del hábitat sobre el Éxito Reproductivo de S. desmursii:*

A pesar que no es uno de los objetivos de esta tesis, realicé un análisis exploratorio comparando la estructura vertical de la vegetación y la cobertura arbórea entre territorios con éxito reproductivo y territorios sin éxito reproductivo usando ANOVA de una vía. Los resultados muestran diferencias significativas para el RT al primer metro y para el RT acumulado (Anexo 2). Esto significa que las parejas

establecen y defienden territorios en sitios con mayor follaje, principalmente en el primer metro sobre el suelo, en comparación con los individuos solteros. Es posible que un mayor follaje en el sotobosque signifique una mayor protección para los individuos adultos y también para los nidos de *S. desmursii*, los que se encuentran muy ocultos entre el follaje denso de los arbustos. Por lo tanto, estas características del hábitat podrían ser seleccionadas por las parejas para establecer sus territorios.

#### **VI. Consecuencias para la conservación de *S. desmursii*:**

De acuerdo a mis resultados, el principal efecto de la fragmentación del hábitat sobre el éxito reproductivo de *S. desmursii* es el aislamiento de los individuos en fragmentos rodeados por extensiones de ambientes inhóspitos (ej. praderas, caminos). Los corredores de hábitat aumentarían la probabilidad de dispersión de individuos a otros fragmentos, aumentando el tamaño efectivo de la población y la superficie de hábitat disponible (Haddad 1999a, 1999b). Afortunadamente para esta especie no habría efectos negativos asociados a los bordes, por lo tanto la alta proporción de bordes que presentan los corredores (Haddad & Baum 1999) no sería un factor limitante para su efectividad como vía de dispersión de *S. desmursii* entre fragmentos de bosque.

En Chiloé existen mayoritariamente pequeños y medianos propietarios, que son dueños de predios menores a 50 ha. Esto ha provocado que los habitantes locales fragmenten el bosque acorde al tamaño de sus propiedades, originando muchos fragmentos de tamaños medianos (alrededor de 15 ha) y pequeños (<1 ha). En estos fragmentos se desarrollan arbustos y renovales bajos propicios para el desarrollo de esta ave. Luego, si en la mayoría de los terrenos bajo uso agropecuario se mantuvieran estos

fragmentos con matorrales densos y renovales compuestos por vegetación nativa, ya sea en quebradas o en cercos vivos, conectados a través de corredores de hábitat, sería posible que las poblaciones de *S. desmursii* puedan utilizar este paisaje como un hábitat continuo y sean viables en el largo plazo.

## LITERATURA CITADA

- Andrén, H. & P. Angelstam. 1988. Elevated predation rates as an edge effect in habitat islands: Experimental evidence. *Ecology* 69: 544 – 547.
- Andrén, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71: 355 – 366.
- Araya, B & G. Millie. 1989. Guía de campo de las aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Armesto, J.A., C. Villagrán & C. Donoso. 1994. Desde la era glacial a la industrial: la historia del bosque templado chileno. *Ambiente y desarrollo*. Marzo pp. 66 – 72.
- Askins, R.A. 1995. Hostile landscapes and the decline of migratory songbirds. *Science* 267: 1956 – 1957.
- Bayne, E. R. & K. A. Hobson. 1997. Comparing the effects of landscape fragmentation by forestry and agriculture on predation of artificial nests. *Conservation Biology* 11: 1418 – 1429.
- Bowers, M.A., S.F. Matter, J.L. Dooley Jr., J.F. Dauten & J.A. Simkins. 1996. Controlled experiments of habitat fragmentation: a simple computer simulation and a test using small mammals. *Oecologia* 108: 182 – 191.
- Brothers T.S. & A. Spingarin. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central indiana old-growth forests. *Conservation Biology* 6: 91 – 100.
- Brown J. & G. Orians. 1970. Spacing patterns in mobile animals. *Annual Review in Ecology and Sistematics*. Vol 1: 239 - 262

