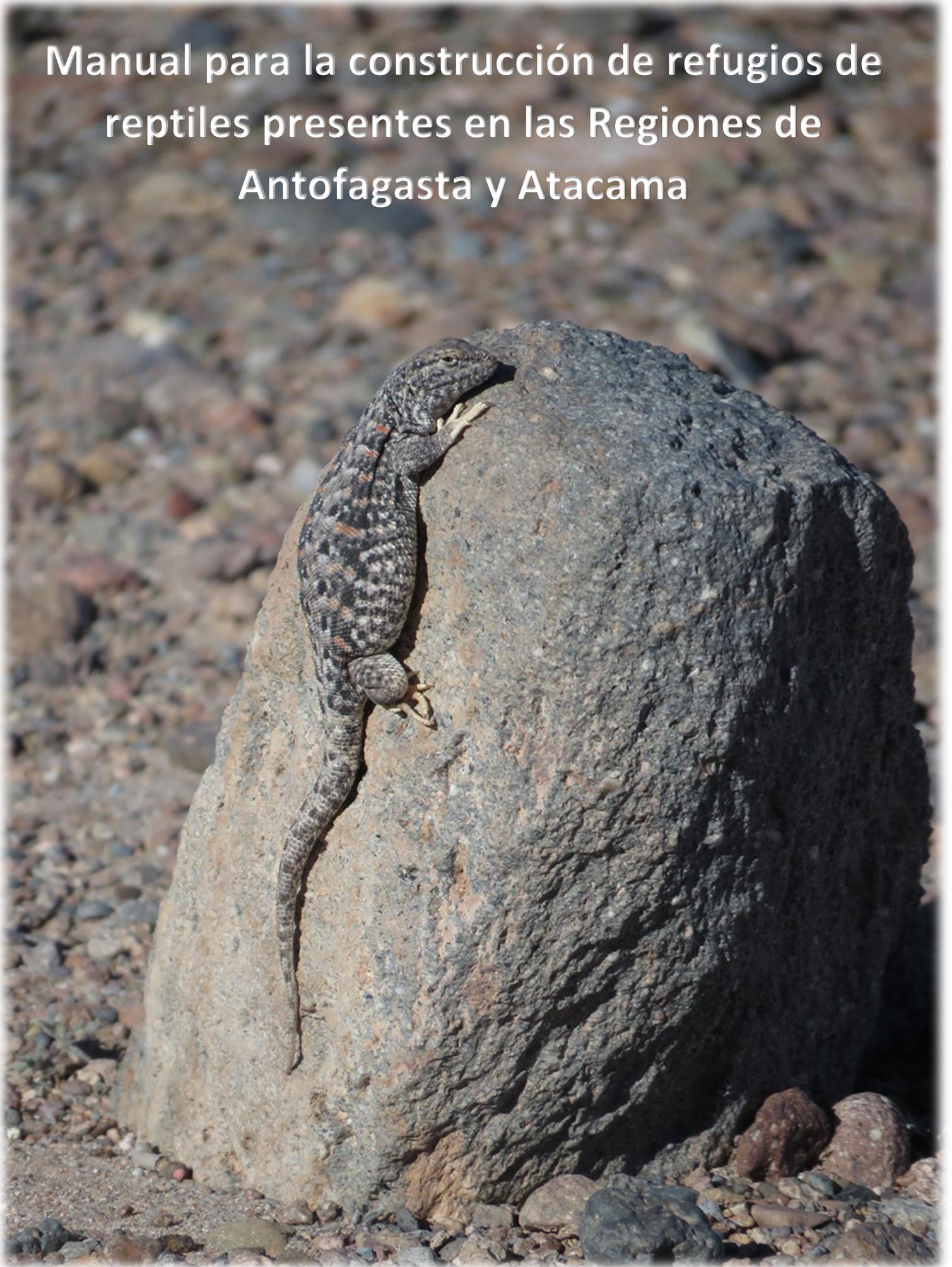


Manual para la construcción de refugios de reptiles presentes en las Regiones de Antofagasta y Atacama



Esta guía, es parte de las actividades ejecutadas en el marco del Programa “La Naturaleza en Nuestras Plantas” y de las necesidades de formación levantadas en el perímetro HSEQ, de ENEL.

“Manual para la construcción de refugios para reptiles presentes en las Regiones de Antofagasta y Atacama”.

Autores

Gabriel Lobos; Gianina Tapia; Alejandra Alzamora; Nicolás Rebolledo; Hugo Salinas; Juan Carlos Trujillo; Carlos Garín; Bernardino Camousseigt.

Foto portada

Liolaemus fabiani, Región de Antofagasta.

Año de elaboración

2021

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. METODOLOGIA.....	5
4. RESULTADOS	5
4.1. Catastro de los reptiles presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama	5
4.2. Requerimientos de hábitat.....	10
4.3. Revisión de tipos de refugios para reptiles.....	12
4.4. Propuesta de tipos de refugios para los reptiles de Antofagasta y Atacama.....	16
4.4.1. Recomendaciones generales.....	16
4.4.2. Bajo piedras y rocas.....	19
4.4.3. Montículos de vegetación	23
4.4.4. Oquedades, cuevas y madrigueras.....	25
4.4.5. Refugios de arena y tierra	28
4.5. Metodología para realizar monitoreos post construcción de refugios.....	29
4.5.1. Parámetros por considerar.....	30
4.5.2. Metodologías.....	33
4.6. Consideraciones futuras	37
5. CONCLUSIONES	38
6. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXO 1.....	44
ANEXO 2.....	50

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especies de reptiles presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama. 1 presente, 0 ausente. Se indican criterios de clasificación de las especies de acuerdo con la Ley 19.473 y al Estado de Conservación (EC) de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Especies RCE. Endemismo indica el nivel del carácter (Nacional, Regional, Micro endémico o Nativo).	6
Tabla 2. Talla por familia de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.	9
Tabla 3. Dieta de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.....	10

Tabla 4. Número de formaciones vegetacionales (Gajardo 1994) ocupados por los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.	10
Tabla 5. Hábitos y número de especies reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama asociados.	11
Tabla 6. Tipos de refugio ocupados por los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.....	11

1. INTRODUCCIÓN

Las regiones de Antofagasta y Atacama presentan un alto potencial para el desarrollo de proyectos energéticos, principalmente fotovoltaicos, pero también eólicos y de baterías. La fauna más sensible frente a la intervención que generan este tipo de proyectos corresponde a aquellos taxa con una baja capacidad de desplazamiento y alta especificidad de hábitats; destacando en este sentido el grupo de los reptiles terrestres. En este contexto, y dentro de la Política de Biodiversidad de la compañía Global Power Generation (GPG), se establece que, en caso de impactos residuales, se debe implementar medidas compensatorias que respeten el principio de “no pérdidas netas” (no net loss) de biodiversidad, y cuando aplique es deseable un balance neto positivo, principio que es consistente con la Política Energética del Gobierno de Chile 2050.

