

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL USO DE REFUGIOS ARTIFICIALES PARA
MICROMAMÍFEROS Y REPTILES EN LA QUEBRADA DE LA
PLATA, RINCONADA DE MAIPÚ**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

SANDRA VERÓNICA URIBE MIRANDA

Profesor Guía: Ing. Forestal M. Sc. Ph. D. Sr. Cristián Estades Marfán

SANTIAGO – CHILE

2007

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**EVALUACIÓN DEL USO DE REFUGIOS ARTIFICIALES PARA
MICROMAMÍFEROS Y REPTILES EN LA QUEBRADA DE LA
PLATA, RINCONADA DE MAIPÚ**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

Sandra Verónica Uribe Miranda

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Cristián Estades M.	6,0
Prof. Consejera Sra. Carmen Luz de la Maza A.	6,5
Prof. Consejero Sr. Jürgen Rottmann S.	6,5

SANTIAGO – CHILE
2007

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

A Cristián Estades por su gran apoyo y sobretodo por su paciencia, la cual yo y muchos otros, pusimos (y siguen poniendo) a prueba. Además, porque gracias a él pude adentrarme en uno de los temas que más me apasionan: la vida silvestre y su conservación.

Un agradecimiento muy especial a Martín, Jorge (tomi), María Angélica (mari) y Anita María de quienes no sólo aprendí sobre la fauna silvestre sino también a compartir, a trabajar en equipo, a perseverar y muchas otras cosas. Por supuesto, les agradezco el apoyo entregado en lo relativo al desarrollo de esta memoria y también, les doy gracias por su amistad.

A mis queridos amigos: Yolanda, Luis, Ivanka, Bárbara, Sergio, María Julia, Lisette, Félix, Gustavo, Ricardo, Aldo, Miguel, Ruth y Luis C. quienes me acompañaron y muchos aún siguen acompañándome, brindándome su apoyo y cariño, en las buenas y en las malas.

A aquellos que fueron a terreno por pura buena voluntad, sin siquiera conocerme mucho: Carlos Garín, pollo, Ricardo y Carola entre otros y también a los colegas de Fray Jorge: Leticia, Juan C, Héctor y Juan M, por recordarme constantemente que debía terminar esta etapa pronto.

Por último, le agradezco a mi familia por su comprensión, paciencia y amor.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	I
SUMMARY	II
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3 MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1 MICROMAMÍFEROS	7
3.2 REPTILES	9
3.3 ANÁLISIS DE DATOS.....	10
4 RESULTADOS	12
4.1 MICROMAMÍFEROS	12
4.2 REPTILES	15
5 DISCUSIÓN	17
6 CONCLUSIONES	19
7 BIBLIOGRAFÍA	20
8 APÉNDICES	24
9 ANEXOS	25

TABLA DE CUADROS

CUADRO 1. Densidad relativa definida como número de individuos en 2500m ² de <i>T. elegans</i> , <i>O. degus</i> , <i>P. darwinii</i> , <i>A. longipilis</i> , <i>A. olivaceus</i> , <i>O. longicaudatus</i> en el muestreo de verano del año 2002.	13
CUADRO 2. Densidad relativa definida como número de individuos en 2500m ² de <i>T. elegans</i> , <i>O. degus</i> , <i>P. darwinii</i> , <i>A. longipilis</i> , <i>A. olivaceus</i> , <i>O. longicaudatus</i> en el muestreo de otoño del año 2003.	13
CUADRO 3. Porcentaje de cobertura promedio en tres estratos (0-0,3 m; 0,3m-2m; 2m y más) y las principales especies de los estratos superiores presentes en cada parcela.	14
CUADRO 4. Número de lagartijas observadas en los transectos, en parcelas con y sin tratamiento.	15
CUADRO 5. Número de piedras o rocas observadas en los transectos.	16
CUADRO 6. Cobertura de la vegetación (0-0,3 m; 0,3m-2m; 2m y más).....	16

RESUMEN

La zona central de Chile presenta serios problemas de conservación debido a una fuerte presión antrópica que ha generado pérdida de hábitat; ésta a su vez, ha provocado disminuciones de las poblaciones de vertebrados e incluso extinciones locales. El estudio aborda el uso de refugios artificiales para micromamíferos y reptiles como medida de manejo frente a tales cambios. El experimento se instaló en la Quebrada de la Plata, un lugar cercano a donde se intervino para construir el Relleno Sanitario Santiago Poniente. Allí se analizó si los refugios artificiales tuvieron efecto positivo sobre la densidad de los animales y también si eran una variable limitante para ellos en el sistema. Para los micromamíferos se instalaron 120 refugios repartidos en 3 parcelas de 4 ha ubicadas al azar (más 3 testigos) y para los reptiles se seleccionaron, al azar, 7 parcelas de 15 m de radio (más 7 testigos) y en cada una se instalaron 10 refugios (5 de teja de fibrocemento y 5 de pastelón comercial). Para verificar el uso de refugios por micromamíferos se realizaron 3 revisiones y para los reptiles se realizó una revisión, constatándose en ambos casos que hubo ocupación de ellos. Para analizar el efecto de los refugios como variable limitante se comparó la densidad de las especies objetivo en las parcelas con refugios con la densidad en los testigos, usando trampeo con trampas tipo Sherman y transectos, para micromamíferos y reptiles, respectivamente. Sin embargo, la densidad no se vio afectada en los micromamíferos y hubo una leve tendencia a encontrar mayor densidad de reptiles en las áreas con refugios respecto de las sin refugio ($p=0,08$).

Palabras Claves: refugios artificiales, micromamíferos, reptiles, restauración ecológica, Quebrada de la Plata.

SUMMARY

The central part of Chile is a highly threatened region due to increasing human resulting in habitat loss, population declines and even local extinctions. The present study addressed the use of artificial refuges as a management tool for reptiles and small mammals facing such changes. I conducted a field experiment in Quebrada de la Plata, an area close to the recently created Santiago Poniente landfill. I analyzed the effect of artificial refuges as a limiting factor of the density of small mammals and lizards. For small mammals I used 120 nest boxes in three randomly located 4-ha plots (plus three control plots). For lizards I used 7 15 m radius circular plots in which I set up 10 “shelters” comprised of commercial tiles. I checked the use of these refuges by the target animal three times for mammals and once for reptiles. In order to determine if refuges are limiting population density I compared the density of small mammals and reptiles in treatment and control plots using Sherman traps and transects for mammals and lizards, respectively. However, the density of small mammals was not affected by the presence of refuges but, in the case of lizards, the presence of shelters increased the population density ($p=0.08$).

