

UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza

Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza

EFFECTO DE LA DISTANCIA DE TRASLADO SOBRE LA CONDUCTA DE MOVIMIENTO Y
SOBREVIVENCIA DEL RATÓN DE PELO LARGO (*Abrothrix longipilis*)

Proyecto de Grado presentado para optar al Grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza que otorga la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, y al Título Profesional de Médico Veterinario que otorga la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.

NÉLIDA R. VILLASEÑOR

Licenciado en Medicina Veterinaria

SANTIAGO - CHILE

2010

VILLASEÑOR, N.R. 2010. Efecto de la distancia de traslado sobre la conducta de movimiento y sobrevivencia del ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*). Proyecto de Grado para obtener el Grado de Magíster y el Título Profesional de Médico Veterinario. Universidad de Chile. 48 pp.

Proyecto de Grado presentado como uno de los requisitos para optar al Grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza que otorga la Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, y al Título Profesional de Médico Veterinario que otorga la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias.

Profesor Guía

Nombre ____CRISTIÁN ESTADES MARFÁN____

Nota ____7,0 (Siete, cero)_____

Firma _____

Profesora Consejera

Nombre ____AUDREY GREZ_____

Nota ____7,0 (Siete, cero)_____

Firma _____

Profesor Consejero

Nombre ____PEDRO CATTAN_____

Nota ____7,0 (Siete, cero)_____

Firma _____

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

Mediante estas líneas deseo agradecer a quienes hicieron posible la realización de este proyecto, y a quienes contribuyeron en mi desarrollo tanto profesional como personal.

Agradezco a los voluntarios Valentina Latorre, Daniča Mandacovic, Rafael Urbina, y a los asistentes del Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS) Roberto Thomson y Sandra Uribe, quienes contribuyeron en la toma de datos en terreno.

Mi amigo Hugo Salinas y el ahora malogrado “Big Samuka” apoyaron ensayos preliminares en terreno.

Mis profesores Audrey Grez y Pedro Cattán contribuyeron en mi aproximación hacia la disciplina de la Ecología, y realizaron importantes aportes a este manuscrito.

Agradezco a la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) que a través de su programa de Becas para Estudios de Magíster en Chile financió mis estudios de magíster. El Ministerio de Educación, por medio de la Beca Juan Gómez Millas, financió parcialmente mis estudios de pregrado.

Aportes provenientes de la Fundación para la Innovación Agraria (proyecto FIA-PI-C-2003-1-F-051 (CFE)), el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT-1080463 (CFE)) y la empresa forestal MASISA S.A. permitieron la ejecución de este trabajo.

Agradezco a mi amigo Carlos Maturana, quien me aconsejó durante mis primeros “tropiezos” en el camino hacia la ciencia de la Ecología Aplicada.

Agradezco a Martín Escobar, quien brindó apoyo logístico al proyecto y realizó aportes relevantes al diseño del estudio y a este manuscrito. Además, es quien ha contribuido e incentivado en gran medida mi formación como investigador.

Agradezco a Cristián Estades, por darme la oportunidad de desarrollar mi proyecto de investigación en el área que deseaba, donde al final del período eventuales frustraciones (e.g. *Pteroptochos castaneus*, *Scelorchilus rubecula*, *Thylamys elegans*) se compensan con la experiencia y los conocimientos ganados a partir de un referente en la investigación y manejo a favor de la conservación de fauna chilena.

Agradezco a cada uno de mis amigos y familiares por sus consejos, cariño y compañía. A mi padre y a mi madre quienes propulsaron, apoyaron, financiaron y confiaron en mis decisiones académicas.

Finalmente, debo agradecer la fortuna de compartir (¿competir?) con diversas especies animales, ya que ellas son una de las principales fuentes de asombro, inspiración y motor en mi vida.

... a todos, gracias.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABLAS.....	8
RESUMEN	9
PALABRAS CLAVES	9
SUMMARY	10
KEY WORDS	10
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVO	14
MATERIAL Y MÉTODOS	15
Área de estudio	15
Caracterización de la especie.....	15
Diseño experimental.....	16
<i>Diseño del estudio</i>	16
<i>Selección de sitios de captura y liberación</i>	16
<i>Captura y manejo de los roedores</i>	17
<i>Monitoreo post-liberación</i>	18
Análisis de datos	19
RESULTADOS.....	21
Distancias de movimiento	22
Dirección del movimiento respecto al sitio de captura	26
Retorno al sitio de captura	27
Sobrevivencia de los individuos.....	28
Causas de muerte	29
DISCUSIÓN	31
Conducta de movimiento de los individuos	31
Sobrevivencia y posibles causas de muerte	33
Implicancias en el manejo de poblaciones animales.....	35
CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA	41

APÉNDICES48

 Apéndice A

 Especies de roedores registrados en los sitios de captura definidos para *Abrothrix longipilis*.
 48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de sitios de captura (A) y ejemplos gráficos del diseño experimental (B-C)	21
Figura 2: Distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación (A) y distancia total recorrida (B) por cada individuo, de acuerdo a la distancia de traslado.....	24
Figura 3. Regresiones lineales de la distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación en función a la masa de los individuos, para cada distancia de traslado.....	25
Figura 4: Orientaciones angulares de <i>A. longipilis</i> liberados a 0 m (a), 100 m (b), 500 m (c) y 1300 m (d) del sitio de captura.....	27
Figura 5. Probabilidad de retorno al sitio de captura en función de la distancia de traslado (m)	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modelos lineales para el análisis de las distancias de movimiento.....	23
Tabla 2. Tabla de contingencia donde se señala para los grupos de traslado ≤ 100 m y ≥ 500 m los individuos totales (N), número de individuos (n) y porcentajes (%) observados y esperados de sobrevivencia y mortalidad, junto al valor del test estadístico chi-cuadrado (χ^2).....	29
Tabla 3. Descripción de individuos muertos. Se indican los resultados de la exploración externa de los cadáveres y causa más probable de muerte.....	30

RESUMEN

Relocalizar animales ha surgido como una herramienta popular en el manejo de vida silvestre a nivel mundial. Sin embargo, trasladar animales involucra riesgos y sus resultados pueden variar por diversos factores. Para proveer información acerca del efecto de la distancia de traslado sobre la conducta de movimiento y sobrevivencia de animales, durante la época reproductiva de 2008 y 2009, 40 individuos del ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*) fueron translocados a diferentes distancias de sus territorios, en las comunas de Quirihue y Cobquecura (36°13'S 72°40'W), Chile central. Las capturas fueron conducidas en diez sitios con cubierta boscosa. En cada sitio se capturó y ajustó un radio-collar a cuatro machos adultos, que luego fueron liberados individualmente a las distancias de 0 (control), 100, 500 y 1300 m de sus territorios, en sitios con hábitat adecuado y donde hubo continuidad en la cubierta boscosa entre el sitio de captura y de liberación. Posteriormente, se registró la localización y sobrevivencia de cada individuo durante tres días. Se observó que los roedores translocados exploraron el entorno y mostraron una baja permanencia en el sitio de liberación, a diferencia del grupo control, alejándose más del sitio de liberación y recorriendo más largas distancias cuando la distancia de traslado aumentó. La probabilidad de retorno fue alta a cortas distancias, y declinó drásticamente a distancias más largas. Sólo los individuos trasladados a 100 m dirigieron su movimiento hacia los sitios de origen, sugiriendo que el retorno fue facilitado por cortas distancias de traslado, por sobre una habilidad de navegación. Se detectó un efecto negativo de la distancia de traslado sobre la sobrevivencia de los roedores. La mortalidad fue mayor en individuos liberados a ≥ 500 m (22%), que en sujetos liberados cercanos al sitio de captura (0%), y la principal causa de muerte fue enfrentamientos entre roedores, incrementando el riesgo de mortalidad al recorrer sitios desconocidos y la liberación de animales en áreas ocupadas por otros roedores. La elevada probabilidad de retorno a cortas distancias de traslado, la baja permanencia en el sitio de liberación y el incremento de la mortalidad a largas distancias de traslado en *A. longipilis*, subrayan la necesidad de una fuerte justificación para las translocaciones animales y la búsqueda de medidas de manejo más eficientes en contribuir a la conservación y al bienestar animal.

PALABRAS CLAVES

Translocación, micro-mamífero, movimiento, retorno, sobrevivencia, *Abrothrix longipilis*.

SUMMARY

Animal relocation has emerged as a popular tool in wildlife management throughout the world. However, animal translocation involves risks and its success depends on numerous factors. In order to increase our knowledge on the effect of translocation distance on animal movement behaviour and survival, during the breeding seasons of 2008 and 2009, 40 Long-haired Field Mice (*Abrothrix longipilis*) were translocated at different distances from their territories in Quirihue and Cobquecura (36°13'S 72°40'W), central Chile. We live-trapped mice at ten sites with forest cover. At each site we selected four adult males, to which we attached a radio-transmitter, and then released individually at 0 (control), 100, 500 and 1300 m from the capture site, in areas with suitable habitat and continuous forest cover between capture and release sites. After release, we recorded the location and survival of each individual during three days. Our experiment showed that translocated animals explored the surroundings and had a low fidelity to release-site, as opposed to the control group. Maximum distance moved from the release point and total distance travelled were positively related to translocation distance. There was a higher probability of returning to the capture site at shorter translocation distances. Only individuals translocated at 100 m showed directionality, moving towards their capture site, suggesting that the homing was favored by short translocation distances above navigational skills. We also detected a negative effect of translocation distance on rodent survival. At release distances ≥ 500 m mortality was higher (22%) than that of individuals released close to the capture site (0%), and the main death cause was fights between rodents, where mortality risk was increased by the movement through unknown sites and due to the release of animals into already occupied areas. High return rate at short distances, low release-site fidelity and an increased mortality at longer release distances underscore the need for a strong justification of wildlife translocation and search for alternative techniques more effective in contributing to animal welfare and conservation.

KEY WORDS

Translocation, small mammal, movement, homing, survival, *Abrothrix longipilis*.

INTRODUCCIÓN

El traslado de animales se ha utilizado por múltiples propósitos, clasificándose en tipos de acuerdo al origen de los animales involucrados y las áreas de liberación. Fischer y Lindenmayer (2000) agruparon bajo el término de *relocalización de fauna* a “cualquier movimiento humano de un animal o una población de animales de una localización a otra”, e identificaron cuatro tipos de relocalizaciones, acordes a las señaladas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN): (i) *introducciones* (i.e. intento de establecer especies fuera de su rango de distribución original), (ii) *reintroducciones* (i.e. intento de establecer una especie en un área que fue parte de su rango de distribución histórica, pero de la que ha sido extirpada o extinta), (iii) *translocaciones o desplazamientos* (i.e. movimiento deliberado y mediado de individuos o poblaciones silvestres en el rango de su distribución actual), y (iv) *suplementaciones* (i.e. adición de individuos a una población existente de congéneres) (IUCN, 1998; UICN, 1998; Fischer y Lindenmayer, 2000; Dublin y Niskanen, 2003).

En el ámbito científico, a través de la conducta de movimiento de animales relocalizados se han explorado fenómenos a diferentes escalas, brindando información empírica en algunas áreas donde dominaba el conocimiento teórico (Lima y Zollner, 1996). Por ejemplo, mediante el análisis de las trayectorias de individuos translocados se han estudiado los mecanismos involucrados en procesos de orientación y navegación (e.g. Newsome *et al.*, 1982; Bovet, 1984; Jamon y Bovet, 1987), la habilidad de percibir elementos clave en el paisaje, la dispersión y colonización de parches de hábitat y la conectividad del paisaje (e.g. Zollner y Lima, 1997; Gillis y Nams, 1998; Zollner y Lima, 1999; Bélisle *et al.*, 2001; Mech y Zollner, 2002; Goheen *et al.*, 2003; Castellón y Sieving, 2006; Rizkalla y Swihart, 2007; Boscolo *et al.*, 2008; McGregor *et al.*, 2008; Forero-Medina y Vieira, 2009; Prevedello, 2009).

Por otra parte, trasladar animales de un sitio a otro ha surgido como una herramienta popular en el manejo de vida silvestre (Griffith *et al.*, 1989; Wolf *et al.*, 1996; Fischer y Lindenmayer, 2000; Conover, 2002; SAG, 2004; Edgar *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2007). La mayoría de los programas documentados que han incluido relocalizar animales en el rango de su distribución han intentado resolver conflictos entre hombres y animales, suplementar poblaciones de animales de caza o conservar una especie (Griffith *et al.*, 1989; Fischer y

Lindenmayer, 2000; Conover, 2002); mientras que en la actualidad es usualmente implementada como una medida tendiente a mitigar los impactos ambientales de diversos proyectos de inversión, bajo el nombre de *rescate de fauna* (SAG, 2004; Edgar *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2007).