Para la fauna silvestre, se han señalado diversas medidas de mitigación, compensación y restauración, que se clasifican según nivel de acción, en medidas de pequeña, mediana y gran escala (Uribe 2007). La adquisición, conservación y enriquecimiento de hábitats son formas de compensación en donde se realizan las acciones necesarias para promover el incremento de la diversidad biológica (SAG 2004). Existen varias técnicas para promover el retorno de la fauna a un sitio, como: favorecer el desarrollo de un sotobosque denso, minimizar la tala de vegetación circundante en un área a intervenir para favorecer su recolonización, controlar los depredadores, y la creación de refugios artificiales, ya sea a través del enriquecimiento con troncos y rocas, estructuras de madera, arenales, etc.

Los refugios artificiales son una medida de tipo estructural, descrita como mecanismo de mejoramiento y enriquecimiento de hábitats, cuyo objetivo es recrear las madrigueras para especies de baja movilidad (Young 2000; SAG 2004). En este contexto, a continuación, se presenta una Guía Práctica orientada a evaluar cuándo, cómo y dónde es pertinente implementar la construcción de micro refugios como medida de compensación frente a impactos sobre poblaciones de reptiles en las regiones de Antofagasta y Atacama.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Elaborar un manual que permita determinar cuándo, dónde y cómo es pertinente implementar la construcción de micro refugios como medida de compensación frente a impactos sobre poblaciones de reptiles presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama.

2.2. Objetivos específicos

- Elaborar un catastro con las especies potenciales de reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.
- Identificar los requerimientos de hábitat para estas especies.

- Revisar tipos de refugios para reptiles.
- Caracterizar los tipos de refugios utilizados por estas especies.
- Describir pormenorizadamente los pasos para una correcta construcción de refugios.
- Proponer metodología para realizar monitoreos posteriores a la construcción de refugios.

3. METODOLOGIA

Para la propuesta de construcción de refugios, realizamos un levantamiento de información que consideró una revisión bibliográfica por medio de buscadores especializados, los que incluyeron publicaciones científicas y estudios publicados en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Adicionalmente, se realizó consultas a expertos en gestión ambiental relacionada con reptiles.

Inicialmente se determinó la lista potencial de las especies presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama, incluyendo sus características principales, distribución, estado de conservación, entre otras. Posteriormente se realizó el levantamiento de información en torno a refugios para reptiles a nivel mundial y país. La sistematización de toda la información recopilada consideró el criterio práctico en relación con la ecología de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama y los posibles refugios artificiales que podría utilizar cada especie. Con esta información se realiza propuesta de refugios para las regiones seleccionadas, incluyendo la descripción detallada de su construcción y especies a las cuales beneficiarán.

4. RESULTADOS

4.1. Catastro de los reptiles presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama

La revisión bibliográfica da cuenta de la presencia de 44 especies de reptiles para las regiones de Antofagasta y Atacama en el Norte de Chile (Demangel 2016; Mella 2017; Ruiz de Gamboa 2020; Langstroth 2021) (Tabla 1). Para la región de Antofagasta se reportan 31 especies, mientras que, para la región de Atacama, se reportan 22 especies. Cabe señalar que, ambas regiones comparten 9 especies de reptiles.

El listado de especies comprende a cinco familias y siete géneros. La familia más representada es Liolaemidae con 34 especies, todas del género *Liolaemus*, lo que equivale al 77% del total de especies registradas en ambas regiones. Esto guarda relación con el dominio de este género a nivel nacional y en el sur de Sudamérica (Quintero y Abdala, 2014).

Imagen 1. Salamaneja del norte grande, *Phyllodactylus gerrhopygus*, sobre roca.



Derechos: Ecodiversidad Consultores

En términos de riqueza, la familia Tropiduridae fue la segunda más importante, con 4 especies del género *Microlophus* (9%), seguida de *Dipsadidae* con tres especies (6,8%), *Phyllodactylidae* con dos especies (4,5%) y *Teiidae* con una especie del género *Callopiastes* (2,2%).

Tabla 1. Especies de reptiles presentes en las regiones de Antofagasta y Atacama. 1 presente, 0 ausente. Se indican criterios de clasificación de las especies de acuerdo con la Ley 19.473 y al Estado de Conservación (EC) de acuerdo con el Reglamento de Clasificación de Especies RCE. Endemismo indica el nivel del carácter (Nacional, Regional, Micro endémico o Nativo).

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	Antofagasta	Atacama	LEY 19.473			RCE		ENDEMISMO
				B	S	E	EST. CONS	PROCESO	
REPTILIA									
SQUAMATA									
DIPSADIDAE									
<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	1	1	B	-	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	1	1	B	-	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Nativo
<i>Tachymenis peruviana</i>	Culebra peruana	1	0	B	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Nativo
PHYLLODACTYLIDAE									
<i>Garthia gaudichaudii</i>	Salamaneja del norte chico	1	1	-	S	E	LC	N°10_DS N°52/2014	Nacional
<i>Phyllodactylus gerrhopygus</i>	Salamaneja del norte grande	1	0	-	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Nativo
TEIIDAE									
<i>Callopiastes maculatus</i>	Iguana	1	1	-	S	E	NT	N°12_DS N°16/2016	Nacional
LIOLAEMIDAE									