- Burgess, R.L. & D. M. Sharpe (eds.) 1981. Forests island dynamics in man-dominated landscapes. Springer, New York.
- Bustamante, R.R. & A. Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo* vol. XI nº 2, pp. 58-63.
- Chen, J., J. F. Franklin & T. A. Spies. 1992. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 2: 387-396.
- Darwin, C. (1860) *The Voyage of the Beagle*. (Natural History Library edition, 1962. Editada por L. Engle; Doubleday, Garden City N.Y.). Capítulos 8 y 9.
- DiCasteri, F. & E. R. Hajek 1976. Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile, Santiago, 127 pp.
- Falls, J. B. 1981. Mapping territories with playbacks: An accurate method for songbirds. En "Estimating numbers of terrestrial birds. (eds. C.J. Ralph and J. M. Scott). *Studies in Avian Biology* 6 pp. 86 - 91.
- Fagan, W.F, R.S. Cantrell & C. Costner. 1999. How habitat edges change species interactions. *American Naturalist* 153: 165 - 182.
- Fahrig, L. & G. Merriam. 1985. Habitat patch connectivity and population survival. *Ecology* 66: 1762 - 1768.
- Fahrig, L. & J. Paloheimo. 1988. Effect of spatial arrangement of habitat patches on local population size. *Ecology* 69 (2): 468 - 475.
- Gates, J.E. & L.W. Gysel. 1978. Avian nest predation and fledging success in field forest ecotones. *Ecology* 59: 871 - 883.
- Gill, F.B. 1995. *Ornithology*, second edition. W.H. Freeman and Company, New York, New York.

- Gilpin, M. E. & M. E. Soulé. 1986. Minimum populations: processes and species extinction. En M. E. Soulé (ed.) *Conservation Biology, the science of scarcity and diversity*: 13-34. Sinauer, Sunderland, Massachusetts.
- Goodall J. D., A. W. Johnson & R. A. Philippi. 1946. *Las aves de Chile, su conocimiento y sus costumbres*. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires.
- Haddad, N. M. 1999a. Corridor use predicted from behaviors at habitat boundaries. *American Naturalist* 153: 215 – 227.
- Haddad, N. M. 1999b. Corridor and distance effects on interpatch movements: a landscape experiment with butterflies. *Ecological Applications* 9: 612 – 622.
- Haddad, N. M. & K. A. Baum. 1999. An experimental test of corridor effects on butterfly densities. *Ecological Applications* 9: 623 – 633.
- Hagan, J.M., W.M. Vander Haegen & P.S. McKinley. 1996. The early development of forest fragmentation effects on birds. *Conservation biology* 10: 188 – 202.
- Haila Y., & I. Hanski. 1984. Methodology for studying the effect of forest fragmentation on land birds. *Annals Zoologica Fennica* 21: 393 – 397.
- Harris, L.D. 1984. *The fragmented forest*. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Hixon, M. A., F. L. Carpenter & D. C. Paton. 1983. Territory area, flower density, and time budgeting in hummingbirds: an experimental and theoretical analysis. *American Naturalist* 122: 366 – 391.
- Hixon, M.A. 1980. Food production and competitor density as the determinants of feeding territory size. *American Naturalist* 115: 510 – 530.

- Karr, J.R. 1982. Avian extinction on Barro Colorado Island, Panamá: a reassessment. *American Naturalist* 119: 220 – 239.
- Lande, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science*, 241: 1455 – 1460.
- Lara, A., C. Donoso & J.C. Aravena. 1996. La conservación del bosque nativo en Chile: Problemas y desafíos. En *Ecología de los bosques nativos de Chile*, J.J. Armesto, C. Villagrán y M. K. Arroyo eds. Editorial Universitaria, Santiago, pp 335-362.
- Lovejoy, T.E., R.O Bierregard, A.B. Rylands, J.R. Malcolm, C.E. Quintela, L.H. Harper, K.S. Brown, A.H. Powell, G.V.N. Powell, H.O.R. Schubart & M.B. Hays. 1986. Edge and other effects of isolation on amazon forest fragments. En *Conservation Biology, the science of the scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA, pp. 257 – 285.
- MacArthur, R. H & E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MacLean, S.F. & T.R. Seastedt. 1979. Avian territoriality: sufficient resources or interference competition. *American Naturalist* 114: 308 – 312.
- Marion, R.W., T.E. O'meara & D.S. Maehr. 1981. Use of playbacks recordings in sampling elusive or secretive birds. *Studies in avian biology* No. 6: 81-85.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 10 (2): 58-62.
- Opdam, P. 1991. Dispersal in fragmented populations: the key to survival. En: *Species dispersal in agricultural habitats* (eds R. G. H. Bunce & D. C. Howard). Belhaven Press, London, pp. 3 - 10.