A pesar de que la relocalización se ha utilizado ampliamente como una medida de manejo de poblaciones animales, relocalizar individuos involucra riesgos, tanto para los sujetos trasladados como para la comunidad ecológica receptora (Wolf *et al.*, 1996). Además, el cumplimiento de su objetivo como medida de manejo no es garantizado sólo por la ejecución del traslado y liberación de animales. Griffith *et al.* (1989) encontró que el 56% de 80 relocalizaciones conducidas por propósitos de conservación con miles de aves y mamíferos amenazados, en peligro o sensibles, fallaron en establecer poblaciones autosustentables, mientras que Munthali y Mkanda (2002) reportaron que incluso pueden terminar en eventos desastrosos. A su vez, Fischer y Lindenmayer (2000) descubrieron que aquellas translocaciones que tuvieron como propósito resolver conflictos hombre-animal generalmente fracasaron.

Las respuestas animales frente a la relocalización varían de acuerdo a una combinación de factores que incluyen atributos de las especies e individuos involucrados, circunstancias particulares del traslado y liberación, además de características del sitio y del entorno, por lo que es esperable que distintos programas de relocalización conduzcan a resultados diferentes.

El retorno al sitio de origen luego de la relocalización ha sido documentado en diferentes taxones (*e.g.* invertebrados, Vicens y Bosch, 2000; peces, Griffiths, 2003; anfibios, Madison y Shoÿp, 1979; Edgar *et al.*, 2005; lagartos, Ellis-Quinn y Simon, 1989; aves, Bèlisle *et al.*, 2001; mamíferos como marsupiales, Cowan, 2001; ardillas, Van Vuren *et al.*, 1997; mapaches, Belant, 1992; lobos, Bradley *et al.*, 2005; osos, Rogers, 1986), por lo que diversas estrategias han sido implementadas en la búsqueda de incrementar la permanencia de los sujetos en el sitio (*i.e.* fidelidad al sitio de liberación) y disminuir el retorno de los animales, con diferentes resultados (*e.g.* Bright y Morris, 1994; Bradley *et al.*, 2005; Hardman y Moro, 2006). Sin embargo, la distancia de traslado parece ser uno de los factores más relevantes en evitar el retorno de los individuos (Conover, 2002). Estudios han documentado que la tasa de retorno decrece con el incremento de la distancia de traslado (Joslin, 1977; Rogers, 1986; Blanchard y

Knight, 1995; Bradley *et al.*, 2005; Landriault *et al.*, 2009), donde los animales podrían dejar de retornar más allá de una distancia umbral.

Los mamíferos son uno de los grupos donde se han realizado más translocaciones (Griffith *et al.*, 1989; Linnell *et al.*, 1997; Fischer y Lindenmayer, 2000; Conover, 2002; SAG, 2004). En general, mamíferos con grandes ámbitos de hogar pueden desplazarse largas distancias (Bowman *et al.*, 2002), no asentarse en el sitio de liberación y retornar largos trayectos (*e.g.* Rogers *et al.*, 1986; Linnell *et al.*, 1997; Bradley *et al.*, 2005; Landriault *et al.*, 2006; Landriault *et al.*, 2009). Sin embargo, pequeños mamíferos pueden orientar su movimiento a través de la detección de elementos conocidos en el ambiente (Newsome *et al.*, 1982; Van Vuren *et al.*, 1997; Zollner y Lima, 1999), por habilidades de navegación y cálculo de direcciones (August *et al.*, 1989; Séguinot *et al.*, 1993; Edgar, 2004), o bien retornar a través de una búsqueda aleatoria desde el sitio de liberación, o por una combinación de mecanismos (Joslin, 1977; Bovet, 1984); pudiendo presentar diferencias en la habilidad perceptual y memoria espacial especies de un mismo género, o sexos de la misma especie (*e.g.* Barkley y Jacobs, 2007), donde el proceso de orientación incluso puede ser dinámico, cambiando con la experiencia o la edad.

Además, atributos particulares de las especies e individuos trasladados pueden influir en la propensión de los individuos a retornar. Por ejemplo, sujetos adultos que pudieron ser removidos de su territorio, separados de su pareja o descendencia, presentarían un mayor estímulo para retornar que juveniles y subadultos (Bradley *et al.*, 2005; Landriault *et al.*, 2009).

Por otra parte, los animales relocados pueden sufrir daño e incluso morir cerca de la liberación producto del estrés y heridas provocadas durante la captura, el manejo y el traslado (Conover, 2002). Más tarde, en el nuevo sitio, los sujetos pueden tener dificultades para encontrar alimento y refugio, o en evitar depredadores y otros peligros (Cowan, 2001; Bright y Morris, 1994), no establecerse en el sitio de liberación, recorrer largas distancias e incluso retornar al sitio de origen, provocando la relocalización un aumento del estrés (Teixeira *et al.*, 2007), riesgo a conflictos intra e interespecíficos, depredación y otras causas de muerte (Van Vuren *et al.*, 1997; Adams *et al.*, 2004; Bakker y Van Vuren, 2004).

Desde el punto de vista del manejador de fauna, si los sujetos retornan al sitio del que fueron removidos la medida implicaría una exposición innecesaria a mayores costos energéticos y riesgo de mortalidad, además del despilfarro de recursos.

A pesar de la popularidad de las relocalizaciones animales y de los resultados negativos que pueden presentar, una baja proporción de los ensayos conducidos como medida de manejo de poblaciones animales documenta el efecto de la translocación sobre variables biológicamente significativas de las especies involucradas.

Por lo tanto, es evidente la necesidad de acompañar los programas de relocalización (*i.e.* captura, traslado y liberación de individuos vivos) con un buen diseño de monitoreo de los animales involucrados, y reportar los resultados obtenidos, tanto éxitos como fracasos.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la distancia de traslado sobre:

- (i) la conducta de movimiento del ratón de pelo largo (*A. longipilis*) luego de la liberación, mediante el análisis de variaciones de las distancias recorridas, la direccionalidad del movimiento y el eventual retorno al sitio de origen; y
- (ii) la sobrevivencia del ratón de pelo largo (*A. longipilis*), en el corto plazo.

Junto a lo anterior, este estudio sugiere un diseño metodológico para el monitoreo y evaluación de los traslados de animales, en el corto plazo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en los predios “El Guanaco” y “El Tollo”, propiedad de la forestal MASISA S.A., emplazados en las comunas de Quirihue y Cobquecura (36°13’S 72°40’W), Provincia de Ñuble, Región del Bío Bío, Chile central.

El clima del área se caracteriza por veranos calurosos y secos, e inviernos fríos y lluviosos, con influencia de la cercanía a la costa (Di Castri y Hajek, 1976). El área es parte de la distribución natural del bosque decíduo costero de la zona central, dominado por *Nothofagus glauca* (hualo). A pesar de la considerable riqueza florística marcada por endemismos (Gajardo, 1994; San Martín y Donoso, 1996), históricamente se ha centrado el mayor impacto antrópico en este bosque. Su perturbación inicial fue motivada por la necesidad de terrenos para una agricultura de subsistencia y por la explotación para obtener madera de construcción, de exportación y material para combustible (e.g. leña y carbón), fragmentando y reduciendo el área de los antaño dominantes bosques de *Nothofagus* (San Martín y Donoso, 1996). En la actualidad, una elevada proporción del área se encuentra cubierta por plantaciones con especies exóticas, como *Pinus radiata* (Pino Insigne) y *Eucaliptus globulus* (eucalipto), generando en el paisaje un mosaico de parches de diferente calidad del hábitat para animales de bosque, ahora dominado por plantaciones de pino (Estades y Temple, 1999).

Caracterización de la especie

El ratón de pelo largo (*Abrothrix longipilis*) posee una abundante representación en Chile (Mann, 1978), distribuyéndose desde la Región de Coquimbo hasta Punta Arenas (Mann, 1978; Muñoz-Pedrerros, 2000). Junto al ratón oliváceo (*A. olivaceus*), el ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*) y la yaca (*Thylamys elegans*), es una de las principales especies que componen el ensamble de pequeños mamíferos de bosques y plantaciones de pino adultas del centro-sur de Chile (Muñoz y Murúa, 1989; Kelt, 2000; Muñoz-Pedrerros, 2000; Saavedra, 2003), siendo la especie de micromamífero que exhibe mayor asociación a la cobertura boscosa y mayor abundancia en plantaciones de pino adultas que otras especies que habitan sistemas forestales industriales en la costa de Chile central (FIA, 2007).

A pesar de la amplia distribución y abundancia de *A. longipilis* en Chile, se encuentra en la Categoría de Conservación “Inadecuadamente conocida” (SAG, 2006).

Diseño experimental

Diseño del estudio

En el área de estudio se seleccionaron 10 sitios con cubierta boscosa en las plantaciones de Pino Insigne. En cada sitio se capturó y ajustó un collar radiotransmisor a cuatro machos adultos de *A. longipilis*, georreferenciando las trampas en que fueron capturados con Sistemas de Posicionamiento Global (GPSs Garmin eTrex Vista® HCx). A cada individuo radio-marcado se le asignó de manera aleatoria una de cuatro distancias de traslado desde el lugar de captura: 0, 100, 500 y 1300 m. La distancia de traslado de 0 m corresponde a captura y liberación en el lugar (*i.e.* testigo o control), y permitió evaluar un posible efecto del radio-collar sobre la sobrevivencia y conducta de movimiento de los roedores trasladados.

Los individuos radio-marcados fueron mantenidos en el sitio de captura hasta el atardecer, momento en el que fueron trasladados y liberados en áreas con hábitat adecuado y continuidad en la cubierta de bosque entre los sitios de captura y de liberación. Todos los puntos de liberación fueron georreferenciados a través de GPSs.

Cada individuo fue trasladado una sola vez, evitando los sesgos que podría causar la reutilización de las muestras.

Selección de sitios de captura y liberación

La selección de los sitios de captura se realizó con ayuda de fotografías aéreas, mapas y visitas al lugar. Los criterios de selección fueron definidos por el objetivo de evaluar el efecto de la distancia de traslado sobre la conducta de movimiento y sobrevivencia de los individuos, donde las principales restricciones fueron la edad y la extensión de las plantaciones de Pino Insigne con cubierta boscosa (>10 años de edad), la probabilidad de captura de la especie de estudio en los diferentes sitios, y el acceso a ellos.

En cada sitio de captura se seleccionaron cuatro puntos de liberación en función de las distancias de traslado a evaluar (*i.e.* 0, 100, 500 y 1300 m), donde las principales restricciones fueron la continuidad en la cubierta de bosque entre los sitios de captura y de liberación, y la facilidad en el recorrido de la ruta de traslado. Además, los tres sitios de traslado efectivo (≥ 100 m) fueron similares en composición y estructura al sitio de origen, por lo que los individuos pudieron satisfacer sus requerimientos de comida y refugio.

Captura y manejo de los roedores

Las relocalizaciones fueron conducidas desde 20 de febrero a 1 de marzo de 2008, y desde 7 de enero a 17 de febrero de 2009, correspondiendo al período en que la especie estudiada se encuentra en época reproductiva.

Los roedores fueron capturados vivos mediante el uso de trampas colapsables de captura viva tipo Sherman, cebadas con avena (Jones *et al.*, 1996) y ubicadas en sitios con cubierta de bosque. Para capturar un mínimo de cuatro machos adultos de *A. longipilis* por sitio de muestreo, se dispuso en cada sitio *ca.* 80 trampas/noche por hasta tres noches, abarcando una superficie *ca.* 1 há. Las trampas fueron revisadas al amanecer siguiente a la noche de actividad.

Los roedores diferentes a *A. longipilis* fueron registrados y liberados sin procesar en el lugar. Cada individuo capturado de la especie de estudio fue manipulado y procesado de acuerdo a las normas del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), y marcado a través de un crotal metálico con un número de serie única. A los machos adultos de la especie seleccionados para los ensayos de traslado, se les ajustó un radiotransmisor *ca.* 3 g. en el año 2008 (modelo A2475, Advanced Telemetry Systems®, adaptado como collar), mientras que a los roedores en el año 2009 se les ajustó un radio-collar *ca.* 3,6 g., con sensor de mortalidad incorporado (modelo TXD-110C, Telenax®). Posterior al ajuste del radiotransmisor, los sujetos fueron mantenidos en el interior de jaulas individuales en el sitio de captura.