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	Antofagasta	Atacama	LEY 19.473			RCE		ENDEMISMO
				B	S	E	EST. CONS	PROCESO	
<i>Liolaemus andinus</i>	Lagartija Andina	0	1	-	-	-	-	-	Nativo
<i>Liolaemus atacamensis</i>	Lagartija de Atacama	1	1	-	S	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Liolaemus audituvelatus</i>	Dragón de oído cubierto	1	1	-	S	E	VU	N°12_DS N°16/2016	Regional
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	1	0	-	S	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Regional
<i>Liolaemus erguetae</i>	Lagartija de Ergueta	1	0	-	-	-	VU	N°15_DS N°23/2019	Nativo
<i>Liolaemus erroneus</i>	Dragón grande	1	0	-	S	E	DD	N°10_DS N°52/2014	Nativo
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	1	0	-	S	E	EN	N°10_DS N°52/2014	Microendémica
<i>Liolaemus foxi</i>	Lagartija de Fox	1	0	-	-	-	EN	N°15_DS N°23/2019	Microendémica
<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura	0	1	B	-	E	LC	N°8_DS N°19/2012	Nacional
<i>Liolaemus hajeki</i>	Lagartija de cuello liso de Hajek	1	0	-	-	-	NT	N°15_DS N°23/2019	Microendémica
<i>Liolaemus hellmichi</i>	Lagartija de Hellmich	1	0	-	S	E	VU	N°10_DS N°52/2014	Microendémica
<i>Liolaemus isabelae</i>	Lagartija de Isabel	0	1	-	S	E	VU	N°10_DS N°52/2014	Microendémica
<i>Liolaemus jamesi</i>	Jaranco de James	1	0	-	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Nativo
<i>Liolaemus juanortizi</i>	Lagartija de Ortiz	0	1	-	S	E	VU	N°12_DS N°16/2016	Microendémica
<i>Liolaemus lorenzmuelleri</i>	Lagarto de Muller	0	1	-	S	E	VU	N°12_DS N°16/2016	Microendémica
<i>Liolaemus nigriceps</i>	Lagartija de cabeza negra	1	0	-	S	E	NT	N°12_DS N°16/2016	Nativo
<i>Liolaemus nigrocoeruleus</i>	Lagartija negroazulada	0	1	-	-	-	EN	N°16_DS N°16/2020	Microendémica
<i>Liolaemus nigromaculatus</i>	Lagartija de mancha	1	1	-	S	E	NT	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Liolaemus nitidus</i>	Lagarto nítido	0	1	-	S	E	NT	N°8_DS N°19/2012	Nacional
<i>Liolaemus omorfi</i>	Lagartija hermosa	1	0	-	-	-	NT	N°16_DS N°16/2020	Microendémica
<i>Liolaemus pachecoi</i>	Lagarto de Pacheco	1	0	-	-	-	NT	N°16_DS N°16/2020	Nativo
<i>Liolaemus patriciaiturrae</i>	Lagartija de Patricia Iturra	0	1	-	S	E	VU	N°12_DS N°16/2016	Microendémica
<i>Liolaemus paulinae</i>	Lagartija de Paulina	1	0	-	S	E	VU	N°10_DS N°52/2014	Microendémica
<i>Liolaemus platei</i>	Lagartija de Plate	1	1	-	-	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Liolaemus puna</i>	Lagartija de la Puna	1	0	-	-	-	NT	N°12_DS N°16/2016	Nativo
<i>Liolaemus puritamensis</i>	Lagarto de Puritama	1	0	-	S	E	EN	N°16_DS N°16/2020	Nativo
<i>Liolaemus robertoi</i>	Lagartija de Roberto	0	1	-	-	-	VU	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Liolaemus rosenmanni</i>	Lagartija de Rosenmann	0	1	-	S	E	VU	N°10_DS N°52/2014	Regional
<i>Liolaemus schmidtii</i>	Lagartija de Schmidt	1	0	-	S	E	DD	N°10_DS N°52/2014	Nativo
<i>Liolaemus silvai</i>	Lagartija de Silva	0	1	-	S	E	NT	N°15_DS N°23/2019	Nacional
<i>Liolaemus stolzmanni</i>	Dragón de Stolzmann	1	0	-	S	E	VU	N°12_DS N°16/2016	Nacional
<i>Liolaemus torresi</i>	Dragoncito de Torres	1	0	-	-	-	NT	N°15_DS N°23/2019	Nacional
<i>Liolaemus velosoi</i>	Lagartija de Veloso	0	1	-	S	E	NT	N°12_DS 16/2016	Regional
<i>Liolaemus zapallarensis</i>	Lagartija de Zapallar	0	1	-	S	E	LC	N°12_DS N°16/2016	Nacional
TROPIDURIDAE									

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR	Antofagasta	Atacama	LEY 19.473			RCE		ENDEMISMO
				B	S	E	EST. CONS	PROCESO	
<i>Microlophus atacamensis</i>	Corredor de Atacama	1	1	-	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Regional
<i>Microlophus quadrivittatus</i>	Corredor de cuatro bandas	1	0	-	S	E	LC	N°10_DS N°52/2014	Nativo
<i>Microlophus tarapacensis</i>	Corredor de Tarapacá	1	0	-	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Nacional
<i>Microlophus theresioides</i>	Corredor de Tereza	1	0	-	S	E	LC	N°15_DS N°23/2019	Nacional

Nota:

Estados conservación:

RCE= Reglamento de Clasificación de Especies

D.S. N° 5/1998= Reglamento Ley de Caza N° 19.473

B= Especie catalogada como beneficiosa para la actividad silvoagropecuaria

S= Especie catalogada con densidades poblacionales reducidas

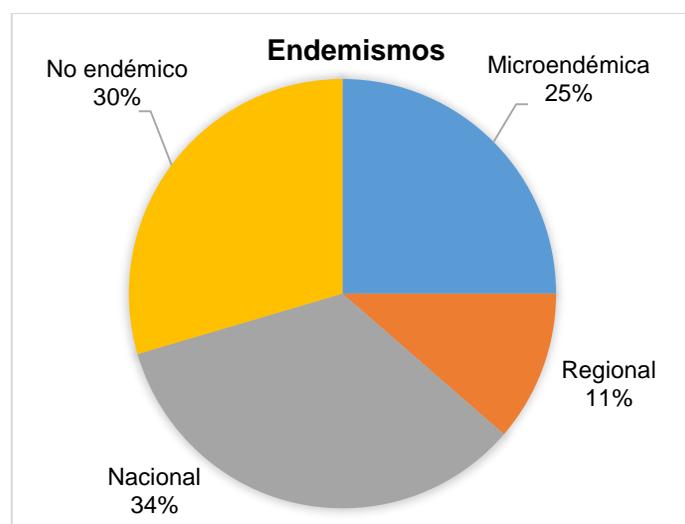
E= Especie catalogada como beneficiosa para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales

EST. CONS= Estado de conservación según D.S. N° 5/1998

EN= En Peligro de Extinción, V= Vulnerable, R= Rara, IC= Inadecuadamente conocida.