- Pickett, S.T.A. & J.N. Tompson. 1978. Patch dynamics and the design of natural reserves. *Biological Conservation* 13: 27 – 37.
- Pimm, S. L., H. L. Jones & J. M. Diamond. 1988. On the risk of extinction. *American Naturalist* 132: 757 - 785.
- Robinson S.K., F.R. Thompson III, T.M. Donovan, D.R. Whitehead & J. Faaborg. Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science* 267: 1987 - 1990.
- Rosenberg, D.K., B.R. Noon & E.C. Meslow. 1997. Biological corridors: form, function, and efficacy. *BioScience* 67: 677 – 687.
- Rozzi, R., D. Martínez, M. F. Willson & C. Sabag. 1996. La avifauna de los bosques templados de Sudamérica. En *Ecología de los bosques nativos de Chile*, J.J. Armesto, C. Villagrán y M. K. Arroyo eds. Editorial Universitaria, Santiago, pp 141-142.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs & C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology* 5: 18 – 29.
- Sherman, P. T. & P. K. Eason 1998. Size determinants in territories with inflexible boundaries: manipulation experiments on White-Winged Trumpeters' territories. *Ecology* 79: 1147 – 1159.
- Sieving, K. 1992. Nest predation and differential insular extinction among selected forest birds of central Panama. *Ecology* 73 (6): 2310-2328.
- Sieving, K. E., M. F. Willson, And T. De Santo. 1996. Habitat barriers to movement of understory birds in South-temperate rainforest. *Auk* 113: 944 - 949.

- Sieving, K.E., M.F. Willson & T.L. De Santo. Defining corridors for endemic birds in fragmented south-temperate rainforest. *Conservation Biology* (en prensa).
- Simberloff, D. 1988. The contribution of population and community biology to conservation science. *Annual review of Ecology and Systematics* 19: 473-511.
- Simberloff, D., J.A. Farr, J. Cox, and D. W. Mehlman. 1992. Movement corridors: Conservation bargains or poor investments? *Conservation Biology* 6: 493-504.
- Small, M.F. & M.L. Hunter. 1988. Forest fragmentation and avian nest predation in forested landscapes. *Oecologia* (Berlin) 76: 62-64.
- Stacey, P.B. & M. Tarper 1992. Environmental variation and the persistence of small populations. *Ecological Applications* 2: 18 – 29.
- Sullivan, T. P. & W. Klener. 1992. Responses to Koford: red squirrel and supplementary feeding. *Journal of Mammalogy* 71: 579 – 590.
- Taylor, P.D., L. Fahrig, K. Henein & G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68: 571 – 573.
- Terborgh, J. 1974. Preservation of natural diversity: the problem of extinction prone species. *Bioscience* 24: 715-722.
- Tilman, D., R.M. May, C.L. Lehman & M.A. Nowak. 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65 – 66.
- Tischendorf, L. & C. Wissel. Corridors as conduits for small animals: attainable distances depending on movement pattern, boundary reaction and corridor width. *Oikos* 79: 603 – 611.
- Van Dorp D. & P.F.M. Opdam. 1987. Effect of patch size, isolation, and regional abundance on forest birds communities. *Landscape Ecology* 1: 59-73.

- Veblen, T.T., T. Kitzberger, B.R. Burns & A.J.Rebertus. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En *Ecología de los bosques nativos de Chile*, J.J. Armesto, C. Villagrán y M. K. Arroyo eds. Editorial Universitaria, Santiago, pp. 169 - 198.
- Vitousek, P.M., H. A. Mooney, J. Lubchenco & J. M. Merillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 227: 494 - 499.
- Vuilleumier, F. 1985. Forest birds of Patagonia: Ecological geography, speciation, endemism, and faunal history. *Ornithological monographs* No. 36: 254 - 304.
- Wilcove D.S. 1985. Nest predation in forest tracts and the decline of migratory songbirds. *Ecology* 66: 1211-1214.
- Wilcove, D.S., C.H. Mclellan & P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. En *Conservation Biology, the science of the scarcity and diversity*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA, pp. 237 - 256.
- Willson, M. F. & J. J. Armesto. 1996. The natural history of Chiloé: on Darwin's trail. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 149 - 161.
- Willson, M. F., T. L. De Santo, C. Sabag And J. J. Armesto. 1994. Avian communities of fragmented south temperate rainforest in Chile. *Cons. Biol.* 8: 508-520.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biological diversity. En *Biodiversity*, E.O. Wilson (ed.), National Academy Press. Washington DC.
- Zar, J. H. 1996. *Bioestatistical analisis*. Edition Prentice-Hall, New Jersey, 662 pp.