Mantener a los roedores en jaulas individuales por *ca.* 9 horas en el sitio de captura proporcionó un refugio efectivo contra posibles depredadores, evitó el traslado innecesario de los animales para su mantención (eludiendo un incremento del error en el diseño por variables no controladas), proporcionó un mayor acostumbramiento al radio-transmisor previo a la

liberación, y permitió corregir eventos no deseados en relación a la sujeción del collar. Por ejemplo, collares sueltos favorecerían su caída y pérdida, mientras que collares apretados podrían causar daño al animal, como edema cutáneo (*i.e.* aumento del volumen de la piel por acumulación de líquido), disnea (*i.e.* dificultad respiratoria) o disfagia (*i.e.* dificultad al deglutir o tragar), pudiendo llevar incluso a la muerte por asfixia o inanición.

Al atardecer del día de captura (ca. 19:00 horas) los roedores fueron trasladados hasta sitios de liberación previamente seleccionados. El traslado se realizó al interior de jaulas de reja individuales cargadas cuidadosamente por investigadores que recorrieron caminando la ruta de traslado, navegando con la ayuda de GPSs. Una vez en el sitio de liberación, el roedor fue liberado y el investigador abandonó el sitio silenciosamente.

Si bien Muñoz-Pedrerros (1992) sugirió un período de actividad continua en la zona de Concepción para *A. longipilis*, ensayos previos en el área de estudio señalan una menor actividad durante el día (*datos no publicados*), por lo que el traslado durante el atardecer podría contribuir a una mejor percepción del entorno durante el desplazamiento.

Al concluir el monitoreo del individuo, se recapturó al animal radio-marcado ubicando trampas tipo Sherman alrededor del punto de emisión de la señal del radiotransmisor. Una vez recapturado, el collar fue removido y el sujeto fue liberado en el lugar.

Monitoreo post-liberación

El monitoreo de los individuos trasladados se realizó mediante la detección de la señal emitida desde el radiotransmisor por uno o dos investigadores equipados con un receptor conectado a una antena Yagi de tres elementos, a través de triangulación cercana (*i.e.* registro de la dirección de la señal del radiotransmisor simultáneamente desde dos posiciones) y aproximación cuidadosa al sitio de emisión de la señal.

El monitoreo de cada individuo se realizó al menos una vez al día (8:00-12:00 y 17:00-20:00) registrando la dirección y localización de los individuos con ayuda brújulas y GPSs. El monitoreo de cada roedor trasladado se prolongó durante tres días o hasta que ocurrió algún evento terminal, como la muerte de los individuos o el retorno al sitio de captura.

Cuando la señal de un radiotransmisor no fue detectada en alguno de los monitoreos, uno o dos investigadores recorrieron con los equipos el sitio de captura y de liberación, asegurando la detección de la señal en toda la superficie involucrada, hasta un buffer de al menos ca. 80 m. Esta técnica permitió afirmar con mayor certeza la ausencia de los individuos en el lugar.

Cuando ocurrió muerte de los sujetos, se recuperó y exploró externamente el cuerpo para determinar, dentro de lo posible, la causa de muerte.

Análisis de datos

Para cada individuo se calculó la distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación, definida como la distancia euclideana entre el punto de liberación y la localización más alejada de él, registrada en los tres días de monitoreo. Además, se calculó para cada sujeto la distancia total recorrida, expresada como la suma de las distancias euclidianas que separan localizaciones diarias sucesivas.

A través de modelos lineales (ML) se analizó el efecto de la distancia de traslado sobre las distancias de movimiento calculadas.

Debido a diferencias de masa corporal observadas entre sujetos, mediante regresiones lineales se analizó para cada distancia de traslado la relación entre la masa corporal de los individuos translocados y las distancias de movimiento registradas.

Para cada individuo se calculó la diferencia angular entre el vector descrito por el punto de liberación y el sitio de origen (*i.e.* el cero en una distribución circular), y el vector descrito por el punto de liberación y la localización registrada en el primer monitoreo, cálculo que fue repetido con el último monitoreo. La orientación del movimiento hacia el lugar de origen fue analizada para cada distancia de traslado usando V-test, prueba que señala si los vectores descritos por los individuos fueron no-aleatorios y agrupados en dirección al sitio de origen (Batschelet, 1981; Zar, 1984).

El retorno de los individuos al sitio de captura se definió como el registro del sujeto, en al menos uno de los monitoreos, a una distancia ≤ 60 m del punto de captura (*i.e.*

georreferencia de la trampa en que el individuo fue capturado). Esta distancia corresponde al diámetro de la circunferencia que describe la superficie señalada como ámbito de hogar para la especie en primavera (2.758 m²) (Muñoz-Pedrerros, 1992).

Tanto la sobrevivencia de los individuos, como el retorno al sitio de captura, variables de tipo binomial, fueron analizadas mediante regresiones logísticas, señalando la probabilidad esperada para cada evento a una distancia de traslado dada.

Finalmente, se condujo la prueba estadística chi-cuadrado (X^2) para detectar diferencias significativas en la proporción de mortalidad observada entre distancias de traslado.

Gráficos y pruebas de estadística circular fueron calculados en Oriana 3.10 (Kovach Computing Services, Wales, UK), mientras que el resto de los análisis fueron conducidos en el programa R.2.8.1 (R Development Core Team, 2008).

RESULTADOS

Las capturas fueron realizadas en diez sitios (Figura 1A). Debido a restricciones durante el trabajo en terreno, junto a dificultades en la captura de cuatro machos adultos de *A. longipilis* por lugar de muestreo, en dos de los sitios se ubicó un nuevo sitio junto a ellos. Como resultado, ocho individuos fueron capturados, trasladados y liberados en puntos diferentes, replicando cada distancia de traslado y donde el área total de captura fue ca. 2 há. (Figuras 1B y 1C).

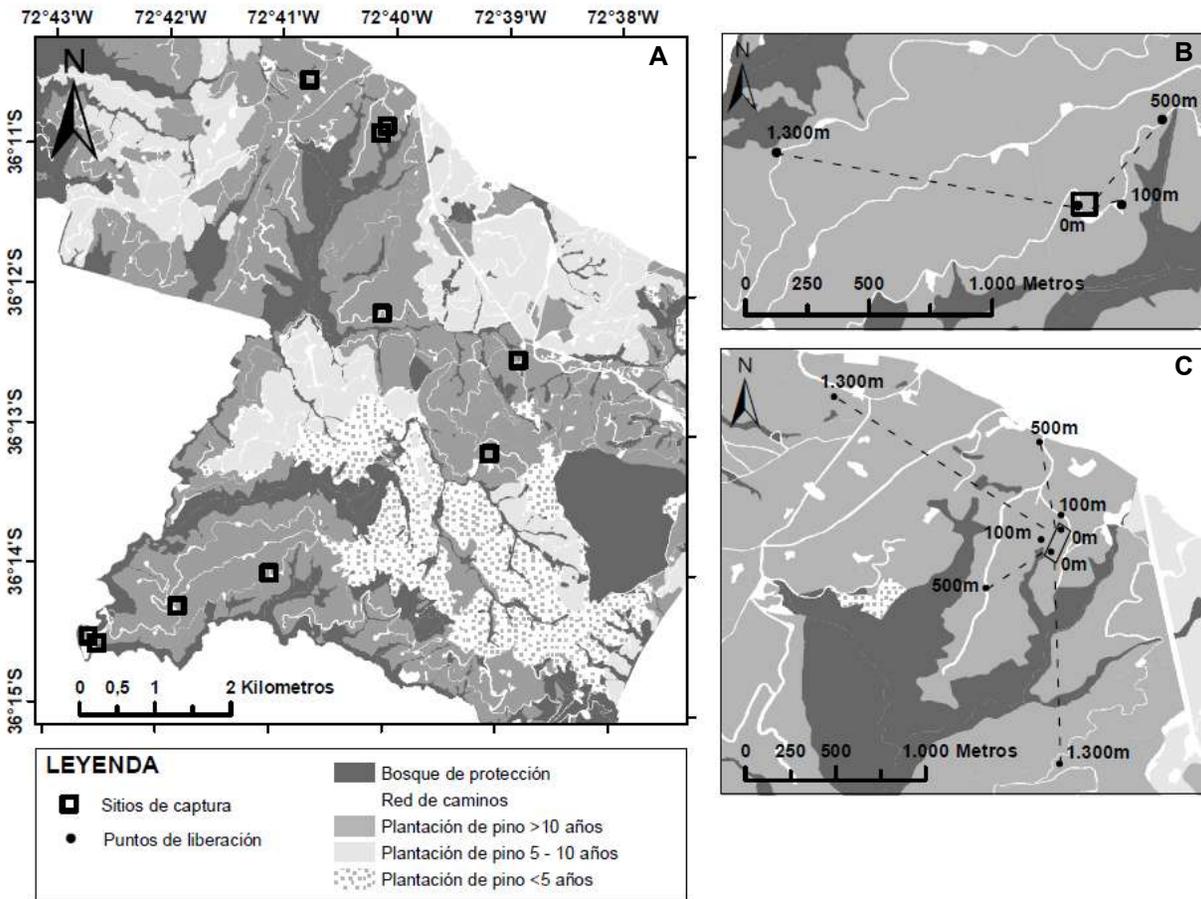


Figura 1. Ubicación de sitios de captura (A) y ejemplos gráficos del diseño experimental (B-C). B) Sitio de captura donde cuatro individuos fueron trasladados. C) Sitios de captura contiguos, donde ocho individuos fueron trasladados y liberados en puntos diferentes.

Siete especies de roedores fueron capturados en el área de estudio. Junto a *A. longipilis*, en todos los sitios de captura fue detectado a *A. olivaceus*. *O. longicaudatus* se registró en el 75% de los sitios. *Octodon bridgesi* y la rata exótica *Rattus rattus* fueron registrados en el 37,5% de los sitios, seguidos por *Phyllotis darwinii* (25% de los sitios) y *Chelemys megalonyx* (12,5% de los sitios) (Apéndice A).

Cuarenta machos adultos de *A. longipilis* fueron radio-marcados y utilizados en los ensayos de traslado, registrándose un total de 213 localizaciones.

Debido a la pérdida de la señal emitida por dos radiotransmisores no se logró determinar la localización exacta ni la sobrevivencia al final del período de un individuo trasladado a 500 m y un individuo trasladado a 1300 m del sitio de captura.

Distancias de movimiento

Para los análisis de distancias de movimiento sólo fueron utilizados los datos de aquellos individuos que permanecieron vivos hasta el final del ensayo, y en los que se logró registrar al menos una localización diaria durante los tres días de monitoreo, considerando sólo el primer registro en aquellos que contaran con más de una localización diaria.

Los roedores tendieron a alejarse en mayor medida del sitio de liberación cuando la distancia de traslado aumentó (Figura 2A). Debido a la heterocedasticidad observada en los datos, se calculó la relación existente entre la distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación y el logaritmo natural de 1+ distancia de traslado, encontrando una relación lineal positiva ($R^2=20\%$, $F_{1,28}=6,8$, $p=0,01$) (Tabla 1). La distancia máxima promedio de alejamiento del sitio de liberación en el grupo liberado en el sitio de captura fue de 65 ± 17 m ($\bar{x} \pm EE$) ($n=9$), en el grupo trasladado a 100 m fue de 157 ± 41 m ($n=9$), en el grupo trasladado a 500 m fue de 252 ± 62 m ($n=7$) y el grupo trasladado a 1300 m fue de 190 ± 49 m ($n=7$) (Figura 2A). A través de ML se identificó un significativo mayor grado de alejamiento del sitio de liberación en los grupos trasladados a 500 y 1300 m del sitio de captura, respecto del grupo control (ML, $R^2=27\%$, $F_{3,28}=3,39$, $p=0,03$) (Tabla 1).

Algo similar ocurrió con la distancia total recorrida por los individuos. Los sujetos recorrieron mayores distancias, conforme la distancia de traslado aumentó (Figura 2B). Debido a la heterocedasticidad observada en los datos, se realizó una regresión lineal entre la distancia total recorrida y el logaritmo natural de 1+ distancia de traslado, encontrando una relación lineal positiva ($R^2=22\%$, $F_{1,27}=7,45$, $p=0,01$) (Tabla 1). El promedio de la distancia total recorrida por los individuos en el grupo liberado en el sitio de captura fue de 105 ± 26 m ($\bar{x} \pm EE$, $n=9$), en el grupo trasladado a 100 m fue de 214 ± 48 m ($n=8$), en el grupo trasladado a 500 m fue de 337 ± 51 m ($n=7$) y el grupo trasladado a 1300 m fue de 245 ± 64 m ($n=7$) (Figura 2B). El ML identificó significancia estadística en las mayores distancias recorridas en los grupos trasladados a 500 y 1300 m del sitio de captura, respecto al grupo control (ML, $R^2=33\%$, $F_{3,27}=4,35$, $p=0,01$). Además, el grupo trasladado a 100 m recorrió una mayor distancia respecto al grupo control, sin embargo, ésta fue marginalmente significativa (Tabla 1).