En cuanto al origen de las especies, todas las especies son de origen nativo. De ellas, 11 (25%) presentan carácter de micro endémico, es decir, su distribución comprende un número acotado de localidades en una región geográfica limitada. Por otro lado, cinco *taxa* (11,4%) presentan endemismo regional, es decir, solo están presentes en las regiones de Antofagasta o Atacama; y 15 *taxa* (34,1%) presentan endemismo a nivel nacional, es decir son exclusivas del país. El resto de las especies, que corresponden a 13 *taxa* (29,5%), presentan una distribución más amplia con poblaciones compartidas con Argentina y Bolivia (asociada a los sistemas de pre-puna, puna y salares) y con Perú (asociado a los ambientes costeros y desérticos) (Figura 1).

Figura 1. Proporción del carácter de endemismo de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.

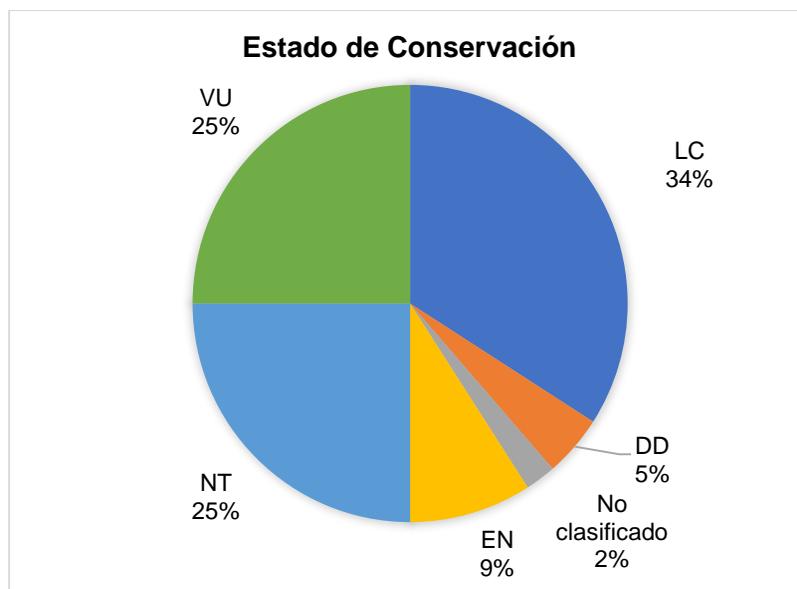


Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los niveles de amenazas de las especies de reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama, se identificaron cinco estados de conservación, de acuerdo al Reglamento de Clasificación de Especies (Figura 2). Cuatro especies están clasificadas como

en peligro de extinción (EN, 9,1%), 11 en estado Vulnerable (VU, 25%), 11 en estado cercano a la amenaza (NT, 25%), 15 en preocupación menor (LC, 34,1%), dos con datos deficientes (DD, 4%) y una no se encuentra clasificada (2%). La familia Liolaemidae es la que presenta la mayor cantidad de especies clasificadas en las distintas categorías, lo que es esperable, dada la mayor riqueza de especies reportadas. Para este grupo el 44% de las *taxa* se encuentran en estado de amenaza, Vulnerable o En peligro de extinción, con 11 y cuatro especies, respectivamente. Solo una de las 44 *taxa* no presentó estado de conservación, *Liolaemus andinus*, dada su reciente re-descripción (Abdala *et al*, 2021).

Figura 2. Proporción de los estados de conservación de los reptiles de las Regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las tallas de los reptiles identificados, estos presentan un amplio rango, con valores que fluctuaron entre los 32 a 2.200 mm, lo que está fuertemente influenciado por la familia a la que pertenecen las especies (Tabla 2). Las culebras (Dipsadidae) son los reptiles que presentan las mayores dimensiones de largo total con valores que fluctúan entre 600 a 2.200 mm. La familia Teiidae, que contiene a la iguana chilena, también presenta una de las especies de talla grande, que alcanza una longitud hocico cloaca (LHC) de 173 mm. Le sigue la familia Tropiduridae, con el género *Microlophus* (corredores) que presenta dimensiones de LHC que fluctúan entre los 110 y 124 mm. Mientras que Liolaemidae, representada por el género *Liolaemus*, presenta dimensiones de LHC que fluctúan entre los 42 y 104 mm. Finalmente, la familia Phyllodactylidae es la que presenta las menores dimensiones con tallas (LHC) que van entre los 32 y 52 mm.

Tabla 2. Talla por familia de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.

Familia	Nº especies	Talla (mm)		
		Promedio ± Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Dipsadidae	3	1.166,67 ± 896,29	600	2.200
Liolaemidae	34	72,68 ± 16,23	42	104
Phyllodactylidae	2	42,00 ± 14,14	32	52
Teiidae	1	173,00 ± 0,00	173	173
Tropiduridae	4	118,00 ± 7,12	110	124

Fuente: Elaboración propia.

La dieta de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama (considerando los principales ítems que consumen) es principalmente omnívora (N=23), seguido de carnívoro de invertebrados (N=17), carnívoro de vertebrados (N=3), siendo esta categoría exclusiva de las familias Dipsadidae (culebras), y carnívoro de invertebrados y vertebrados, correspondiendo esta última categoría a una sola especie de la familia Teiidae, la iguana chilena (Tabla 3).

Tabla 3. Dieta de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.

Dieta	Nº especies
Omnívoro	23
Carnívoros vertebrados	3
Carnívoros invertebrados	17
Carnívoro invertebrados y vertebrados	1
Total general	44

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Requerimientos de hábitat

Se identificaron cinco biomas en los que se distribuyen los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama, los que abarcan desde el borde costero, hasta la puna y salares en la alta cordillera, desde el nivel del mar hasta los 5.180 msnm. En ellos se encuentran presentes 18 de las formaciones vegetacionales descritas por Gajardo (1994), las que usaremos en esta guía, como orientadoras del hábitat que ocupan las especies de reptiles. El número de formaciones vegetacionales (hábitats) ocupadas por las especies depende en parte del rango de distribución de cada una, encontrándose especies que están presentes en solo un hábitat (como ocurre con las micro endémicas); y en contraste, se registró una especie que está presente en al menos ocho hábitats. En síntesis, el 81,8% de las especies (36 *taxa*) ocupó entre uno y cuatro hábitats, mientras que el restante 18,2% (8 especies), estuvo presente entre cinco y ocho hábitats (Tabla 4).