Key words: nest box, small mammals, reptiles, ecological restoration, Quebrada de la Plata.

1 INTRODUCCIÓN

El cuidado por los recursos naturales está pasando de ser sólo un tema de índole social y ambiental, a adquirir importancia de nivel económico, ya que la normativa aplicada a la instalación de empresas requiere de una serie de evaluaciones previas, que aseguren que causarán el menor daño ambiental posible.

Pese a lo anterior, en Chile, como en gran parte del mundo, existen variados intereses sobre el uso del suelo y es posible observar cómo ciertas actividades que son más rentables, se superponen sobre otras sin más consideraciones que las económicas. En ciudades como Santiago, cuya creciente población es la mayor de todo Chile (Armijo 2000), la presión sobre el uso de los suelos de la periferia es muy fuerte. La instalación de rellenos sanitarios es una de las actividades que compite por la utilización de terrenos, y además, es un tema conflictivo por su impacto social y ambiental (Claro 2001). La ciudadanía reacciona desfavorablemente ante ellos: por la emanación de malos olores con el transporte de la basura, la devaluación de las propiedades de los alrededores y también por el riesgo de contaminación de las aguas. Sin embargo, existen otros impactos no visibles directamente por la población humana que afectan a la flora y a la fauna nativa, los que se ven obligados a desplazarse a otras áreas o desaparecen debido a que su coexistencia con los rellenos sanitarios es incompatible.

El siguiente estudio nace a partir de dicha problemática, en este caso, producida por la instalación del Relleno Sanitario Santiago Poniente en la comuna de Maipú. Dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental de este proyecto se determinó que uno de sus efectos sería el desplazamiento de algunas especies de fauna hacia zonas aledañas, similares a las que habitaban previamente. Sin embargo, si la abundancia de estas especies en dichos sectores está cercana a la capacidad de carga, los individuos desplazados no podrían establecerse de no mediar alguna medida de manejo. Como objetivo general se desea evaluar la utilidad del uso de refugios artificiales como medida de manejo de pequeños animales (micromamíferos y reptiles), tendiente a elevar la capacidad de carga de su hábitat. En forma más específica, se desea determinar si los

refugios son utilizados y también si son una variable limitante de la densidad de los animales.

La Quebrada de la Plata es un área de gran valor ecológico debido a que es uno de los pocos lugares, dentro de la ciudad de Santiago, que contribuye con el desarrollo de vida silvestre que no se ha logrado adaptar a ambientes modificados, en especial: mamíferos, anfibios, muchos reptiles y algunas aves. Ésta es una de las razones por la que su protección es muy importante.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El estudio se enmarca dentro del ámbito de la restauración ecológica, disciplina que se está desarrollando cada vez con mayor fuerza debido a su importancia para la conservación de la biodiversidad en el largo plazo. La restauración ecológica busca reparar lo que puede ser reparado y asegurar el destino futuro de los hábitats y poblaciones sobrevivientes (Young 2000), aunque hayan sido dañados, degradados o destruidos previamente (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group 2004). Históricamente la restauración ecológica ha sido asociada a la recuperación de sistemas vegetacionales, sin embargo, es cada vez más común encontrar estudios cuyo objeto de estudio es la fauna silvestre (Ormerod 2003).

Un método para aplicar la restauración de la fauna silvestre es el uso de refugios artificiales, dado que las madrigueras naturales, luego de algunas intervenciones, pueden ser escasas o de baja calidad. La mayor parte de los estudios con utilización de refugios artificiales o manipulación de refugios naturales, para el manejo de la fauna silvestre, se refieren a aves. Un ejemplo de ello es lo que ocurre en la costa central de California, donde bosques de diferentes especies, principalmente del género *Quercus*, están siendo reemplazados por viñedos, lo que ha disminuido significativamente la calidad del hábitat de muchas aves. En este caso se probó el uso y la productividad de casas de nidificación instaladas en los viñedos para compararlas con aquellas ubicadas en el bosque. Los resultados entregaron evidencia preliminar de que las casas para nidificación ayudan a mitigar la pérdida de hábitat, ya que tanto en los viñedos como en los bosques de *Quercus*, la ocupación de éstas fue similar. Sin embargo, la riqueza de especies fue diferente. En el bosque se encontraron seis especies, mientras que en los viñedos sólo se encontraron dos (Mummert *et al.* 2002).

También ha sido exitoso el uso de refugios artificiales para pingüinos en Nueva Zelanda, donde se verificó que el éxito reproductivo de *Eudyptula minor* en éstos, era mayor que en los refugios naturales (Houston 1999).

Otra medida de manejo utilizada, ha sido la manipulación de refugios naturales. En Estados Unidos, por ejemplo, se probó el efecto del manejo de cavidades hechas por el carpintero *Picoides borealis*, con el objetivo de reducir el impacto del cleptoparasitismo por parte de varias especies de aves, entre las que se encuentran otros carpinteros, y también de la ardilla voladora *Glaucomys volans* quien, además de ocupar las cavidades, cambia las características físicas de éstas (Reed y Gorsira 1996, Wood *et al.* 2000). Al respecto, Reed y Gorsira (1996) observaron que *G. volans* utilizaba cavidades de mayor tamaño de cámara que la construida por el carpintero; éste por su parte, no utilizaba las cavidades una vez que sus dimensiones eran modificadas. Para superar estos inconvenientes, como medida de manejo, se utilizaron reductores de cavidades instalados en sus entradas, lo que tenía como fin permitir sólo la entrada de *P. borealis*. Esta técnica dio como resultado un mejoramiento en la calidad de las cavidades para la nidificación y el descanso de la especie, en el corto y largo plazo (Wood *et al.* 2000).

Otras investigaciones dirigidas al manejo de aves silvestres señalan que es necesario monitorear la densodependencia de las especies para evaluar la efectividad de la instalación de sitios de nidificación o refugios. En un estudio hecho sobre el pato *Bucephala clangula* se hizo un seguimiento de 12 años para evaluar los efectos de las cajas de nidificación sobre la población de la especie, y se encontró que la cantidad de parejas aumenta respecto a las áreas testigo, pero que la progenie en sí no aumenta; incluso se observó que nacen menos polluelos por nidada (Pöysä y Pöysä 2002).