Tabla 1. Modelos lineales para el análisis de las distancias de movimiento.

	Coefficientes	Error típico	t	p(> t)
Distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación=				
ln(1+distancia de traslado)				
Intercepto	66,13	40,29	1,64	0,112
ln(1+dist)	20,56	7,89	2,61	0,015 *
Distancia de traslado				
0 m (control)	64,78	40,07	1,62	0,117
100 m	92,11	56,66	1,63	0,115
500 m	187,08	60,58	3,09	0,005 **
1300 m	124,94	60,58	2,06	0,049 *
Distancia total recorrida=				
ln(1+distancia de traslado)				
Intercepto	111,66	45,64	2,45	0,021 *
ln(trat)	24,29	8,90	2,73	0,011 *
Distancia de traslado				
0 m (control)	104,53	43,39	2,41	0,023 *
100 m	109,49	63,25	1,73	0,095 .
500 m	232,94	65,59	3,55	0,001 **
1300 m	140,71	65,59	2,15	0,041 *

Nota: Estadísticas para los modelos completos. Para distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación: ln(1+distancia de traslado): $R^2=20\%$, $F_{1,28}=6,8$, $p=0,015$; distancia de traslado: $R^2=27\%$, $F_{3,28}=3,39$, $p=0,03$. Para distancia total recorrida: ln(1+distancia de traslado): $R^2=22\%$, $F_{1,27}=7,45$, $p=0,01$; distancia de traslado: $R^2=33\%$, $F_{3,27}=4,35$, $p=0,01$.

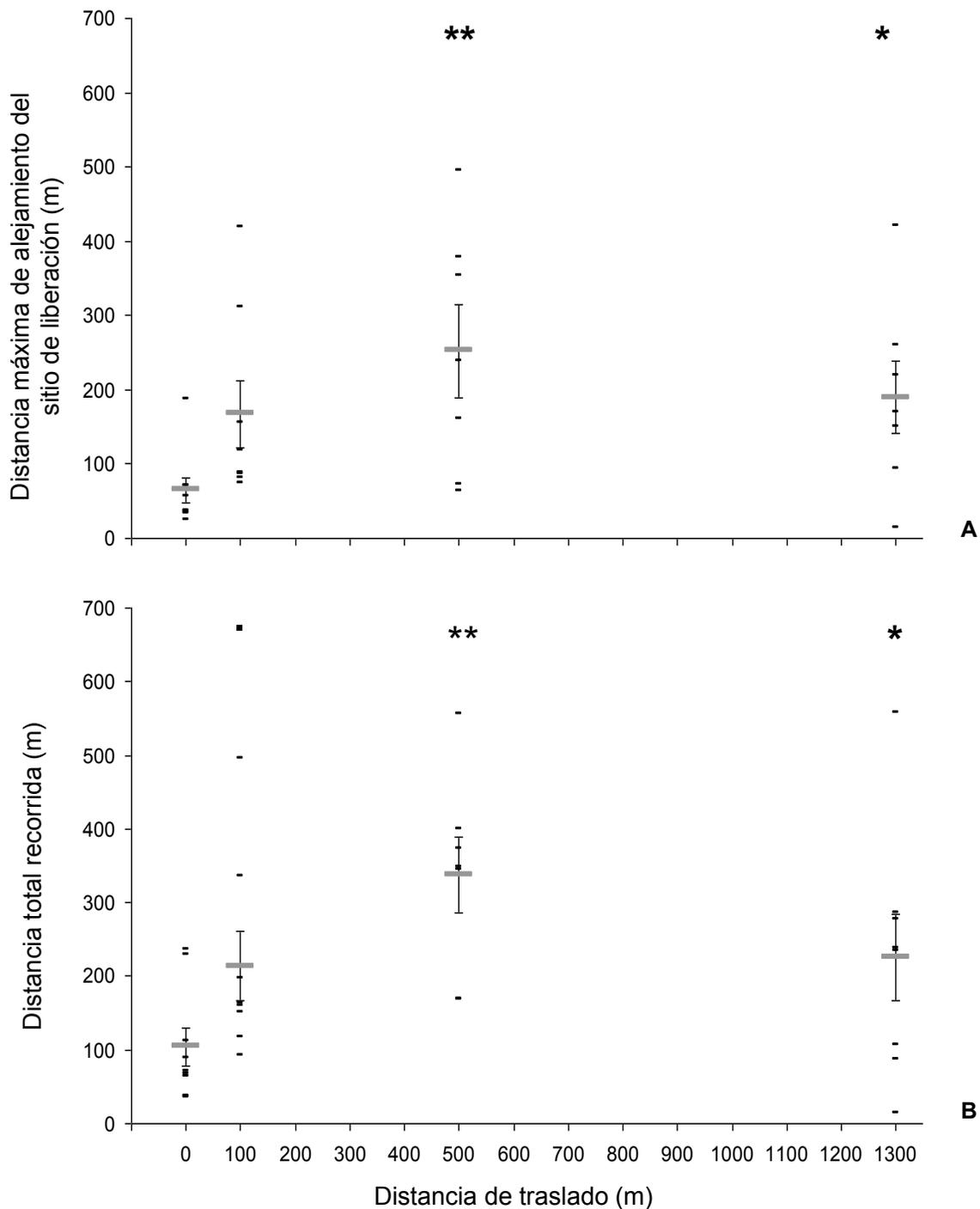


Figura 2: Distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación (A) y distancia total recorrida (B) por cada individuo, de acuerdo a la distancia de traslado. Barras horizontales negras representan la distancia registrada por individuo. Barras horizontales grises representan el promedio del grupo. Barras verticales representan el error estándar del grupo. Códigos de significancia de acuerdo a modelo lineal ($p=0,01$): \cdot $p<0,1$; $*$ $p<0,05$; $**$ $p<0,01$.

En cada distancia de traslado, fue posible reconocer distintas tendencias en función de la masa corporal de los sujetos (Figura 3). Los individuos liberados en el área de captura tendieron a mantenerse cercanos al sitio, independiente de su masa corporal ($r=0,18$, $R^2=3\%$). Tanto los individuos trasladados a 100 m como los trasladados a 1300 m se alejaron más del sitio mientras menor fue su masa corporal ($r=-0,2$, $R^2=9\%$ y $r=-0,31$, $R^2=10\%$, respectivamente). Sin embargo, ninguna de estas relaciones mostró significancia estadística ($p>0,05$). Una tendencia diferente mostraron los individuos liberados a 500 m del sitio de captura, alejándose más del sitio de liberación conforme la masa corporal aumentó ($r=0,81$, $R^2=65\%$), siendo esta relación estadísticamente significativa ($p<0,03$).

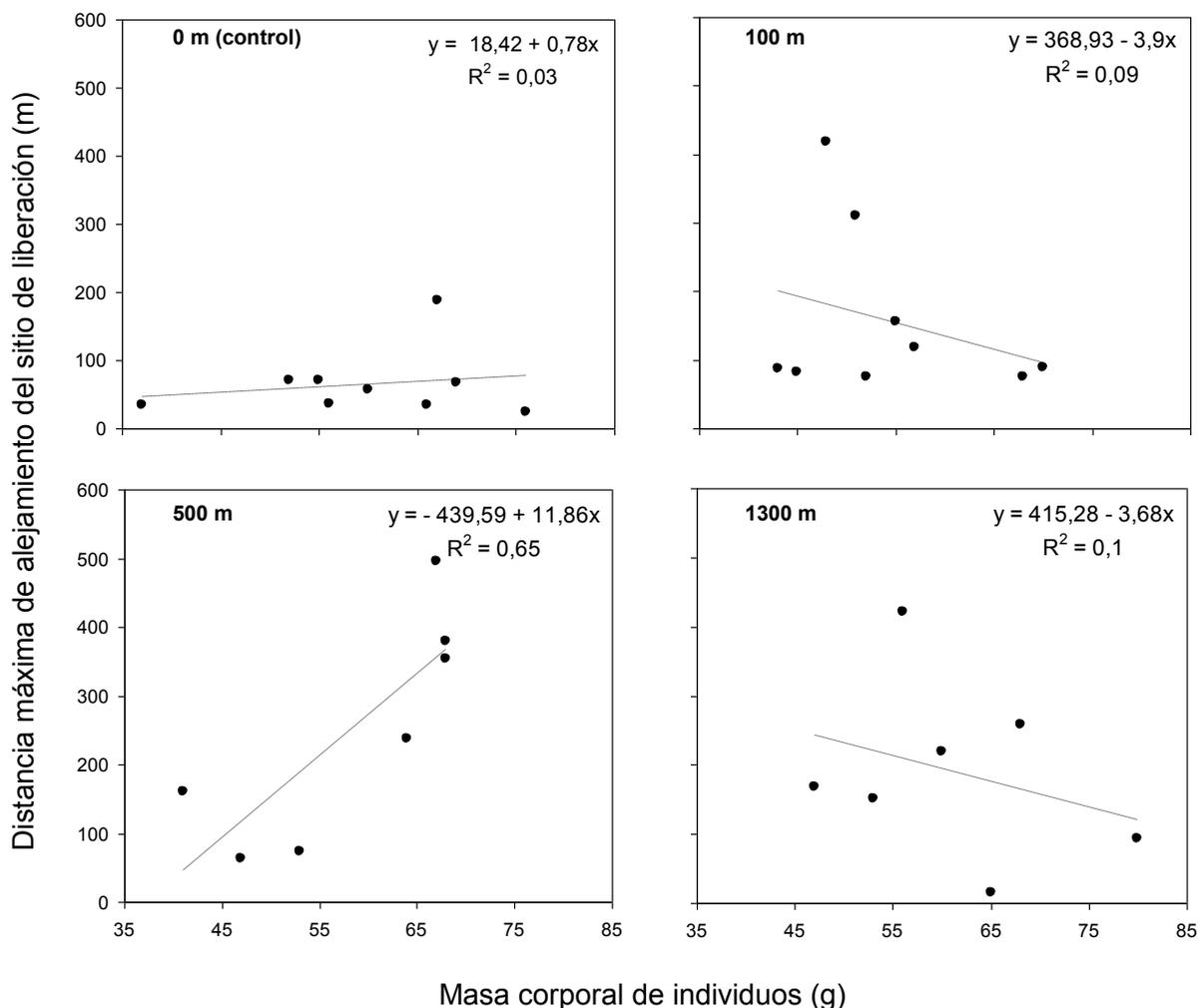


Figura 3. Regresiones lineales de la distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación en función a la masa corporal de los individuos, para cada distancia de traslado. Sólo a la distancia de traslado de 500 m la relación fue estadísticamente significativa ($p<0,03$).

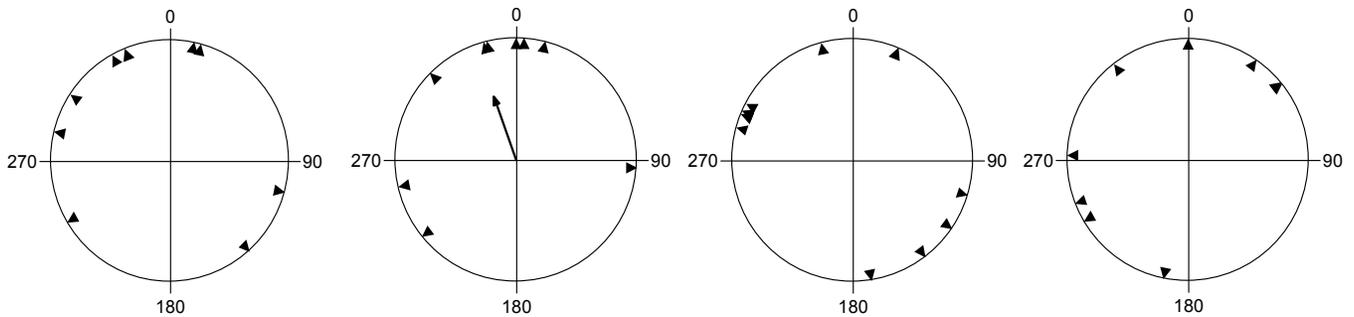
A pesar de que se encontraron tendencias similares entre la masa corporal y la distancia total recorrida por cada distancia de traslado, no se registró un efecto significativo de la masa corporal de los individuos sobre la distancia total recorrida ($p > 0,05$).