Tabla 4. Número de formaciones vegetacionales (Gajardo 1994) ocupados por los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.

Nº de Formaciones vegetacionales (Gajardo 1994) ocupados por reptiles	Nº especies	Porcentaje (%)
1	9	20,45
2	11	25
3	9	20,45
4	7	15,91
5	2	4,55
6	5	11,36
8	1	2,27

Fuente: Elaboración propia.

En relación con los hábitos de los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama, que hacen referencia al tipo de sustrato preferido por las especies o donde es habitual encontrarlas, se observó que el hábito saxícola, fue el más común con registros en 18

especies, seguido de los hábitos terrícolas registros en 15 especies y psamófila con registros en 11 especies. La literatura reporta que, dependiendo de la especie, éstas pueden tener uno o más tipos de hábitos. Para este estudio, se determinó que el 52% de las especies presenta preferencia por un solo tipo de hábito: saxícola (N=9), psamófila (N=8) o terrícola (N=6). Mientras que, para el resto de las especies, se describen hasta cuatro tipos de hábitos. Solo una de las especies potenciales (*Microlophus theresioides*) se ha descrito con hábito arborícola (Demangel 2016; Mella 2017), siendo una de las especies con mayor variación de este carácter (Tabla 5).

Tabla 5. Hábitos y número de especies reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama asociados.

Hábito	Nº especies
Psamófila	8
Psamófila/saxícola	2
Psamófila/terrícola(salares)	1
Saxícola	9
Saxícola/Terrícola	3
Terrícola	6
Terrícola/Psamófila/Saxícola/Arbórea(trepador)	1
Terrícola/saxícola/Psamófila	2
Terrícola/Psamófila	4
Terrícola/saxícola	2
Saxícola/Psamófila	6

Fuente: Elaboración propia.

El uso de refugios naturales fue altamente variable, asociado también a los hábitos de las especies y características ambientales de su rango de distribución (hábitat), encontrando especies que utilizan un tipo de refugio y otras que utilizan dos o tres. Es por esto por lo que los refugios fueron agrupados según uso, siendo bajo piedras y oquedades el refugio más utilizado, con 13 especies (29,55%). Le sigue bajo piedras con 12 especies (27,27%), luego 6 (13,64%) especies que utilizan oquedades en arena o tierra y 5 especies (11,36%) que se resguardan bajo piedras y vegetación. Finalmente, son 3 especies (6,82%) que se resguardan bajo vegetación, 3 especies (6,82%) que utilizan oquedades y vegetación, y 2 (4,55%) especies que utilizan vegetación y oquedades de arena (Tabla 6).

Tabla 6. Tipos de refugio ocupados por los reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.

Refugios naturales	Nº especies	Porcentaje (%)
Bajo piedras y oquedades	13	29,55
Bajo piedras	12	27,27
Oquedades en arena o tierra	6	13,64
Bajo piedras y vegetación	5	11,36
Bajo vegetación	3	6,82
Oquedades y vegetación	3	6,82
Bajo vegetación y oquedades en la arena	2	4,55

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2. Lagartija de Silva, *Liolaemus silvai*, sobre vegetación.



Derechos: Ecodiversidad Consultores

4.3. Revisión de tipos de refugios para reptiles

La respuesta de la fauna a la restauración de hábitat se encuentra influenciada por una variedad de factores, entre los que se incluyen su movilidad, requisitos de hábitat, en particular el uso de refugios, presencia de comida y depredadores (Nichols y Nichos 2003). En reptiles, se debe considerar su tamaño relativamente pequeño, movilidad reducida y sus requerimientos de energía y agua, por lo que se podría esperar una respuesta distinta a otros vertebrados terrestres (Heatwole y Taylor 1987; Nagy *et al.* 1999).

El manejo de fauna, en términos de conservación, es importante para prevenir la extinción de poblaciones de especies amenazadas (Souter *et al.* 2004). Para ello, se han descrito, al menos, dos aproximaciones: La primera, tiene como objetivo la protección de especies (Estrategia de filtro fino) que está dirigida hacia especies que presentan problemas de conservación o son consideradas especies prioritarias, y la segunda, aquella cuya finalidad es la protección de comunidades o ambientes (Filtro grueso), donde se apunta a la protección de hábitat, comunidades o ecosistemas (SAG 2004). Existen variadas formas de manejo de hábitat para mejorar las condiciones de las poblaciones mediante la suplementación de recursos y protección de condiciones ambientales adversas, por ejemplo, la construcción de madrigueras artificiales. Estas medidas también pueden alentar el establecimiento de individuos reubicados en cualquier intento de complementar poblaciones pequeñas o reintroducir en nuevos sitios (Souter *et al.* 2004).

En el caso de los reptiles, los refugios están asociados a la ventaja que éstos proveen para esconderse frente a depredadores (Webb y Shine 2000), ayudando también en la termorregulación de las especies, que no solo implica buscar un microhábitat cálido para elevar la temperatura corporal, sino que también refugiarse del sol para evitar un sobrecalentamiento fatal (Edgard *et al.* 2010). Además, los refugios pueden proporcionar lugares para la puesta de huevos (Castilla y Swallow 1995). La postura de huevos es una etapa muy vulnerable para muchas especies ovíparas (Shine and Guillete 1988), por lo tanto, la disponibilidad de áreas apropiadas para depositarlos es fundamental para su éxito (Shine y Fitzgerald 1989). Sin embargo, los estudios publicados en torno a refugios artificiales muestran un sesgo hacia las taxa como las aves y mamíferos, incluyendo algunos grupos de invertebrados (Majer y Nichols 1998; Armstrong y Nichols 2000; Kanowski *et al.* 2005). Para el caso de los reptiles, son pocas las experiencias, y en Chile, los antecedentes sobre refugios artificiales se remiten a un par de investigaciones en la zona central (Uribe 2007; CGAB 2019). Siendo más conocida la respuesta de los reptiles, por ejemplo, a la reforestación y restauración de hábitat (Bowman *et al.* 1990; East *et al.* 1995).