Dentro de los antecedentes que existen sobre el manejo de mamíferos usando refugios artificiales se encuentra el trabajo realizado en Australia para la conservación del marsupial arbóreo *Gymnobelideus leadbeateri* McCoy. Esta especie está en peligro de extinción, y es dependiente de cavidades de los bosques de *Eucalyptus regnans* F.Muell., que están siendo manejados con objetivo maderero (McKenney y Lindenmayer 1994, Spring *et al.* 2001, Lindenmayer *et al.* 2003). Lindenmayer *et al.* (2003) realizaron un estudio en el que se probó la eficacia del uso de refugios artificiales como un método de ayuda para la conservación de dicha especie en bosques que habían sufrido algún tipo de modificación, ya sea incendios o talas no controladas. Con ello se generó un déficit importante en la cantidad de árboles con las características necesarias para el buen desarrollo de la especie en estudio. En este caso, la ocupación de los refugios fue mínima, por lo que se cuestionó la efectividad de su uso como única medida de manejo.

Además, McKenney y Lindenmayer (1994) hicieron un estudio en que evaluaron económicamente el uso de este sistema, comparándolo con el costo de oportunidad de no usar con fines productivos los bosques donde habita la especie, y concluyeron que es conveniente sólo: si los refugios se hacen a muy bajo costo y su reemplazo se hace en intervalos largos de tiempo. Por consiguiente, ellos creen que prohibir la corta de los bosques es lo más efectivo para la preservación del marsupial, especialmente, por el estado de conservación en que se encuentra.

También existen estudios sobre casas de nidificación para murciélagos, pero en este caso, para de erradicarlos de construcciones humanas. Para ello, se desarrollaron diferentes tipos ajustándolos a las condiciones que favorecieran la reproducción y descanso de los murciélagos: *Eptesicus fuscus* y *Myotis lucifugus* (Brittingham y Williams 2000). Ellas lograron encontrar las características propicias para tales efectos, sin embargo, no se sabe cuál es éxito reproductivo real de los animales en estos refugios.

Los estudios sobre el uso de refugios para la restauración del hábitat de reptiles son escasos. Uno de ellos se desarrolló en el sudeste de Australia, donde se construyeron refugios de concreto para reducir el efecto que produce la extracción de piedras en los reptiles *Oedura lesueurii* y *Hoplocephalus bungaroides*, en un área urbana, que es frecuentemente modificada para la construcción de jardines. Además, evaluaron el efecto del tamaño del refugio y de su entrada para encontrar aquel que mejor reemplace lo que estos animales acostumbran usar en forma natural (Webb y Shine 2000).

Por otra parte, Milne *et al.* (2003) evaluaron, durante 3 años, una población de *Tiliqua adelaidensis* -lagartija que utiliza agujeros construidos por arañas en el suelo para refugiarse y atrapar a sus presas- a la cual se le adicionaron refugios artificiales similares a los naturales para determinar el efecto de estas estructuras sobre la adecuación biológica (fitness) de la especie. En el estudio se observó que las condiciones corporales de las hembras y su progenie era mejor en los refugios artificiales que en los naturales, aunque explican que pueden existir otras variables que podrían estar influyendo en los resultados. Sin embargo, queda de manifiesto que no hay un efecto negativo de los refugios artificiales para la población. Luego Souter *et al.* (2004) desarrollaron también un sistema artificial, similar al anterior, que les permitiese mejorar la calidad del hábitat de *T. adelaidensis*. En el estudio se construyeron refugios similares a los anteriores, pero se

probó el efecto de distintas profundidades y diámetros de entrada. Los resultados obtenidos aquí indican que hay un efecto positivo sobre la abundancia de lagartijas adultas y recién nacidas, posiblemente, debido a que se facilita la capacidad de encontrar lugares aptos para esconderse de sus depredadores y también para capturar presas.

En Chile se han hecho estudios con refugios artificiales para aves. Uno de ellos se realizó en plantaciones de *Pinus radiata* de Temuco y Valdivia. Allí instalaron cajas anideras, y con ellas comprobaron que es posible atraer a algunas especies dependientes de cavidades a ocupar un hábitat que carece de éstas (Muñoz-Pedreros *et al.* 1996). En la Región del Maule se realizó otro estudio en el que se usaron cajas anideras para determinar si la disponibilidad de cavidades en bosques de hualo (*Nothofagus glauca*) era una variable limitante para la reproducción de algunas especies de aves nidificadoras de cavidades. En este estudio se observó que los refugios artificiales además de ser utilizados por aves, fueron utilizados por el marsupial *Thylamys elegans* para hibernar y nidificar en ellas (Tomasevic 2002). Este antecedente es la base sobre la cual se espera que en La Quebrada de la Plata la utilización de los refugios en micromamíferos sea exitosa, ya que se usó el mismo modelo de refugio, cambiando solamente las medidas de éstos y la altura de instalación. Para el caso de los reptiles no existen antecedentes previos sobre refugios artificiales en Chile, por lo tanto será la primera aproximación en el tema.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la Región Metropolitana, a 30 km al suroeste de la ciudad de Santiago, en la cuenca hidrográfica de la Quebrada de la Plata que forma parte de la Estación Experimental Agronómica Germán Greve de la Universidad de Chile, en la Rinconada de Maipú. La distancia del área de estudio al relleno sanitario Santiago Poniente es de 5 km aproximadamente.

La Quebrada de la Plata está dentro del área que es considerada, a nivel mundial, como una zona de alta biodiversidad (Myers *et. al* 2000). Su clima coincide con la clasificación bioclimática: “Región Mediterránea Semiárida” que se caracteriza por tener precipitaciones de 330 mm anuales y temperaturas máximas y mínimas de 23°C y 7°C, respectivamente (Di Castri 1975). Su vegetación corresponde a la zona mesomórfica o zona de los matorrales arborescentes esclerófilos y xerofíticos (Schlegel 1963), característica del hábitat de algunos micromamíferos tales como: *Octodon degus*, *Phyllotis darwini*, *Abrothrix olivaceus*, *A. longipilis*, *Oligoryzomys longicaudatus* y *Thylamys elegans* (Mann 1978, Muñoz-Pedrerros 2000, Muñoz-Pedrerros y Palma 2000) y de los reptiles: *Liolaemus chilensis*, *L. fuscus*, *L. lemniscatus*, *L. nitidus*, entre otros (Lobos, datos no publicados; Donoso-Barros 1966, Núñez y Jaksic 1992, Mella 2005).