Finalmente, se encontró una alta correlación entre la distancia máxima de alejamiento del sitio de liberación y la distancia total recorrida ($r = 0,94$, $R^2 = 88\%$, $p < 0,0001$).

Dirección del movimiento respecto al sitio de captura

Al día siguiente a la liberación, los individuos trasladados a 100 m dirigieron significativamente su movimiento hacia el sitio de captura (V-test, $u = 2,2$, $p = 0,01$, $n = 9$), no así los liberados a 0 m (V-test, $u = 1,43$, $p = 0,08$, $n = 9$), 500 m (V-test, $u = 0,35$, $p = 0,37$, $n = 10$), ni 1300 m (V-test, $u = 0,98$, $p = 0,17$, $n = 9$) (Figura 4A). Esta tendencia se acentuó en el grupo trasladado a 100 m al analizar la última localización registrada (V-test, $u = 3,1$, $p = 0,0005$, $n = 9$) (Figura 4B).

A. Día siguiente a la translocación



B. Último monitoreo

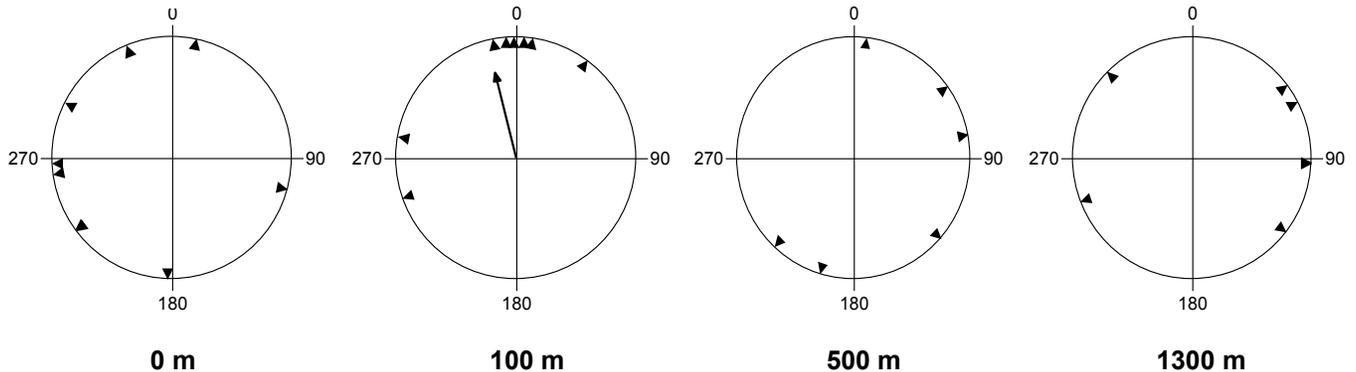


Figura 4: Orientaciones angulares de *A. longipilis* liberados a 0, 100, 500 y 1300 m del sitio de captura. El centro del círculo representa los sitios de liberación y el cero la dirección al sitio de origen de cada individuo. Cada triángulo representa la dirección del movimiento de un individuo respecto al sitio de origen (cero). El vector señala el ángulo medio y sólo es dibujado cuando se encontró una orientación significativa del grupo hacia el sitio de origen.

Retorno al sitio de captura

Una alta proporción de los roedores liberados en el sitio de captura permanecieron en el área (9/10), y la mayoría de los individuos trasladados a 100 m retornó al sitio de origen (8/10). Por el contrario, se registró una baja proporción de retorno a 500 m de traslado (1/10), mientras que ninguno de los individuos trasladados a 1300 m retornó durante el período de monitoreo (0/10). El análisis estadístico mediante regresión logística arrojó una elevada probabilidad de retorno al sitio de captura a cortas distancias de traslado (≤ 100 m), cayendo drásticamente con el aumento de la distancia de traslado ($p=0,001$) (Figura 5).

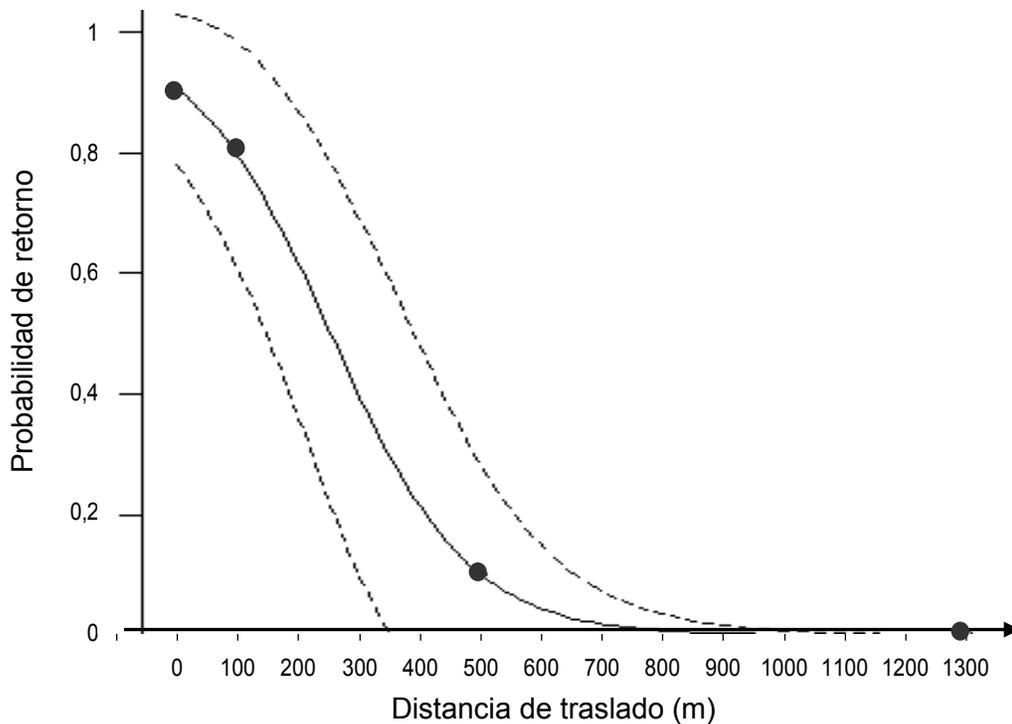


Figura 5. Probabilidad de retorno al sitio de captura en función de la distancia de traslado (m). Puntos indican la proporción de individuos que retorna al sitio de captura en cada nivel de distancia. La línea continua señala la curva de ajuste, mientras que las líneas discontinuas indican los intervalos de confianza a un 95%.

Sobrevivencia de los individuos

La totalidad de los individuos liberados en el sitio de captura (10/10) como los trasladados a 100 m de distancia (10/10) continuaron vivos al tercer día de monitoreo. En cambio, en la distancia de traslado de 500 m siete de nueve individuos sobrevivieron al tercer día. La misma proporción de sobrevivientes fue registrada en la distancia de traslado de 1300 m. Un análisis de regresión logística mostró que la probabilidad de sobrevivencia declina conforme aumenta la distancia de traslado, aunque la significancia estadística fue sólo marginal ($p=0,09$).

Al analizar los tratamientos como dos grupos (≤ 100 m y ≥ 500 m) se observó que la proporción de individuos muertos a distancias de traslado ≥ 500 m fue mayor que la esperada por azar ($X^2=4,97$, $p=0,03$) (Tabla 2), sugiriendo un efecto de la distancia de traslado sobre la tasa de mortalidad.

Tabla 2. Tabla de contingencia donde se señala para los grupos de traslado ≤ 100 m y ≥ 500 m los individuos totales (N), número de individuos (n) y porcentajes (%) observados y esperados de sobrevivencia y mortalidad, junto al valor del test estadístico chi-cuadrado (X^2).

Distancia de traslado	N		Sobrevivencia			
			viven		mueren	
			n	%	n	%
≤ 100 m	20	Observado	20	100	0	0
		Esperado	18	90	2	10
≥ 500 m	18	Observado	14	78	4	22
		Esperado	16	89	2	11
			$X^2 = 4,97$ ($p = 0,03$)			

Causas de muerte

El uso de radiotransmisores con sensor de mortalidad permitió detectar tempranamente la muerte de los individuos, facilitando la recuperación y exploración de los cuatro cadáveres.

En el examen externo, tres individuos presentaron mordeduras en diversas regiones del cuerpo (e.g. región facial, cervical y genital, pabellones auriculares y cola), siendo común en los tres cadáveres las mordeduras en el escroto (Tabla 3). Tales mordeduras corresponden a marcas de pequeños incisivos sobre la piel, similares en tamaño a los de la especie, señalando el enfrentamiento con un roedor de tamaño similar.

Un individuo fue encontrado abierto por la región abdominal, carente de parte de su musculatura y de la totalidad de sus órganos internos. La ausencia de desgarró grueso, junto al vaciamiento del contenido abdominal, torácico, cervical y craneal indica la depredación por parte de un animal de pequeño tamaño y con una elevada habilidad manual. Lo anterior sugiere la depredación por la rata introducida *R. rattus* sobre el individuo, especie detectada en el sitio en que fue encontrado el cadáver.

Tabla 3. Descripción de individuos muertos. Se indican los resultados de la exploración externa de los cadáveres y causa más probable de muerte.

Individuo		Distancia de traslado (m)	Evidencias en exploración externa	Posible causa de muerte
Nº crotal	Frecuencia (MHz)			
953	150.301	1300	Desgarro de piel en región abdominal. Ausencia de parte de la musculatura. Ausencia de órganos internos.	Depredación (posiblemente <i>Rattus rattus</i>).
968	150.091	500	Mordeduras en escroto.	Enfrentamiento con otro roedor.
1281	149.102	1300	Mordeduras en cuello y escroto. Extensa herida en región facial.	Enfrentamiento con otro roedor.
1496	149.759	500	Mordeduras en pabellones auriculares, escroto y base de la cola.	Enfrentamiento con otro roedor.

DISCUSIÓN

Conducta de movimiento de los individuos

La distancia de traslado ha sido señalada como uno de los principales factores que inciden en el retorno de animales a su sitio de captura (Conover, 2002). En este estudio, los roedores mostraron una elevada probabilidad de retorno a cortas distancias de traslado (≤ 100 m), la que declinó drásticamente en traslados más largos. Esta tendencia concuerda con lo reportado en roedores por Joslin (1977) y Van Vuren *et al.* (1997), donde la tasa de retorno disminuyó con el incremento de la distancia de traslado.

Si bien la conducta de retorno ha sido bien documentada en mamíferos (Newsome *et al.*, 1982; Rogers, 1986; Belant, 1992; Van Vuren *et al.*, 1997; Cowan, 2001; Bradley *et al.*, 2005), el mecanismo por el cual diferentes roedores logran retornar es controversial (Bovet, 1984; August *et al.*, 1989). Si *A. longipilis* se orientara por habilidades de navegación, como magnetismo de la tierra (*e.g.* August *et al.*, 1989), los roedores exhibirían un movimiento dirigido hacia el sitio de captura en las diferentes distancias de traslado. Sin embargo, sólo los individuos trasladados a 100 m mostraron un movimiento dirigido hacia el sitio de captura, concordando con la elevada tasa de retorno del grupo. Este resultado sugiere que el retorno es facilitado por cortas distancias de traslado y posiblemente se debe al conocimiento previo del área a través de excursiones fuera del rango de hogar, la detección visual de elementos del paisaje (*e.g.* marcas visuales), o el encuentro de un punto conocido a través de una búsqueda aleatoria, por sobre una habilidad de navegación (Robinson y Falls, 1965; Newsome *et al.*, 1982; Bovet, 1984; Van Vuren *et al.*, 1997).

Los roedores tendieron a alejarse en mayor medida del sitio de liberación y a recorrer mayores distancias, con el aumento de la distancia de traslado ($R^2=20\%$ y $R^2=22\%$ ($p=0.01$), respectivamente). Las mayores distancias recorridas y alejadas del sitio de liberación señalan una mayor exploración del entorno junto una menor permanencia o fidelidad al sitio de liberación (*e.g.* Bright y Morris, 1994), tendencia que ha sido reportada en otros roedores (*e.g.* ardillas, Van Vuren *et al.*, 1997) y mamíferos (*e.g.* lobos, Bradley *et al.*, 2005), como también en reptiles (*e.g.* tortugas, Hester *et al.*, 2008).