## ANEXO 1

Estructura vertical de la vegetación y porcentaje de cobertura arbórea de cada uno de los territorios estudiados en los fragmentos de bosque en Chiloé. Se indican los resultados para cada intervalo de un metro, y para la columna completa de tres metros (Total acumulado).

Sitios	Estructura vertical de la vegetación (RT) ± 1EE				Cobertura Abórea (%)
	Metro 1	Metro 2	Metro 3	Total acumulado	
<i>Cruce San Juan</i>	9,4±1,0	7,9±0,7	5,6±0,7	22,8±1,3	0 – 25
<i>Arizmendi</i>	8,4±0,7	8,3±0,7	5,7±0,6	22,5±1,6	0,0
<i>Vidal</i>	6,3±0,7	6,0±0,5	5,0±0,7	17,7±1,2	0 – 25
	4,5±0,5	4,6±0,4	5,3±0,6	14,4±0,9	0 – 25
<i>Maria Soto</i>	7,2±0,7	7,1±0,5	7,0±0,5	21,3±0,9	0 – 25
	9,9±0,6	10,1±0,7	2,6±0,6	22,6±1,3	0 – 25
	7,0±0,7	5,0±0,6	5,1±0,5	16,7±1,1	0 – 25
	10,8±1,1	5,9±0,7	3,0±0,6	19,7±1,2	0 – 25
<i>Helda</i>	2,9±0,4	3,9±0,8	3,8±0,3	10,6±1,2	0 – 25
	2,9±0,4	5,3±0,5	7,0±0,5	15,1±1,1	0 – 25
	3,7±0,4	5,3±0,6	7,5±0,5	16,4±1,0	0 – 25
	7,9±0,4	8,6±0,7	5,2±0,5	21,4±1,2	0 – 25
<i>Erica Cárcamo</i>	6,0±0,7	4,2±0,7	3,7±0,6	13,9±1,2	25 – 50
	5,0±0,4	4,2±0,5	3,1±0,6	12,3±1,1	25 – 50
<i>Senda Darwin</i>	4,0±0,5	6,7±0,7	7,6±0,6	18,2±1,3	0,0
	11,3±0,8	9,4±0,7	2,1±0,5	22,7±1,3	0,0
<i>Aguila Carcamo</i>	6,5±0,7	6,2±0,6	6,4±0,6	19,1±1,2	25 – 50
	8,0±0,7	11,4±1,0	7,3±0,8	26,6±1,7	25 – 50
	5,4±0,5	7,7±0,8	6,6±0,6	19,4±1,4	25 – 50
<i>Koenigh</i>	5,5±0,6	7,8±0,7	4,7±0,6	17,9±1,2	0 – 25
	11,8±0,6	3,9±0,8	0,1±0,2	15,8±1,1	0 – 25
	10,8±0,8	3,7±0,6	0,0	14,5±0,9	0 – 25
	13,0±0,6	3,6±0,7	0,0	16,6±0,8	0 – 25

## ANEXO 2

Relación entre la estructura vertical de la vegetación de los hábitats usados por *S. desmursii* y su Éxito Reproductivo (ER). Se comparó el valor de RT para cada intervalo de un metro sobre el nivel del suelo, el valor RT acumulado y el % de cobertura arbórea para sitios con y sin ER usando ANOVA de una vía.

(\*\*) indica diferencias significativas.

	Suma de cuadrados	gl	F	P
Metro 1	47,695	1	6,885	0,016**
Metro 2	15,282	1	3,453	0,077
Metro 3	7,082	1	1,265	0,273
Total	64,653	1	5,016	0,036**
Cobertura	3247,563	1	7,629	0,012**