3.1 Micromamíferos

Refugios

Para cumplir con los objetivos anteriormente señalados, se construyeron 120 refugios de madera de aproximadamente 15 cm de alto por 10 cm de ancho y diámetro de entrada de 3 cm (anexo 1), de similares características a las cajas anideras utilizadas por Tomasevic (2002).

Los refugios se instalaron en árboles y arbustos de distintas especies, a una altura entre 1 y 1,5 m, en tres parcelas de aproximadamente 4 ha, distribuidas al azar en el área de estudio, evitando variaciones fisiográficas y de vegetación muy significativas entre ellas. Cada parcela contó con 40 refugios, distanciados aproximadamente a 25 x 35 m entre sí, en forma sistemática.

La instalación de los refugios se realizó el año 2002, antes de primavera, de manera que estuviesen disponibles al comienzo de la época de reproducción de algunos micromamíferos que allí habitan.

Evaluación del efecto de los refugios

Para comprobar el uso de los refugios se llevaron a cabo tres revisiones (primavera, verano y otoño), por medio de la observación en el interior de éstos, determinando ya sea indicios o individuos utilizándolos.

Para evaluar el impacto de la instalación de los refugios, se determinó la densidad de las especies en dos muestreos -en verano y otoño- con el método de captura, marcaje y recaptura de individuos en las tres parcelas con refugios y además en tres parcelas testigo. En cada parcela se instalaron grillas con 25 trampas Sherman dispuestas en forma sistemática, con un distanciamiento de 10 x 10 m, siguiendo las recomendaciones hechas por Wilson *et al.* (1996). La superficie abarcada por las trampas fue de 2500 m². Las trampas permanecieron activas durante 3 noches. Los animales capturados se identificaron según su especie y también fueron sexados, pesados y marcados. Debido a que *T. elegans* tenía mayores probabilidades de utilizar los refugios, los individuos de esta especie se marcaron con anillos metálicos numerados, de manera de que su marca fuera permanente. El resto de las especies fueron marcadas con tinta indeleble en el abdomen, para registrarlos al menos dentro de la misma temporada.

Debido a que la manipulación de roedores trae consigo el riesgo de contraer enfermedades dañinas para el ser humano, como el Virus del Hanta, se utilizaron implementos apropiados a fin evitar el contagio.

Con el objeto de descartar el efecto de variables vegetacionales que puedan influir en la presencia de micromamíferos se hizo un muestreo de la vegetación, ubicando parcelas de 500 m² dentro las parcelas de muestreo pre-establecidas. En éstas se determinaron las especies arbóreas y arbustivas clasificándolas como dominantes y secundarias según su presencia. Además se determinó la cobertura vegetal en tres estratos: bajo (0-0,3 m), medio (0,3-2 m) y alto (2m y más). Estos atributos se compararon entre los sitios con tratamiento y los testigo, para verificar que no existían diferencias significativas que pudieran dar cuenta de las posibles diferencias en la densidad de animales.

3.2 Reptiles

Refugios

Para los reptiles se usaron dos tipos de refugios de características similares a piedras y rocas, de manera que fuesen parecidas a lo que ellos utilizan en forma natural para refugiarse y tomar sol. Uno de ellos consistía en un pastelón comercial de aproximadamente 20 cm de ancho por 40 cm de largo, bajo el cual se pusieron dos soportes de madera en cada extremo, para dejar un espacio bajo el mismo (anexo 2). El otro tipo de refugio era una teja de fibrocemento de 35 cm de largo y de 10 cm (anexo 3) por el lado más ancho. Se instalaron cinco refugios de cada tipo en 7 parcelas circulares de 15 m de radio, ubicadas al azar; 3 en exposición norte y 4 en exposición noreste. En estas exposiciones la vegetación está compuesta principalmente por matorral ralo (Tapia 2005), lo que favorece el encuentro de un mayor número de reptiles, cuya característica poiquilotérmica los obliga a buscar calor. Cada parcela contuvo ambos tipos de refugios y éstos se distribuyeron al azar.

Evaluación del efecto de los refugios

En el año 2003, con el objeto de comprobar si los refugios eran utilizados por los reptiles, se realizó una revisión visual de su superficie y también bajo ellos al comienzo del verano, momento en que la actividad de los reptiles comienza a aumentar.

Para determinar si los refugios eran una variable limitante para los reptiles, se realizó un muestreo a través de transectos lineales (Thompson *et al.* 1998), con el fin de obtener una estimación de la densidad de lagartijas en las parcelas con refugios y en las testigos. El muestreo fue realizado a fines de verano y en cada parcela se realizaron dos transectos a lo largo de los diámetros de éstas.

Para descartar la influencia de la pedregosidad original sobre el número de reptiles observado, se contabilizaron las piedras presentes en los transectos para posteriormente utilizarlos como covariables en los análisis.

Al igual que en caso de los micromamíferos, se midió la cobertura vegetal en las parcelas tratamiento y testigo, para descartar cualquier efecto sobre la densidad de reptiles.

3.3 Análisis de datos

Densidad micromamíferos

Los datos obtenidos permitieron calcular la densidad relativa de micromamíferos a través del sistema conocido como el mínimo número de animales (MNA) (Simonetti y Maldonado 1988, Murúa 2000). Para determinar diferencias entre las parcelas con y sin tratamiento, los valores obtenidos con el MNA fueron analizados con un Modelo Lineal Generalizado, con distribución de Poisson (Mc Cullagh y Nelder 1989, citado por Saei y Chambers 2005) y para ello se utilizó el programa R (Ihaka y Gentleman 1996). En los datos de abril se realizaron dos análisis: uno que consideró solo los individuos capturados

en el muestreo y otro, cuyos valores incluyen a los individuos que estaban ocupando los refugios en las parcelas tratamiento, bajo el supuesto de que estos no cayeron en las trampas, precisamente, por estar ocupando los refugios.