El hecho de que los individuos trasladados a 500 m se alejaron en mayor medida del sitio de liberación y recorrieron distancias más largas, sugiere la existencia de una “distancia crítica de traslado” para *A. longipilis*, en la que habría un elevado estímulo al movimiento que fue expresado a través de más largas distancias recorridas, mientras que sobre ella el estímulo comenzaría a perderse o habría una mayor restricción al movimiento, al menos en el corto plazo. Bakker y Van Vuren (2004) documentaron que ardillas trasladadas largas distancias disminuyeron sus tasas de movimiento, posiblemente por la falta de orientación, el elevado costo de viaje y/o un mayor riesgo de depredación durante el paso por sitios desconocidos, sugiriendo la pérdida del estímulo a retornar a largas distancias de traslado. Sin embargo, determinar una distancia crítica en la que los individuos pierden el estímulo a retornar es difícil, ya que diversos factores influirían en ella, desde características de los sujetos y especies involucradas, hasta particularidades del entorno. Ha sido ampliamente documentado el hecho de que la composición y configuración del paisaje juegan un rol fundamental en la conducta de movimiento de los animales (e.g. Zollner y Lima, 1997; St. Clair *et al.*, 1998; Bèlisle *et al.*, 2001; Prevedello, 2009), además de atributos propios de los sujetos (e.g. Joslin, 1977; Mech y Zollner, 2002; Bradley *et al.*, 2005; Wear *et al.*, 2005; Landriault *et al.*, 2006, Landriault *et al.*, 2009), circunstancias particulares del traslado (e.g. Newsome *et al.*, 1982; Bakker y Van Vuren, 2004) y liberación (e.g. liberación dura y suave, Bright y Morris, 1994; Bradley *et al.*, 2005), y diferencias regionales (e.g. Bradley *et al.*, 2005).

A pesar de que el diseño de este ensayo intentó reducir al mínimo posible variaciones introducidas por cambios en los factores mencionados (e.g. diferencias entre sexos, estado de desarrollo, manejo de los individuos, cambios de la estructura y composición del paisaje involucrado entre los sitios de captura y de liberación), se encontró una relación lineal positiva entre la masa corporal de los individuos trasladados a 500 m y las distancias de movimiento registradas, tendiendo los sujetos a alejarse más del sitio de liberación con el aumento de su masa corporal ($R^2=0,65$, $p<0,03$). Una tendencia similar fue encontrada por Hardman y Moro (2006), donde marsupiales trasladados se dispersaron más mientras mayor fue su condición corporal, resaltando la importancia no sólo de la distancia de traslado en la conducta de movimiento de los animales, sino también de atributos particulares de los individuos involucrados. En general, se ha documentado una mayor tasa de retorno por parte de adultos que de juveniles y subadultos (Bradley *et al.*, 2005), e incluso un incremento de la tasa de retorno con la edad a través de modelos logísticos (Landriault *et al.*, 2009). Si bien en este ensayo todos los roedores involucrados fueron identificados como adultos, es esperable un

incremento del tamaño y la masa corporal de los individuos de *A. longipilis* con su edad. Individuos mayores pudieron ser removidos de su territorio, separados de su pareja o descendencia, representando estas situaciones un fuerte estímulo para retornar (Conover, 2002). En contraste, individuos más jóvenes, a los cuales se les puede atribuir una menor masa corporal, carecerían de estímulos para regresar al sitio de origen, ya que pueden ser flotantes (*i.e.* sin territorio), o bien encontrarse en proceso de dispersión, por lo que el establecerse en un nuevo sitio puede ser percibido como una mejor alternativa que el retorno (*e.g.* Rogers, 1986; Ellis-Quinn y Simon, 1989). Por lo tanto, atributos de los individuos que se correlacionen con mayores niveles de territorialidad o apego al sitio de origen, podrían predecir más elevados estímulos para retornar.

La mayor tasa de movimiento a más largas distancias de traslado y el retorno de otro individuo trasladado a 500 m al quinto día (no considerado en los análisis), sugieren que los sujetos pueden intentar retornar por varios días. Retornos exitosos de roedores de pequeño tamaño trasladados distancias >1 km han sido reportados luego de semanas post-traslado (Ostfeld y Manson, 1996). El corto tiempo de monitoreo involucrado en este ensayo permite detectar tendencias en el corto plazo posterior al traslado de los animales, excluyendo la detección de eventos a largo plazo o cambios de tendencias a través del tiempo. Por ejemplo, no fue posible identificar períodos de latencia previos a la dispersión, como lo reportado por Goheen *et al.* (2003) en ardillas translocadas a más largas distancias de un parche objetivo; la tendencia de asentamiento con el paso del tiempo, como lo documentado en osos (Wear *et al.*, 2005); o evidentes cambios en la magnitud de las repuestas en el tiempo, como lo encontrado por Bright y Morris (1994), señalando un “tiempo crítico” posterior a la liberación. Si los individuos trasladados a mayores distancias demoran más en orientarse, asentarse en el sitio de liberación o eventualmente retornar al sitio de origen, no fue posible de detectar en este ensayo.

Sobrevivencia y posibles causas de muerte

La muerte de los individuos relocados es tal vez la señal más evidente del fracaso de un programa de traslado. En este estudio, todos los individuos capturados y liberados en el lugar (grupo control) sobrevivieron, descartando un efecto del radio collar en la sobrevivencia de los sujetos durante el período de monitoreo. De igual manera, todos los individuos

trasladados a cortas distancias (100 m) permanecieron vivos durante el estudio. Sin embargo, una mortalidad del 22% ocurrió tempranamente en los grupos trasladados largas distancias (≥ 500 m), siendo esta proporción mayor a la mortalidad esperada por azar ($\chi^2=4,97$; $p=0,03$). Este resultado concuerda con lo reportado en diversos estudios, donde se han encontrado tasas de sobrevivencia más bajas en individuos trasladados que en no trasladados, tanto en mamíferos (e.g. Blanchar y Knight, 1995; Cromwell *et al.*, 1999; Vant Zant y Wooten, 2003; Bradley *et al.*, 2005), como en otras clases de vertebrados (e.g. reptiles, Hester *et al.*, 2008).

La falta de conocimiento previo del área, de fuentes de alimento y refugios efectivos, de los posibles depredadores y de otras amenazas, pueden explicar las menores tasas de sobrevivencia de los individuos trasladados largas distancias (Van Vuren *et al.*, 1997; Bakker y Van Vuren, 2004), pudiendo la mortalidad incrementar por una falta de integración de los roedores a la población existente (Van Zant y Wooten, 2003).

La principal causa de muerte registrada en este trabajo fue enfrentamiento entre roedores, posiblemente de la misma especie. Si bien se han reportado mortalidades por enfrentamientos entre roedores luego del traslado (e.g. Bright y Morris, 1994), las principales causas documentadas han sido la depredación (Van Vuren *et al.*, 1997; Van Zant y Wooten, 2003) y la inanición (Bright y Morris, 1994). Enfrentamientos intraespecíficos con resultado de muerte han sido previamente registrados en *A. longipilis* en condiciones de cautiverio (Martín Escobar¹ y Sandra Uribe², *comunicación personal*). A pesar de la aparente mortalidad debida a peleas intraespecíficas en este estudio, en un ensayo previo conducido en el área durante el verano de 2007, donde sujetos de *A. longipilis* fueron trasladados ca. 200 m y liberados en remanentes de vegetación nativa, la depredación por la rata exótica *R. rattus* constituyó la principal causa de muerte (*datos no publicados*), revelando que las amenazas pueden variar de acuerdo a particularidades del sitio de liberación.

La selección cuidadosa de los sitios de liberación se ha señalado como uno de los principales factores a considerar para incrementar el éxito de las translocaciones de numerosas especies animales (Griffith *et al.* 1989; Wolf *et al.* 1996; Linnell *et al.* 1997, Bradley *et al.*, 2005).

¹ Especialista en vertebrados terrestres de Chile. Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS), Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

² Especialista en roedores de Chile central. Laboratorio de Ecología de Vida Silvestre (LEVS), Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Debido a que en este estudio todos los sitios de liberación fueron similares al área de origen (plantación de pino adulta con sotobosque), resulta esperable que se encontraran habitados por individuos de la misma especie, condición que habría favorecido la ocurrencia de enfrentamientos intraespecíficos.

Mientras que enfrentamientos entre roedores pueden ocurrir tempranamente luego de la liberación, acelerando la mortalidad de los individuos trasladados, otras causas de muerte pueden aparecer a mayor tiempo post-liberación. Conforme aumenta el tiempo de monitoreo ocurren muertes por inanición, déficits nutricionales, o elevados niveles de estrés (e.g. Nolet *et al.*, 1997). Si bien es esperable un aumento de las causas de muerte con el tiempo de monitoreo, estudios previos han reportado un primer período de mayor mortalidad cercano a la liberación, luego del cual la sobrevivencia tiende a incrementar (Bright y Morris, 1994; Van Vuren *et al.*, 1997; Wear *et al.*, 2005). A pesar de lo anterior, Adams *et al.* (2004) señalaron que la tasa de mortalidad de los animales trasladados puede alcanzar un nivel muy elevado luego de la liberación y la tendencia de declinación puede continuar, siendo escasos los individuos que sobreviven con certeza al cabo de unas semanas.

Implicancias en el manejo de poblaciones animales

La relocalización de animales ha surgido como una herramienta popular en el manejo de vida silvestre a nivel mundial, siendo utilizada por diferentes propósitos (IUCN, 1987; Griffith *et al.*, 1989; Wolf *et al.*, 1996; Linnell *et al.*, 1997; IUCN, 1998; Fischer y Lindenmayer, 2000; Conover, 2002; SAG, 2004; Edgar *et al.*, 2005). De acuerdo a la literatura publicada sobre translocaciones que tienen como objetivo resolver conflictos entre hombres y animales, la mayoría han sido conducidas como una medida de manejo no letal de animales considerados dañinos, molestos o peligrosos (e.g. Rogers, 1986; Linnell *et al.*, 1997; Van Vuren *et al.*, 1997; Conover, 2002; Adams *et al.*, 2004; Sullivan *et al.*, 2004; Bradley *et al.*, 2005; Landriault *et al.*, 2006; Landriault *et al.*, 2009). Sin embargo, en los últimos años ha sido frecuente su utilización como una medida para la mitigación de los impactos ambientales sobre la fauna, en diferentes proyectos de inversión (SAG, 2004; Edgar *et al.*, 2005; Teixeira *et al.*, 2007).

A pesar de la gran popularidad de esta medida a nivel mundial, es baja la documentación de sus resultados y numerosos programas de traslado no contemplan el

monitoreo de los animales involucrados (e.g. SEIA, Chile), lo que impide evaluar su real efectividad y provoca que diferentes errores sean repetidos a través del tiempo, dificultando el avance del conocimiento y desarrollo de técnicas de traslado que incrementen el éxito de estos proyectos.

En Chile numerosas translocaciones animales son conducidas con el nombre de “*rescates de fauna*”, los que pretenden mitigar los impactos ambientales de diferentes proyectos de inversión sobre la fauna. A pesar de la popularidad de esta medida, de las guías para el traslado de animales y las declaraciones de posición emitidas a nivel internacional (IUCN, 1987; UICN, 1987; IUCN, 1998; Craven *et al.*, 1998; Corn y Netlles, 2001; Dublín y Niskanen, 2003), la autoridad ambiental chilena no define un protocolo detallado a seguir para conducir estos “rescates”, ni tampoco exige el monitoreo de la medida. Sólo un documento emitido por la autoridad ambiental menciona recomendaciones muy generales (SAG, 2004). Entre ellas, se recomienda el traslado de animales al área más cercana fuera del área de impacto del proyecto. De acuerdo a los resultados del presente estudio, trasladar a los sujetos al área más cercana fuera del área de impacto de un proyecto favorecería la orientación del movimiento al sitio de origen y retorno de los individuos, por lo que el sitio sería rápidamente colonizado por los sujetos recientemente removidos. Incluso, autores como Adams *et al.* (2004) han documentado que los territorios desocupados pueden ser rápidamente ocupados por nuevos individuos. Lo anterior es particularmente relevante en proyectos lineales (e.g. obras viales, ductos) o puntuales (e.g. torres de tendido eléctrico), donde el área más cercana fuera del área a intervenir puede encontrarse a muy corta distancia.

Cuando los individuos son liberados en un nuevo sitio, se espera que permanezcan cercanos a él, evitando la creación de nuevas situaciones de conflicto, estrés, elevado gasto energético y riesgos que involucra recorrer sitios desconocidos (Bright y Morris, 1994; Van Vuren *et al.*, 1997; Conover, 2002; Bakker y Van Vuren, 2004). Sin embargo, en este ensayo los individuos trasladados largas distancias no permanecieron en el sitio en el que fueron liberados. Más largas distancias de traslado se relacionaron a mayores distancias recorridas y a un mayor alejamiento de los individuos del sitio, evidenciando la exploración del entorno y una baja fidelidad al sitio de liberación, a pesar de que éste fue considerado “hábitat adecuado”.