Webb y Shine (2000) en un estudio en el sudeste de Australia, Parque Nacional Morton, propusieron la construcción de refugios de concreto para reducir el efecto que produce la extracción de piedras para construcción de jardines, en los reptiles *Hoplocephalus bungaroides* (Serpiente de cabeza ancha) y su presa *Oedura lesueurii* (gecko de Lesueur). Además, evaluaron el efecto del tamaño del refugio y de su entrada para encontrar aquel que mejor reemplace lo que estos animales acostumbran a usar en forma natural. Los resultados demostraron que hubo una preferencia significativa en el uso de adoquines con mayor temperatura y/o con grietas pequeñas. Esto se explica debido a que, generalmente, los invertebrados (posibles presas), mostraron preferencia por adoquines con grietas pequeñas, además de que los adoquines expuestos al sol proporcionaron temperaturas dentro del rango óptimo para las claves fisiológicas y procesos de comportamiento (crecimiento, digestión, reproducción, locomoción) de reptiles. A pesar de que el estudio no demuestra que los adoquines generan un aumento en la población, si se determina que las especies en estudio utilizan dichos refugios artificiales. Los autores sostienen que la restauración del hábitat con el tamaño adecuado de adoquines de hormigón puede ser una técnica de conservación viable para afloramientos rocosos degradados, sugiriendo ofrecer variados tamaños de los adoquines y sus hendiduras.

Por otra parte, Milne *et al.* (2003) evaluaron, durante tres años, una población de *Tiliqua adelaidensis* (eslizón pigmea lengua azul), especie en peligro de extinción en Australia que utiliza agujeros construidos por arañas en el suelo para refugiarse y atrapar a sus presas. En el estudio, se adicionaron madrigueras artificiales, que consisten en secciones ahuecadas de tacos de madera clavados en el suelo. Con esto, se determinó la adecuación biológica de los lagartos, utilizando como parámetros la condición corporal IC y la reproducción en hembras, con el fin de comparar lagartijas de madrigueras naturales y madrigueras

artificiales. Los resultados demostraron que las madrigueras artificiales proporcionaron condiciones beneficiosas para las hembras durante la primavera, permitiéndoles mejorar su condición corporal (IC más alto) y rendimiento reproductivo en relación con las hembras en madrigueras naturales. Los autores no descartan otras hipótesis que expliquen los resultados, pero sí sostienen que no existe evidencia de que las madrigueras artificiales tuvieran algún efecto perjudicial en los lagartos pigmeos adultos de lengua azul. Ellos sugirieron que se podrían usar madrigueras artificiales, ya sea en un programa para aumentar el tamaño de la población existente o en la reubicación de lagartos a sitios desocupados. Las madrigueras artificiales parecían proporcionar un sustituto de calidad equivalente o mejor que las madrigueras naturales.

Luego Souter *et al.* (2004) desarrollaron también un sistema artificial, similar al anterior, que les permitiese mejorar la calidad del hábitat de *T. adalaidensis*, donde se evaluó el efecto de diferentes profundidades y diámetros de entrada de estos refugios, y el efecto del aumento en el número de parcelas con madrigueras. Los resultados obtenidos indicaron un efecto positivo sobre la abundancia de lagartijas adultas y recién nacidas, proponiendo así, que las madrigueras adicionales en los sitios de población existentes pueden mejorar las poblaciones mediante la suplementación de recursos, y protegerlas de disminuciones catastróficas en condiciones ambientales adversas. Las madrigueras adicionales, también podrían alentar el establecimiento de individuos reubicados en cualquier intento futuro de complementar las pequeñas poblaciones existentes o reintroducir poblaciones en sitios actualmente desocupados dentro del rango anterior. Los resultados de este estudio apoyan la práctica de gestión utilizada en varias otras especies en peligro de extinción que tienen especializaciones de hábitat, donde las poblaciones pueden mantenerse mediante la suplementación de una característica de hábitat simple.

Márquez *et al.* (2008), llevaron a cabo un estudio con refugios construidos en base a troncos en el Corredor Verde de Guadiamar, sitio que fue creado en un programa de restauración de suelos y vegetación posterior al desprendimiento de un estanque de relaves de la mina de Aznalcóllar (SO de España). Dentro de este sitio la comunidad de reptiles estaba totalmente empobrecida. Márquez *et al.* (2008) seleccionaron dos parcelas grandes, utilizando una como sitio control y la otra como tratamiento con 120 refugios. Cada refugio contenía dos troncos apilados uno junto a otro. Los resultados de este estudio indicaron un enriquecimiento de la población de reptiles registrando un aumento desde una especie (*Tarentola mauritanica*) en el año 2000, a seis especies en el año 2006. Junto con esto también se determinó aumentos en abundancias de dichas especies. Los resultados permitieron a los autores concluir que la recuperación de la comunidad de reptiles se debió a la adición de refugios artificiales en el sector del corredor, el cual no contenía ningún tipo de refugio antes del estudio.

En Chile, son acotados los acercamientos al estudio de refugios en reptiles. Uribe (2007) estudió la implementación de refugios artificiales en forma de pastelones y teja de fibrocemento en un sector del Santuario de la naturaleza Quebrada de la Plata, ciudad de Santiago (matorral esclerófilo de la Región Metropolitana). Los resultados mostraron un efecto positivo y levemente significativo, de la presencia de refugios sobre el número de lagartijas observadas, proponiendo así, que los refugios artificiales pueden aumentar la densidad de lagartijas, por lo que es una herramienta útil para usar en procesos de restauración de ecosistemas. Sin embargo, la autora destaca que se debe seguir estudiando, dado que estos resultados solo muestran un efecto leve, destacando que una de las desventajas de dichos refugios, es su facilidad para quebrarse, lo que puede disminuir su efecto. Por otro lado, en este mismo Santuario, en el año 2019, se realizó la construcción, monitoreo y seguimiento por 15 meses de tres pircas implementadas como herramienta de restauración de hábitat post-incendio para micromamíferos y reptiles. Evidencias no publicadas aún, mostraron que estas estructuras tuvieron un impacto positivo en algunas especies de reptiles y micromamíferos, ya que se ha evidenciado la presencia y el uso permanente de estas estructuras por los micromamíferos: *Octodon degus* (Degú), *Phyllotis darwini* (ratón orejudo de Darwin) y *Thylamys elegans* (Yaca) y, especies de reptiles como: *Callopistes maculatus* (Iguana Chilena), *Liolaemus lemniscatus* (Lagartija lemniscata) y *Liolaemus fuscus* (Lagartija oscura). Sin embargo, no existen estudios o investigaciones a largo plazo que evalúen el grado de impacto de la implementación de esta medida sobre las poblaciones de especies de baja movilidad (CGAB 2019).