Densidad Reptiles

La densidad de reptiles se determinó con el número de individuos en 100m² observados en los transectos. Al igual que en los micromamíferos, los valores obtenidos en los tratamientos se compararon con los obtenidos en las parcelas testigo a través de un Modelo Lineal Generalizado con distribución de Poisson (Mc Cullagh y Nelder 1989, citado por Saei y Chambers 2005), en el programa R (Ihaka y Gentleman 1996).

Cobertura vegetal y pedregosidad

A través de una dódima de hipótesis (Canavos 1988), usando el programa Statistica 2.0, se evaluó las posibles diferencias en la cobertura vegetal entre las parcelas tratamiento versus las parcelas testigo de micromamíferos y reptiles. Del mismo modo se evaluó la pedregosidad.

4 RESULTADOS

4.1 Micromamíferos

Uso de refugios

Al revisar los refugios se pudo constatar que efectivamente son utilizados por micromamíferos. Sin embargo, los refugios también fueron utilizados por aves como el chercán (*Troglodytes aedon*), las que dejaron como evidencia nidos de diferente grado de construcción. También se encontró una lagartija (*L. lemniscatus*) refugiada a mediodía.

En relación a los mamíferos, en uno de los refugios se encontraron restos de nido que podrían corresponder al roedor escansorial *O. longicaudatus*, cuyas características no correspondían a los nidos de aves. Sólo se encontraron individuos de la especie *T. elegans* (yaca) utilizando los refugios en dos de las tres parcelas con tratamiento, en la revisión realizada en el mes de abril del año 2003 (Fig. 1).

Figura 1 Esquema de ubicación de los refugios artificiales en las parcelas con tratamiento. En negro se indica la zona en que fueron ubicadas las grillas de muestreo de micromamíferos en ambas temporadas. En amarillo se indican los refugios que fueron utilizados por *T. elegans* en el mes de abril.

40	32	24	16	8
39	31	23	15	7
38	30	22	14	6
37	29	21	13	5
36	28	20	12	4
35	27	19	11	3
34	26	18	10	2
33	25	17	9	1

80	72	64	56	48
79	71	63	55	47
78	70	62	54	46
77	69	61	53	45
76	68	60	52	44
75	67	59	51	43
74	66	58	50	42
73	65	57	49	41

120	112	104	96	88
119	111	103	95	87
118	110	102	94	86
117	109	101	93	85
116	108	100	92	84
115	107	99	91	83
114	106	98	90	82
113	105	97	89	81

Densidad tratamiento v/s testigo

En el cuadro 1 se muestra la densidad relativa de micromamíferos, definida como el número de individuos (MNA) en 2500m² tomada en el mes de enero del año 2002.

Cuadro 1. Densidad relativa definida como número de individuos en 2500m² de *T. elegans*, *O. degus*, *P. darwini*, *A. longipilis*, *A. olivaceus*, *O. longicaudatus* en el muestreo de verano del año 2002.

Especies	Enero					
	Tratamiento			Testigo		
	1	2	3	1	2	3
T el	1	1	4	2	2	4
O de	3	3	2	2	4	6
P da	1	4	0	4	4	1
A lo	1	0	0	0	0	0
A ol	0	0	1	0	0	2
O lo	0	0	0	0	1	0

En el cuadro 2 se muestra la densidad relativa de micromamíferos, definida como el número de individuos (MNA) en 2500m² tomada en el mes de abril del año 2003.

Cuadro 2. Densidad relativa definida como número de individuos en 2500m² de *T. elegans*, *O. degus*, *P. darwini*, *A. longipilis*, *A. olivaceus*, *O. longicaudatus* en el muestreo de otoño del año 2003.

Especies	Abril					
	Tratamiento			Testigo		
	1	2	3	1	2	3
T el	4(1)	1	2(1)	1	2	2
O de	6	2	2	3	6	17
P da	0	7	0	1	1	0
A lo	1	0	0	0	0	1
A ol	1	0	0	0	0	0
O lo	0	1	0	0	0	1

() Valores sin incluir individuos en los refugios

El análisis no arrojó una diferencia significativa entre la densidad de *T. elegans* en los lugares con refugio y los sin refugio ($p > 0,05$), incluyendo o no a los individuos que estaban en los refugios, y también, tomando en cuenta el efecto que podría tener la cobertura vegetal. Con el resto de las especies de micromamíferos ocurrió algo similar.

Sólo la densidad de *O. degus* en otoño tuvo una relación con la estructura de la vegetación donde la cobertura de los tres estratos (0 - 0,3m; 0,3 - 2m y de más de 2m), tuvieron un efecto positivo, significativo o levemente significativo, sobre la densidad de esta especie ($p < 0,06$; $p < 0,09$ y $p < 0,02$; respectivamente).

En el cuadro 3 se muestra el porcentaje promedio de cobertura en tres estratos (0-0,3 m; 0,3m-2m; 2m y más) y las especies dominantes presentes en las parcelas tratamiento y las parcelas testigo.

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura en tres estratos (0-0,3 m; 0,3m-2m; 2m y más) y las especies dominantes y secundarias para cada parcela.

<i>Parcela</i>	<i>Cobertura (%)</i> <i>Promedio</i>			¹ <i>Especies</i> <i>presentes</i>
	Bajo	Medio	Alto	
Tratam1	20,5	55,0	17,5	Co, Tt, QS, Bl, AC, Pb
Tratam2	11,3	75,0	12,5	Bl, Tt, AC, Pp
Tratam3	13,8	70,0	15,0	Bl, Tt, QS, LC, Co
Media	15,2	66,7	15,0	
Testigo1	35,0	47,5	1,3	Co, Bl, QS
Testigo2	22,5	75,0	0,5	Bl, Pp, AC, Tt, MB, KO
Testigo3	5,5	50,0	57,5	AC, Tt, Bl, QS, Co, LC
Media	21,0	57,5	19,8	

No se encontraron diferencias significativas entre las medias de las coberturas vegetacionales para los tratamientos y los testigo ($p > 0,1$).

¹ En apéndice N°1 ver códigos de especies.

4.2 Reptiles

Uso de refugios

En la revisión efectuada sobre los refugios artificiales para reptiles a fines de primavera del 2003, se encontró sólo un individuo de lagartija (*L. lemniscatus*) ocupando un refugio del tipo teja. Con este antecedente, a pesar de su baja proporción respecto a los refugios disponibles, se puede decir que al menos una especie de lagartija utilizaría dicho refugio, eventualmente, para protegerse de las oscilaciones térmicas o los depredadores.