Además de la baja permanencia en el sitio de liberación, los grupos trasladados a distancias más largas mostraron un incremento de la mortalidad en el corto plazo, a diferencia de los trasladados a cortas distancias (22% vs. 0%, respectivamente). A pesar de que áreas similares al sitio de origen pueden ser consideradas hábitat de calidad para los individuos relocalizados, existe una elevada probabilidad que se encuentren ocupadas por individuos dispuestos a defender su territorio frente a posibles competidores, favoreciendo la ocurrencia de enfrentamientos intra o interespecíficos, principal causa de muerte registrada en este estudio. Por lo tanto, resulta fundamental la evaluación cuidadosa de los sitios de liberación, de tal manera que no sólo brinden los recursos básicos de alimento y refugio, sino también se deben evitar eventos no deseados, como enfrentamientos entre individuos, depredación o niveles de estrés dañinos.

Junto a la evaluación cuidadosa de los sitios de liberación, otros factores deben ser analizados con el fin de incrementar el éxito del programa de traslado, como atributos de individuos y especies involucradas (*e.g.* Nolet *et al.*, 1997; Bradley *et al.*, 2005; Barkley y Jacobs, 2007; Landriault *et al.*, 2009), características del traslado, época del año y paisaje, además de evaluar la necesidad de implementar medidas de manejo complementarias como mejoramiento del hábitat, remoción de depredadores y soporte en la liberación (*e.g.* Bright y Morris, 1994; Nolet *et al.*, 1997; Clark *et al.*, 2002; Conover, 2002; Bradley *et al.*, 2005; Hardman y Moro, 2006).

A pesar de que la translocación de animales se ha indicado como una herramienta exitosa en resolver conflictos limitados en espacio y tiempo, y usualmente es percibida por la comunidad humana como una medida más humanitaria que aquellas que involucran la muerte de los sujetos (*e.g.* Armistead *et al.* 1994), esto no es necesariamente cierto (Linnell *et al.*, 1997; Conover, 2002). El traslado de animales para la mitigación de impactos ambientales de proyectos de inversión, o para el manejo de especies conflictivas, dañinas o no deseadas corresponde a una medida reactiva a las presiones de la comunidad o de un proyecto de inversión, y no representa una medida proactiva para el bienestar o conservación de las especies involucradas (Edgar *et al.*, 2005), focalizándose sobre individuos y no sobre la población (unidad de manejo de las especies, Caughley y Sinclair, 1994), además de presentar un bajo éxito (Van Vuren *et al.*, 1997; Fisher y Lindenmayer, 2000; Sullivan *et al.*, 2004).

Por otra parte, numerosos efectos negativos pueden resultar del movimiento artificial de animales. Además de la falta de efectividad de la medida (e.g. la ausencia de asentamiento en el sitio de liberación, daño o baja sobrevivencia de los individuos) y el traslado o creación de situaciones de conflicto (Conover, 2002), las relocalizaciones animales pueden provocar pérdidas de particularidades genéticas de la población receptora por recombinación, cambios en la composición de comunidades de plantas y animales, e introducción de agentes infecciosos y ectoparásitos dañinos a animales silvestres, domésticos o humanos (e.g. Corn y Nettles, 2001).

Las abundantes relocalizaciones de animales conducidas en todo el planeta brindan numerosas oportunidades para replicar experimentos y probar diferentes diseños en la búsqueda de una mayor eficacia en el logro de los objetivos y mayor eficiencia en la utilización de recursos a favor de las especies animales. Para ello, resulta fundamental un buen diseño de monitoreo que permita la evaluación del programa de traslado. En aquellas relocalizaciones que buscan la resolución de conflictos entre humanos y animales, indicadores del éxito del traslado lo constituyen la sobrevivencia de los individuos involucrados, la permanencia y establecimiento de los sujetos trasladados en el sitio de liberación, la tasa y/o velocidad de ocupación del sitio liberado por nuevos individuos, además de la resolución del conflicto que motivó el traslado (Fischer y Lindenmayer, 2000; Conover, 2002). Mientras que en aquellos programas que buscan la conservación de las especies además del registro de sobrevivencia y asentamiento de los sujetos en áreas de liberación, es relevante documentar eventos a largo plazo, como la incorporación a sistemas sociales, obtención de pareja y adición de nuevos individuos al sistema a través de la descendencia (Fischer y Lindenmayer, 2000; SAG, 2004; Bradley *et al.*, 2005).

Un buen diseño de monitoreo posterior al traslado, junto al reporte de los resultados obtenidos (éxitos y fracasos) contribuirían a la toma de decisión informada por parte de los manejadores y autoridades gubernamentales sobre los traslados animales (Landriault *et al.*, 2009), además de incrementar el valor de las relocalizaciones animales como una herramienta efectiva para el manejo de fauna.

CONCLUSIONES

El uso de radio telemetría y GPSs permitió el monitoreo de los sujetos trasladados con un elevado nivel de precisión, junto a la evaluación detallada de la ocurrencia de eventos biológicamente significativos.

La conducta de movimiento de los roedores varió con la distancia de traslado, tendiendo a recorrer mayores distancias y explorar sitios vecinos en traslados más largos. A cortas distancias de traslado (≤ 100 m) hubo una elevada probabilidad de retorno al sitio de origen, la que disminuyó drásticamente a distancias más largas. Altas tasas de retorno a cortas distancias de traslado, junto a una clara orientación del movimiento hacia el sitio de captura sólo en el grupo trasladado a 100 m evidencian un fuerte estímulo y motivación a retornar, facilitado por la cercanía al sitio de origen por sobre alguna habilidad de navegación.

Como consecuencia del retorno a cortas distancias y del aumento del movimiento en traslados más largos, la permanencia de los individuos translocados en el sitio de liberación fue baja, a diferencia de los sujetos liberados en el lugar de captura.

Por otra parte, la mortalidad de los roedores incrementó a mayores distancias de traslado, donde los enfrentamientos entre roedores fueron la principal causa de muerte. Tales enfrentamientos pudieron ser favorecidos por la translocación de animales en “hábitat adecuado” ocupado por otros sujetos, junto al riesgo que involucra recorrer sitios desconocidos.

La elevada probabilidad de retorno a cortas distancias de traslado, la baja permanencia en el sitio de liberación y el incremento de la mortalidad a largas distancias de traslado en *A. longipilis*, junto al bajo éxito de programas de traslado documentado en diferentes taxones (Griffith *et al.*, 1989; Wolf *et al.*, 1996; Fischer y Lindenmayer, 2000), los efectos negativos (Wolf *et al.*, 1996; Corn y Nettles, 2001) y el elevado costo de las relocalizaciones de fauna (*e.g.* Kleiman *et al.*, 1991; Lindburg, 1992; Rahbek, 1993; Fischer y Lindenmayer, 2000), subrayan la necesidad de una fuerte justificación para solicitar y conducir “rescates” y translocaciones de animales, además de la necesidad de explorar medidas de manejo más eficientes en contribuir de manera efectiva a la conservación de las especies y al bienestar animal.

Las numerosas relocalizaciones conducidas con diversas especies animales en diferentes ambientes y situaciones de intervención, brindan una gran oportunidad para el estudio y análisis de las respuestas animales frente a diversas variables. Este trabajo presentó un diseño de estudio para evaluar la eficacia de los ensayos de traslado en el corto plazo, el cual posee un control simultáneo, a diferencia una gran proporción de los estudios sobre relocalizaciones animales, permitiendo comparar los resultados de diferentes niveles de manejo (distancias de traslado) versus la no acción (captura y liberación en el lugar).

Finalmente, se deben evaluar diferentes alternativas de manejo, de manera que sea posible seleccionar la mejor opción en base a variables biológicas, técnicas y relación costo-beneficio, donde incluso puede resultar más benéfica la no acción que la implementación de alguna medida de manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- **ADAMS, L.W.; HADIDIAN, J.; V. FLYGER.** 2004. Movement and mortality of translocated urban-suburban grey squirrels. *Animal Welfare* 13: 45-50.
- **ARMISTEAD, A.R.; MITCHELLY, K.; CONNOLLYZ, G.E.** 1994. Bear relocations to avoid bear/sheep conflicts. Vertebrate Pest Conference Proceedings collection. University of Nebraska – Lincoln.
- **AUGUST, P.V.; AYVAZIAN, S.G.; ANDERSON, J.G.T.** 1989. Magnetic orientation in a small mammal, *Peromyscus leucopus*. *Journal of Mammalogy* 70: 1-9.
- **BAKKER, V.J.; VAN VUREN, D.H.** 2004. Gap-crossing decisions by the red squirrel, a forest-dependent small mammal. *Conservation Biology* 18: 689-697.
- **BARKLEY, C.L.; JACOBS, L.F.** 2007. Sex and species differences in spatial memory in food-storing kangaroo rats. *Animal Behaviour* 73: 321-329.
- **BATSCHULET, E.** 1981. *Circular Statistics in Biology*. Academic press, New York. Pp. 388.
- **BELANT, J.L.** 1992. Homing of relocated raccoons, *Procyon lotor*. *Canadian field-naturalist* 106: 382-384.
- **BÈLISLE, M.; DESROCHERS, A.; FORTIN, M.J.** 2001. Influence of forest cover on the movements of forest birds: A homing experiment. *Ecology* 82: 1893-1904.
- **BLANCHARD, B.M.; KNIGHT, R.R.** 1995. Biological Consequences of Relocating Grizzly Bears in the Yellowstone Ecosystem. *The Journal of Wildlife Management* 59: 560-565.
- **BOSCOLO, D.; CANDIA-GALLARDO, C.; AWADE, M.; METZGER, J.P.** 2008. Importance of interhabitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. *Biotropica* 40: 273–276.
- **BOVET, J.** 1984. Strategies of homing behavior in the red squirrel, *Tamiasciurus hudsonicus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 16: 81-88.
- **BOWMAN, J.; JAEGER, J.A.G; FAHRIG, L.** 2002. Dispersal distance of mammals is proportional to home range size. *Ecology* 83: 2049-2055.
- **BRADLEY, E.H.; PLETSCHER, D.H.; BANGS, E.E.; KUNKEL, K.E.; SMITH, D.W.; MACK, C.M.; MEIER, T.J.; FONTAINE, J.A.; NIEMEYER, C.C.; JIMENEZ, M.D.** 2005. Evaluating wolf translocation as a nonlethal method to reduce livestock conflicts in the northwestern United States. *Conservation Biology* 19: 1498-1508.

- **BRIGHT, P.W.; MORRIS, P.A.** 1994. Animal translocation for conservation: Performance of dormice in relation to release methods, origin and season. *The Journal of Applied Ecology* 31: 699-708.
- **CASTELLÓN, T.D.; SIEVING, K.E.** 2006. An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird. *Conservation Biology* 20: 135-145.
- **CAUGHLEY, G.; SINCLAIR, A.R.E.** 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell scientific publications, Cambridge. 305 pp.
- **CLARK, J.D.; HUBER, D.; SERVHEEN, C.** 2002. Bear reintroductions: Lessons and challenges. *URSUS* 13: 335-345.
- **CONOVER, M.** 2002. *Resolving human-wildlife conflicts: the science of damage management*. Lewis publishers, CRC Press LLC. 418 pp.
- **CORN, J.L.; NETTLES, V.F.** 2001. Health protocol for translocation of free-ranging elk. *Journal of Wildlife Diseases* 37: 413-426.
- **COWAN, P.E.** 2001. Responses of common brushtail possums (*Trichosurus vulpecula*) to translocation on farmland, southern North Island, New Zealand. *Wildlife Research* 28: 277-282.
- **CRAVEN, S.; BARNES, T.; KANIA, G.** 1998. Toward a professional position on the translocation of problem wildlife. *Wildlife Society Bulletin* 26: 171-177.
- **CROMWELL, J.A.; WARREN, R.J.; HENDERSON, D.W.** 1999. Live-Capture and Small-Scale Relocation of Urban Deer on Hilton Head Island, South Carolina. *Wildlife Society Bulletin* 27: 1025-1031.
- **CUNNINGHAM, A.A.** 1996. Disease Risks of Wildlife Translocations. *Conservation biology* 10: 349-353.
- **DASZAK, P.; CUNNINGHAM, A.A.; HYATT, A.D.** 2000. Emerging Infectious Diseases of Wildlife: Threats to Biodiversity and Human Health. *Science* 287: 443-449.
- **DI CASTRI, F.; HAJEK, E.R.** 1976. *Bioclimatología de Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 129 pp.
- **DUBLIN, H.T.; NISKANEN, L.S.** 2003. IUCN/SSC AfESG Guidelines for the in situ translocation of the African elephant for conservation purposes. — IUCN, Gland and Cambridge, UK. 54 pp.
- **EDGAR, N.M.** 2004. Mechanisms of compass orientation in C57BL/6 laboratory mice. M.Sc. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia. 125 pp.