Imagen 3. Pirca construida para el proyecto “RestaurAcción socio-ecológica del Santuario de la Naturaleza Quebrada de la Plata”, a cargo del Centro de gestión ambiental y Biodiversidad, Universidad de Chile.



Derechos: Centro de Gestión Ambiental y Biodiversidad.

Otro caso de estudio en Chile, correspondió a una medida de mitigación realizada en el desierto costero de la región de Atacama, en la cual se construyeron pircas orientadas a la protección de reptiles (n= 26 pircas); donde se pudo detectar que, luego de 44 días, el 80% de las pircas evidenció ocupación; y 253 días después de la implementación de dichas medidas, el 100% de las pircas presentaba signos de ocupación o uso por reptiles (fecas, huellas de colas o evidencia directa), con un efecto positivo para *Liolaemus atacamensis* (Lagartija de atacama) y *Callopistes maculatus* (Iguana Chilena) (Lobos comunicación personal).

Como se describe en el presente manual, a pesar de que la información en torno a refugios de reptiles aún no es suficiente, son distintos los autores que han demostrado los efectos positivos de la creación de refugios artificiales para reptiles. Comprobando así, que los refugios permiten ayudar a las poblaciones de reptiles gracias a la ventaja de protección que ofrecen (Márquez 2008), mejorando las poblaciones mediante la suplementación de recursos y protegiéndolas de disminuciones catastróficas en condiciones ambientales adversas (Souter *et al.* 2004). Junto a esto, se describe que los costos de creación e instalación de estos refugios son bajos, dados los materiales a utilizar y su implementación, requiriendo una baja inversión con resultados beneficiosos para las especies (Webb y Shine 2000; Uribe 2007; Márquez 2008).

Finalmente, una arista transversal al tipo de refugio a implementar tiene que ver con la perturbación antropogénica de los sitios, que genera pérdida drástica de hábitat para las especies (Webb y Shine 2000). La destrucción y fragmentación del hábitat, junto con la degradación del ambiente, son las principales consecuencias de las actividades antropogénicas. Es por esto, que la construcción de refugios se debe acompañar con un plan de conservación de las estructuras, junto al fomento de la educación ambiental en la zona (SAG 2004).

4.4. Propuesta de tipos de refugios para los reptiles de Antofagasta y Atacama

A continuación, se presentan recomendaciones generales a considerar, previa instalación de los refugios y luego, una breve caracterización de los tipos de refugios, y su descripción para construirlos paso a paso. En vista del objetivo de esta revisión, se identificaron las especies y sus requerimientos de hábitat para determinar qué tipo de refugio artificial es aplicable a cada una (Anexo 1). Por otro lado, en el Anexo 2 se presenta un cuadro resumen con los tipos de refugio artificial, una breve descripción y especies objetivos.

4.4.1. Recomendaciones generales

Se debe considerar que un componente esencial de cualquier estrategia de conservación de este tipo es establecer que los nidos o madrigueras artificiales, brinden un hábitat adecuado. Si los animales tienen una menor aptitud individual o un rendimiento reproductivo reducido, como consecuencia del uso de recursos artificiales, entonces, la

intervención podría ser contraproducente (Minhe 2003). Debido a lo anterior, se recomienda considerar:

- Previo a la construcción de los refugios, se debe realizar un levantamiento de información preliminar o línea base, con la finalidad de determinar parámetros mínimos para el establecimiento de la especie objetivo. Estos incluyen, la evaluación de la presencia de la especie en el sector, la composición total de especies, la cobertura y composición de la vegetación, fuentes de alimento, entre otros factores. Es esencial determinar si el refugio es el recurso limitante para la población, dado que esta se puede ver favorecida con la suplementación de una característica de hábitat simple, estimulando su crecimiento, solo si el recurso es limitado en el hábitat, de lo contrario no se obtendrán beneficios para la población (Souter *et al.* 2004). Junto a esto, los resultados de un estudio preliminar permitirán generar información relevante, que será comparada con los resultados de los monitoreos posteriores a la instalación de refugios.
- Se debe considerar un área con la menor perturbación antropogénica posible, manteniendo la mayor distancia posible, respecto a cualquier instalación o construcción, como asentamientos, campamentos, caminos, para disminuir al máximo la perturbación hacia estos sitios como lo son robos, desarme de refugios, pisoteo por ruedas de vehículos, entre otros. Se recomienda una distancia mínima de un kilómetro ante cualquier asentamiento humano, sin embargo, esta distancia puede ser menor si se logra recrear adecuadamente el hábitat, por ejemplo, reutilización de agua proveniente de procesos de limpieza de paneles fotovoltaicos, que generan crecimiento de vegetación, formando un nuevo hábitat que puede ser utilizado por reptiles, como complemento de los refugios. Junto con esto, la cercanía a las áreas de origen natural de las especies objetivo sería un factor clave para lograr una buena colonización de reptiles (Kanowski *et al.* 2006; Márquez 2008), por lo que se recomienda elegir sectores conservados o cercanos a áreas protegidas.
- En los sitios donde se enriquecerá con refugios, se recomienda la construcción de letreros educativos o de advertencia, la construcción de cercos para delimitación y otras medidas específicas según el tipo de refugio, como, por ejemplo, el atornillado de las rocas artificiales en los sitios de estudio, para evitar robos (Webb y Shine 2000; SAG 2004; Edgard *et al.* 2010). Además, el fomento de la educación ambiental a las comunidades y trabajadores aledaños al sector estudiado es fundamental para mejorar los resultados (SAG 2004).
- Respecto a la presencia de ganado doméstico, se recomienda mantener el área de enriquecimiento cercado, al menos, los primeros dos años, para luego ir evaluando en cada monitoreo la posibilidad de retirar los cercos una vez asegurada la colonización de los refugios por la o las especies objetivo. Cabe señalar, que existen

antecedentes que sugieren que la colonización en reptiles es lenta, requiriendo en algunos casos, más de siete años (Kanowski *et al.* 2006; Márquez 2008).