Densidad tratamiento v/s testigo

En el cuadro 4 se presenta el número de lagartijas observadas en los transectos hechos en las parcelas tratamiento y en las parcelas testigo.

Cuadro 4. Número de lagartijas observadas en los transectos, en parcelas con y sin tratamiento.

<i>Parcela</i>	<i>Densidad de lagartijas</i>	
	Nº ind/100m ²	
	Tratamiento	Testigo
1	2	1
2	3	1
3	2	1
4	1	0
5	5	5
6	4	0
7	0	0
Media	2,4	1,1

La pedregosidad definida como número de piedras observadas en los transectos de observación de lagartijas, se muestra en el cuadro número 5.

Cuadro 5. Número de piedras o rocas observadas en los transectos.

<i>Parcela</i>	<i>Pedregosidad</i> (nº piedras/100m ²)	
	Tratamiento	Testigo
1	4	3
2	5	6
3	2	2
4	4	1
5	1	3
6	2	2
7	1	5
Media	2,7	3,1

La cobertura vegetal en tres estratos se observa en el cuadro 6 medida en porcentaje.

Cuadro 6. Cobertura de la vegetación (0-0,3 m; 0,3m-2m; 2m y más).

<i>Parcela</i>	<i>Cobertura (%) Tratamiento</i>			<i>Cobertura (%) Testigo</i>		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
1	5	21	9	13	12	6
2	10	46	4	10	55	1
3	8	40	2	6	28	3
4	5	43	1	5	41	5
5	24	38	4	46	60	15
6	32	52	11	34	49	6
7	41	46	9	30	44	11
Media	17,9	40,9	5,7	20,6	41,3	6,7

Los resultados mostraron un efecto positivo, levemente significativo, de la presencia de refugios sobre el número de lagartijas observadas ($p=0,08$). No hubo efecto de la vegetación o de la pedregosidad sobre el número de lagartijas. ($p>0,1$). Tampoco hubo diferencias en la vegetación y la pedregosidad entre las parcelas tratamiento y testigo ($p>0,1$).

5 DISCUSIÓN

Los refugios artificiales fueron ocupados, lo que demuestra que algunos animales sí son capaces de utilizar elementos ajenos a su entorno natural, y que por lo tanto, esta medida puede tomarse en cuenta al momento de considerar herramientas para mitigar los impactos producidos por las modificaciones que disminuyen o eliminan la disponibilidad de refugios naturales.

Sin embargo, no existió relación entre la cantidad de micromamíferos capturados y la presencia de refugios. Solamente se observó un efecto positivo de la cobertura vegetal, en otoño, sobre *O. degus*, lo que se explicaría porque sus colonias se ubican en lugares con vegetación para protegerse de sus depredadores (Ebensperger y Hurtado 2005). La distribución espacial de *O. degus* varía en el año según la disponibilidad de alimento y ésta a su vez de las condiciones meteorológicas del año (Zunino *et al.* 1992, Meserve *et al.* 2003), lo que podría explicar que la relación positiva entre estos roedores y la vegetación se dé sólo en otoño.

La falta de un efecto significativo de los refugios artificiales sobre las poblaciones de micromamíferos estudiadas, puede deberse a que el seguimiento realizado fue de sólo una temporada, con lo que muchos animales pueden no haberse acostumbrado aún a estas estructuras artificiales (Lindenmayer *et al.* 2003). En el caso de *T. elegans* se observó que el uso aumentó en otoño, justo cuando se comienzan a producir descensos en las temperaturas, lo cual afecta a *T. elegans* haciéndolo entrar en torpor por períodos restringidos (Mann 1978, Muñoz-Pedreros y Palma 2000). Tal vez, más avanzado el invierno, se hubiera podido registrar un mayor uso.

Otra posible causa de estos resultados es que la disponibilidad de refugios, efectivamente, no sea una variable limitante para la densidad de las poblaciones de micromamíferos estudiadas. Así, el uso de refugios artificiales no aseguraría el aumento de la densidad de la población ya que otra variable podría estar influyendo en ésta (e.g. el alimento) y así, debido a la densodependencia, -regulación que limita la supervivencia de los individuos, ya sea, a través de un aumento en la mortalidad o una disminución en su

adecuación biológica- la densidad podría no verse afectada con los refugios adicionales (Lincoln *et al.* 1986, Roughgarden 1996, Berryman *et al.* 2002).

Durante el otoño, la cantidad de yacas (*T. elegans*) capturadas en los sitios con refugios fue incluso menor que en los testigo, ya que una proporción de más de la mitad de los individuos detectados en las parcelas tratamiento estaban utilizando los refugios. Esto sugiere que, si bien es cierto, los refugios pueden no necesariamente aumentar la densidad de yacas, pueden mejorar las condiciones microambientales nocturnas de los individuos y con esto, eventualmente, mejorar la supervivencia de ellos.

El experimento realizado entrega evidencia parcial de que los refugios artificiales sí pueden aumentar la densidad de lagartijas. Además, estos refugios tienen una ventaja respecto de los naturales, debido a que cuentan con un medio de protección contra depredadores (principalmente aves rapaces diurnas), porque tienen cavidades que les permite esconderse rápidamente en su interior, a diferencia de muchas de las piedras que hay en forma natural en el lugar. No obstante, uno de los inconvenientes de los refugios utilizados para reptiles es que se quiebran con relativa facilidad, lo que hace que su duración sea limitada, sobretodo si por el área circula gente.

Los costos asociados a la utilización de estos sistemas fueron bastante bajos, por los materiales utilizados. Por lo tanto, es una medida de manejo que no requiere de una gran inversión por parte de quienes quisieran utilizarlos. Incluso es posible utilizar un menor número de refugios ya que la densidad de animales no es tan alta como la cantidad de refugios que se instaló, aunque este es un aspecto que se debería estudiar ya que se corre el riesgo de que al instalar una menor densidad de refugios, se disminuya la probabilidad de que los animales los encuentren.

6 CONCLUSIONES

Los refugios artificiales son utilizados por los micromamíferos y reptiles, por lo que pueden ser una herramienta útil a usar en procesos de restauración de ecosistemas. Aún así, es conveniente que sigan siendo evaluados.