- **EDGAR, P.W.; GRIFFITHS, R.A.; FOSTER, J.P.** 2005. Evaluation of translocation as a tool for mitigating development threats to great crested newts (*Triturus cristatus*) in England, 1990-2001. *Biological Conservation* 122: 45-52.
- **ELLIS-QUINN, B.A.; SIMON, C.A.** 1989. Homing Behavior of the Lizard *Sceloporus jarrovi*. *Journal of Herpetology* 23: 146-152.
- **ESTADES, C.; TEMPLE, S.** 1999. Deciduous-forest bird communities in a fragmented landscape dominated by exotic pine plantations. *Ecological Applications* 9: 573-585.
- **FIA.** 2007. Informe Final Proyecto "Manejo de la conectividad biológica en predios dominados por plantaciones de pino". Santiago, Chile.
- **FISCHER, J.; LINDENMAYER, D.B.** 2000. An assessment of the published results of animal relocations. *Biological Conservation* 96: 1-11.
- **FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M.V.** 2009. Perception of a fragmented landscape by neotropical marsupials: effects of body mass and environmental variables. *Journal of Tropical Ecology* 25: 53-62.
- **GAJARDO, R.** 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.
- **GILLIS, E.A.; NAMS, V.O.** 1998. How red-backed voles find habitat patches. *Canadian Journal of Zoology* 76: 791-794.
- **GOHEEN, J.R.; SWIHART, R.K.; GEHRING, T.M.; MILLER, M.S.** 2003. Forces structuring tree squirrel communities in landscapes fragmented by agriculture: species differences in perceptions of forest connectivity and carrying capacity. *Oikos* 102: 95-103.
- **GRIFFITH, B.; SCOTT, J.M.; CARPENTER, J.W.; REED, C.** 1989. Translocation as a species conservation tool: status and strategy. *Science* 245: 477-480.
- **GRIFFITHS, S.P.** 2003. Homing Behaviour of intertidal rock pool fishes in south-eastern New South Wales, Australia. *Australian journal of zoology* 51: 387-398.
- **HARDMAN, B.; MORO, D.** 2006. Optimising reintroduction success by delayed dispersal: Is the release protocol important for hare-wallabies?. *Biological Conservation* 128: 403-411.
- **HESTER, J.M.; PRICE, S.J.; DORCAS, M.E.** 2008. Effects of relocation on movements and home ranges of eastern box turtles. *Journal of Wildlife Management* 72: 772-777.

- **IUCN.** 1987. The IUCN position statement on translocation of living organisms: introductions, reintroductions and re-stocking. —IUCN Council, Gland, Switzerland, 4th September 1987. 13 pp.
- **IUCN.** 1998. Guidelines for re-introductions. —IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 10 pp.
- **JAMON, M; BOVET, P.** 1987. Possible use of environmental gradients in orientation by homing wood mice, *Apodemus sylvaticus*. Behavioural Processes 15: 93-107.
- **JONES, C.; MCSHEA, W.; CONROY, M.; KUNZ, T.** 1996. Capturing Mammals. **In:** Wilson D.E.; Cole, F.R.; Nichols, J.D.; Rudran, R.; Foster, M.S. (Eds). Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Mammals. Smithsonian Institution Press. Washington and London. Pp. 115-155.
- **JOSLIN, J.K.** 1977. Rodent long distance orientation ("homing"). Adv. Ecol. Res. 10: 63-89.
- **KELT, D.** 2000. Small mammal communities in rainforest fragments in Central Southern Chile. Biological Conservation 92: 345-358.
- **KLEIMAN, D.G.; BECK, B.B.; DIETZ, J.M.; DIETZ, L.A.** 1991. Costs of a re-introduction and criteria for success: accounting and accountability in the Golden Lion Tamarin Conservation Program. Symposia of the Zoological Society London 62: 125-142.
- **LANDRIAULT, L.J.; BROWN, G.S.; HAMR, J.; MALLORY F.F.** 2009. Age, sex and relocation distance as predictors of return for relocated nuisance black bears *Ursus americanus* in Ontario, Canada. Wildlife Biology 15: 155-164.
- **LANDRIAULT, L.J.; HALL, M.N.; HAMR, J.; MALLORY, F.F.** 2006. Long-range homing by an adult female Black Bear, *Ursus americanus*. Canadian Field-Naturalist 120: 57-60.
- **LIMA, S.L.; ZOLLNER, P.A.** 1996. Towards a behavioral ecology of ecological landscapes. Trends in Ecology and Evolution 11:131-135.
- **LINDBURG, D.G.** 1992. Are wildlife reintroductions worth the cost?. Zoo Biology 11: 1-2.
- **LINNELL, J.D.C; AANES, R.; SWENSON, J.E; ODDEN, J.; SMITH, M.E.** 1997. Translocation of carnivores as a method for managing problem animals: a review. Biodiversity and Conservation 6: 1245-1257.
- **MADISON, D.M.; SHOÿP, C.R.** 1970. Homing behavior, orientation, and home range of salamanders tagged with tantalum-182. Science 168: 1484-1487.
- **MANN, G.** 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40: 1-342.

- **MCGREGOR, R.L.; BENDER, D.J.; FAHRIG, L.** 2008. Do small mammals avoid roads because of the traffic?. *Journal of Applied Ecology* 45: 117-123.
- **MECH, S.G.; ZOLLNER, P.A.** 2002. Using body size to predict perceptual range. *Oikos* 98: 47-52.
- **MUÑOZ, A.; MURUA, R.** 1989. Efectos de la reforestación con *Pinus radiata* sobre la diversidad y abundancia de los micromamíferos en un agroecosistema de Chile central. *Turrialba* 39: 143-150.
- **MUÑOZ-PEDREROS, A.** 1992. Ecología del ensamble de micromamíferos en un agroecosistema forestal de Chile central: una comparación latitudinal. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 417-428.
- **MUÑOZ-PEDREROS, A.** 2000. Orden Rodentia. In: Muñoz-Pedrerros, A.; Yáñez, J. (Eds.). *Mamíferos de Chile*. Ediciones CEA, Valdivia, Chile. Pp. 73-126.
- **MUNTHALI, S.M.; MKANDA, F.X.** 2002. The plight of Malawi's wildlife: is trans-location of animals the solution?. *Biodiversity and Conservation* 11: 751-768.
- **NEWSOME, A.E.; COWAN, P.E.; IVES, P.M.** 1982. Homing by wild house-mice displaced with or without the opportunity to see. *Australian wildlife research* 9: 421-426.
- **NOLET, B.A.; BROEKHUIZEN, S.; DORRESTEIN, G.M.; RIENKS, K.M.** 1997. Infectious diseases as main causes of mortality to beavers *Castor fiber* after translocation to the Netherlands. *Journal of Zoology, London* 241: 35-42.
- **OSTFELD, R.S.; MANSON, R.H.** 1996. Long-distance homing in meadow voles, *Microtus pennsylvanicus*. *Journal of Mammalogy* 77: 870-873.
- **PREVEDELLO, J.A.** 2009. Efeitos da heterogeneidade da matriz sobre a capacidade perceptual e movimentos de marsupiais (Mammalia, Didelphimorphia) em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. M. Sc. Tesis. 150 pp.
- **R DEVELOPMENT CORE TEAM.** 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- **RAHBEK, C.** 1993. Captive breeding: a useful tool in the preservation of biodiversity?. *Biodiversity and Conservation* 2: 426-437.
- **RIZKALLA, C.E.; SWIHART, R.K.** 2007. Explaining movement decisions of forest rodents in fragmented landscapes. *Biological Conservation* 140: 339-348.
- **ROBINSON, W.L.; FALLS, J.B.** 1965. A study of homing of meadow mice. *The American Midland Naturalist* 73: 188-224.

- **ROGERS, L.L.** 1986. Effects of translocation distance on frequency of return by adult black bears. *Wildlife Society Bulletin* 14: 76-80.
- **SAAVEDRA, B.** 2003. Disminución en tamaño poblacional y asimetría fluctuante en *Octodon bridgesi* (Rodentia), taxón especialista de hábitat. Tesis en Doctorado en Ciencias. Universidad de Chile. 101 pp.
- **SAG.** 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Primera Edición. Chile. 180 pp.
- **SAG.** 2006. Legislación sobre fauna silvestre. Octava edición. Chile. 98 pp.
- **SAN MARTÍN, J.; DONOSO, C.** 1996. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque Maulino de Chile. In: Armesto J.; Villagrán, C.; Arrollo, M. (Eds.). *Ecología de los bosques nativos de Chile*. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. Pp. 153-168.
- **SÉGUINOT, V.; MAUSER, R.; ETIENNE, A.S.** 1993. Dead reckoning in a small mammal: the evaluation of distance. *Journal of Comparative Physiology A* 173: 103-113.
- **ST. CLAIR, C.C.; BÉLISLE, M.; DESROCHERS, A.; HANNON, S.** 1998. Winter responses of forest birds to habitat corridors and gaps. *Conservation Ecology* [en línea] 2: 13. <<http://www.consecol.org/vol2/iss2/art13/>> [consulta: 11-09-2006].
- **SULLIVAN, B.K.; KWIATKOWSKI, M.A.; SCHUETT, G.W.** 2004. Translocation of urban Gila Monsters: a problematic conservation tool. *Biological Conservation* 117: 235-242.
- **TEIXEIRA, C.A.; SCHETINI DE AZEVEDO, C.; MENDEL, M.; CIPRESTE, C.F.; YOUNG, R.J.** 2007. Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress. *Animal behaviour* 73: 1-13.
- **UICN.** 1987. Guías para Reintroducciones de la UICN. —UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 20 pp.
- **VAN VUREN, D.; KUENZI, A.J.; LOREDO, I.; LEIDER, A.L.; MORRISON, M.L.** 1997. Translocation as a nonlethal alternative for managing California ground squirrels. *Journal of Wildlife Management* 61: 351-359.
- **VAN ZANT, J.L.; WOOTEN, M.C.** 2003. Translocation of Choctawhatchee beach mice (*Peromyscus polionotus alloparys*): hard lessons learned. *Biological Conservation* 112: 4005-413.
- **VICENS, N.; BOSCH, J.** 2000. Nest site orientation and relocation of populations of the orchard pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental entomology* 29: 69-75.

- **WEAR, B.J.; EASTRIDGE, R.; CLARK, J.D.** 2005. Factors affecting settling, survival, and viability of black bears reintroduced to Felsenthal National Wildlife Refuge, Arkansas. *Wildlife Society Bulletin* 33: 1363-1374.
- **WOLF, M.; GRIFFITH, B.; REED, C.; TEMPLE, S.A.** 1996. Avian and mammalian traslocations: Update and reanalysis of 1987 survey data. *Conservation biology* 10: 1142-1154.
- **ZAR, J.H.** 1984. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 718 pp.
- **ZOLLNER, P.A.; LIMA, S.L.** 1997. Landscape-level perceptual abilities in white-footed mice: perceptual range and the detection of forested habitat. *Oikos* 80: 51-60.
- **ZOLLNER, P.A.; LIMA, S.L.** 1999. Illumination and the perception of remote habitat patches by white-footed mice. *Animal Behaviour* 58: 489-500.

APÉNDICES

Apéndice A.

Especies de roedores registrados en los sitios de captura definidos para *Abrothrix longipilis*.

Especies capturadas	Sitio								Presencia en sitios (%) ¹
	R01	R02	R04 (x2)	R05	R06	R07	R08 (x2)	R09	
<i>Abrothrix olivaceus</i>	X	x	x	x	x	x	x	x	100
<i>Oligoryzomys longicaudatus</i>		x	x	x	x	x	x		75
<i>Octodon bridgesi</i>			x	x	x				37,5
<i>Rattus rattus</i>					x	x	x		37,5
<i>Phyllotis darwini</i>					x	x			25
<i>Chelemys megalonyx</i>			x						12,5
Riqueza de especies acompañantes ¹	1	2	4	3	5	4	3	1	

¹ En base a las capturas.