La densidad de los micromamíferos no se vio afectada por la instalación de refugios, aunque hay variables que no se consideraron en este estudio y que sería apropiado incluir en evaluaciones posteriores, además de extender la evaluación por un período de tiempo más largo.

Para los reptiles los refugios artificiales tienen un efecto positivo leve sobre su densidad, aunque sería conveniente hacer muestreos en un plazo de tiempo mayor para reafirmar lo que fue observado en este estudio.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ARMIJO, G. 2000. La urbanización del campo metropolitano de Santiago: crisis y desaparición del hábitat rural. Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura. Revista de Urbanismo N°3. [En línea] <<http://www.uchile.cl/facultades/arquitectura/urbanismo/revurbanismo/n3/armijo/armijo.html>> [consulta: 20 marzo 2003].
- BERRYMAN, A. A.; LIMA, M.; HAWKINS, B.A. 2002. Population regulation, emergent properties, and a requiem for density dependence. *Oikos* 99 (3): 600-606.
- BRITTINGHAM, M. Y WILLIAMS, L. 2000. Bat boxes as alternative roosts for displaced bat maternity colonies. *Wildlife Society Bulletin* 28 (1): 197- 207.
- CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y estadística: Aplicaciones y métodos. Traducido por Edmundo Urbina. Ediciones McGraw-Hill. México.
- CLARO, E. 2001. Perspectivas de autoridades, proponentes y ONGs: El rol de la compensación en la localización de rellenos sanitarios en Santiago. *Ambiente y desarrollo* XII (2): 27-34
- DI CASTRI, F. 1975. Esbozo ecológico de Chile. Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas. Lo Barnechea, Chile. 64 p.
- DONOSO-BARROS, R. Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, 1966. 458 p.
- EBENSPERGER, L.A.; HURTADO, M.J. 2005. On the relationship between herbaceous cover and vigilance activity of degus (*Octodon degus*). *Ethology* 111 (6): 593-608.
- HOUSTON, D.M. 1999. The use of nest boxes for blue penguins (*Eudyptula minor*). *Ecological Management* 7: 7-11.
- IHAKA, R. y GENTLEMAN, R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 5: 299-314.
- LINCOLN R.J.; BOXSHALL G.A.; CLARK P.F. 1986. Diccionario de la ecología, evolución y taxonomía. Cambridge University Press. Gran Bretaña. 488p.
- LINDENMAYER, D.B.; MacGREGOR, C.I.; CUNNINGHAM, R.B.; INCOLL, R.D.; CRANE, M; RAWLINS, D; MICHAEL, R. 2003. The use of nest boxes by arboreal marsupials in the forests of the Central Highlands of Victoria. *Wildlife Research* 30: 259-264.

- LOBOS, G. Listado de especies de la fauna de la Quebrada de La Plata. Datos no publicados.
- MANN, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile. *Gayana Zoología*, 342p.
- McKENNEY, D.W.; LINDENMAYER, D.B. 1994. An economic assessment of a nest-box strategy for the conservation of an endangered species. *Canadian Journal Forest Research*. 24: 2012-2019.
- MELLA, J. 2005. Guía de campo reptiles de Chile: Zona Central. Ediciones CEA. Peñaloza APG, Novoa F y Contreras (Eds.). Ediciones del Centro de Ecología Aplicada Ltda. 147 p.
- MESERVE, P.L.; KELT, D.A.; MILSTEAD, W.B.; GUTIÉRREZ, J.R. 2003. Thirteen years of shifting top-down and bottom-up control. *Bioscience* 53 (7): 633-646.
- MILNE, T.; BULL, M.; HUTCHINSON, M.N. 2003. Fitness of the endangered pygmy blue tongue lizard *Tiliqua adelaidensis* in artificial burrows. *Journal of Herpetology* 37 (4): 762-765.
- MUMMERT, D.; BAINES, L.; TIETJE, W. 2002. Cavity-nesting bird use of nest boxes in vineyards of Central-Coast California. USDA Forest Service [En línea]. http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-184/030_Mummert.pdf [consulta: 25 mayo 2005].
- MUÑOZ-PEDREROS, A.; GANTZ, A.; SAAVEDRA, M. 1996. Nidos artificiales en plantaciones de *Pinus radiata* en el sur de Chile: ¿una herramienta para mitigar impactos ambientales negativos?. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 393-400.
- MUÑOZ-PEDREROS, A. 2000. Orden Rodentia. En: Muñoz-Pedrerros, A. y Yañez, J. (eds). *Mamíferos de Chile*. 73-126. Ediciones CEA. Temuco. 463 p.
- MUÑOZ-PEDREROS, A.; PALMA, R.E. 2000. Marsupiales. En: Muñoz-Pedrerros, A y J. Yañez (eds). *Mamíferos de Chile*. 43-51. Ediciones CEA. Temuco. 463 p.
- MURÚA, R. 2000. Estimación de la densidad. En: Muñoz-Pedrerros, A. y Yañez, J. (eds). *Mamíferos de Chile*. 407-41. Ediciones CEA. Temuco. 463 p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- NELSON, N.J.; KEALL, S.N.; BROWN D.; DAUGHTERTY C.H. 2002. Establishing a new wild population of tuatara (*Sphenodon guntheri*). *Conservation Biology* 16 (4): 887-894.
- NÚÑEZ, H.; JAKSIC, F. 1992. Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. *Boletín del Museo de Historia Natural*. 43: 63-91.

- ORMEROD, S.J. 2003. Restoration in applied ecology: editors's introduction. *Journal of applied ecology*. 40: 44-50.
- PÖYSA, H.; PÖYSA, S. 2002. Nest-site limitation and density dependence of reproductive output in the common goldeneye *Bucephala clangula*: implications for the management of cavity nesting birds. *Journal of Applied Ecology*. 39 (3): 502-510.
- REED, C Jr.; GORSIRA, B. 1996. Assessment of condition and availability of active red-cockaded woodpecker cavities. *Wildlife Society Bulletin*. 24 (1): 21-24.
- ROUGHGARDEN, J. 1996. *Theory of population genetics and evolutionary ecology*. An introduction. Standford University. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. 612p.
- SCHLEGEL, F. 1963. Estudio forístico y fitosociológico de la Quebrada de la Plata, Hacienda Rinconada de Lo Cerda, Maipú. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 221p.
- SAEI, A.; CHAMBERS, R. 2005. Modelling truncated and clustered count data. *Australian and New Zeland Journal Statistics*. 47(3): 339-349.
- SIMONETTI, J.; MALDONADO, S. 1988. Estimación de la abundancia de micromamíferos: número mínimo conocido versus estimador de momento. *Medio Ambiente* 9 (2): 92 - 95.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE AND POLICY WORKING GROUP. 2004. *The SER International Primer on Ecological restoration*. www.ser.org and Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- SOUTER, N; BULL, M; HUTCHINSON, M. 2004. Adding burrows to enhance a population of the endangered pygmy blue tongue lizard, *Tiliqua adelaidensis*. *Biological Conservation*. 116: 403-408.
- SPRING, D; BEVERS, M; KENNEDY, J; HARLEY, D. 2001. Economics of a nest-box program for the conservation of an endangered species: a reappraisal. *Canadian Journal of Forest Research*. 31: 1992-2003.
- TAPIA, D. 2005. Propuesta de intervenciones silviculturales con fines de rehabilitación en la Quebrada de la Plata, Región Metropolitana. Memoria de título Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 86 p.
- THOMPSON, W.; WHITE, G.; GOWAN, C. 1998. *Monitoring Vertebrate populations*. Academic Press. California. 365pp.

- TOMASEVIC, J. 2002 Calidad de renovales de hualo (*Nothofagus glauca* (Phil) Krasser) como hábitat para aves silvestres. Memoria de título Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 41 p.
- WEBB, JK.; SHINE, R. 2000. Paving the way for habitat restoration: can artificial rocks restore degraded habitats of endangered reptiles?. *Biological Conservation*. 92 (1): 93-99.
- WILSON, D; COLE, F; NICHOLS, J; RUNDRAN, R; FOSTER, M. 1996. Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals. *Biological Diversity Handbook Series*. Smithsonian Institution Press. Washington and London.
- WOOD, D.; WESLEY, B Jr.; VILELLA, F.; RAULSTON, B. 2000. Long-term effects of red-cockaded woodpecker cavity entrance restrictors. *Wildlife Society Bulletin*. 28 (1):105-109.
- YOUNG, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation*. 92: 73-83.
- ZUNINO, S.; SAIZ, F.; YATES, L. 1992. Uso del espacio, densidad de *Octodon degus* y oferta de recursos en Ocoa, Parque Nacional La Campana, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 65: 343-355.

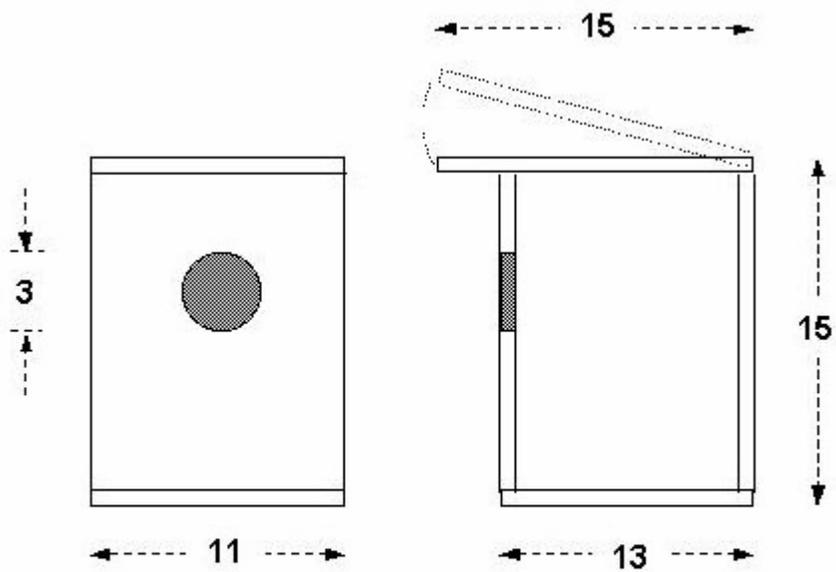
8 APÉNDICES

Apéndice N°1 Código de especies

QS	<i>Quillaja saponaria</i>
AC	<i>Acacia caven</i>
LC	<i>Lithraea caustica</i>
KO	<i>Kageneckia oblonga</i>
Tt	<i>Trevoa trinervis</i>
Co	<i>Colliguaja odorifera</i>
Pp	<i>Proustia pungens</i>
MB	<i>Maitenus boaria</i>
BI	<i>Baccharis linearis</i>
Pb	<i>Puya berteroniana</i>

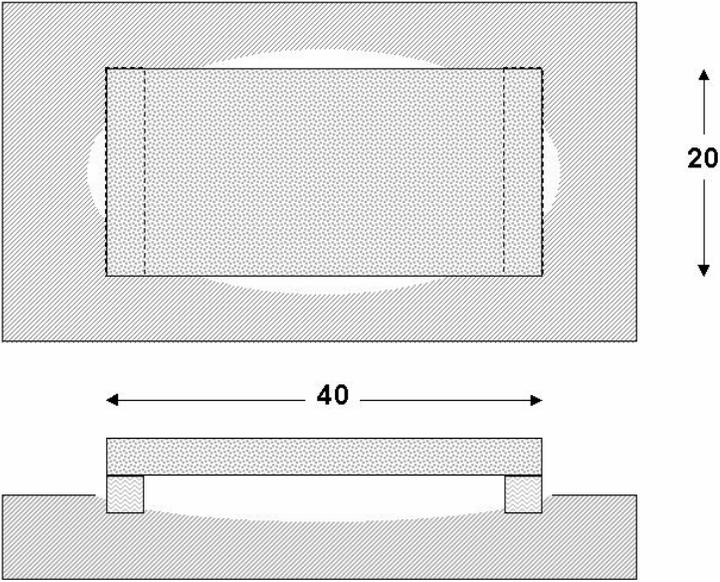
9 ANEXOS

Anexo N°1. Esquema de refugio artificial para micromamíferos



■ Entrada circular simula una cavidad natural.
(Medidas en centímetros)

Anexo N°2. Esquema de refugio artificial para reptiles de pastelón



(Medidas en centímetros)

-  Pastelón de concreto
-  Soportes de madera
-  Suelo

Anexo N°3. Esquema de refugio artificial para reptiles de teja