- En relación con la construcción de los refugios, es importante considerar, además de las indicaciones específicas para cada tipo de refugio, el tamaño de las especies objetivo a beneficiar. Son diversos los autores que recomiendan variar los tamaños de los refugios descritos (Webb y Sine 2000; Souter 2004; CGAB 2019), como, por ejemplo, el tamaño de las grietas, con el fin de generar una mejor ocupación por parte de las distintas especies y estadios (juvenil-adulto). Souter (2004), describe la preferencia de los lagartos por agujeros que excedan las dimensiones de su cabeza, demostrando que los lagartos juveniles eligen con más frecuencia madrigueras con aberturas más estrechas, que lagartos adultos.
- Respecto de la ubicación y orientación, se recomienda posicionar el mayor porcentaje de refugios expuestos al sol, manteniendo así, la temperatura en rangos óptimos asociados al desarrollo fisiológico y procesos de comportamiento de las especies (Lillywhite 1987). Diversos estudios han demostrado que los refugios expuestos al sol son los más utilizados por los reptiles (Webb y Shine 2000; Souter 2004, Muñoz 2016), sin embargo, son los mismos autores quienes proponen que se deben mantener parte de los sectores sombreados para otorgar variedad de temperaturas. Considerando esto, se propone la mayor parte de los refugios con orientación noreste o noroeste (Chile).
- En el caso de los refugios de rocas (piedras planas, pircas y cúmulos de roca), se recomienda la obtención de piedras naturales de lugares que provengan de áreas de construcción de obras, es decir, de aquellos lugares donde se tenga certeza que no generará un impacto en la fauna.

Imagen 4. *Liolaemus lorenzmuelleri* asomada en una grieta entre rocas.



Derechos: Ecodiversidad Consultores

A continuación, se presenta una descripción de los tipos de refugios adecuados para las regiones de Atacama y Antofagasta y la construcción paso a paso.

4.4.2. Bajo piedras y rocas

4.4.2.1. Piedras planas

➤ *Descripción general*

Corresponde a la utilización de piedras aisladas unas de otras, sobre superficies arenosas o suelo descubierto. La restauración con piedras es una tarea que requiere considerar distintos factores, entre ellos, el tamaño, forma, grosor y grietas adecuadas para las especies que se requiera beneficiar (Webb 1996; 2000). Los estudios de campo sugieren que las especies seleccionan rocas según tamaño de hendidura y temperatura (Schlesinger y Shine 1994). Según Webb *et al.* (2000) en su estudio, señala que los adoquines más utilizados por las especies (*Oedura lesueurii* y *Hoplocephalus bungaroides*) corresponden a aquellos que estaban expuestos mayormente al sol y, por ende, a altas temperaturas, además, de los adoquines que tenían grietas de tamaños más pequeños. Estas características se asocian a mayor cantidad de invertebrados en dichos refugios. Las temperaturas mayores de los adoquines más utilizados coinciden con condiciones óptimas para las claves fisiológicas y procesos de comportamiento (crecimiento, digestión, reproducción, locomoción) de reptiles (Lillywhite 1987). Sin embargo, en sectores de radiación máxima se debe considerar dar sombra en parte de los refugios, si el hábitat así lo permite.

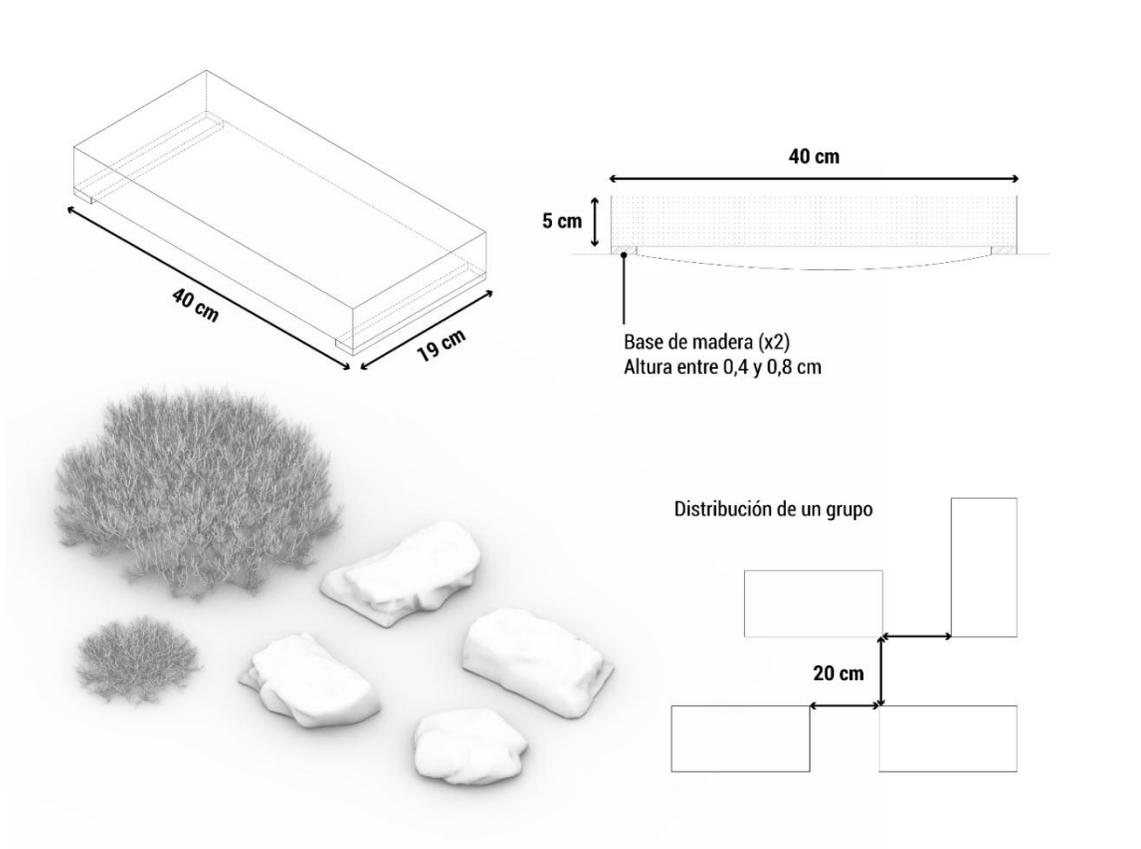
➤ *Pasos para una correcta construcción de refugios en base a piedras planas*

Paso 1. Las rocas artificiales se forman por adoquines de hormigón grises y cuadrados, con bases de madera en la esquina de cada adoquín para generar una hendidura respecto al suelo. Si se quiere utilizar piedras naturales, se recomienda comprar en el mercado piedras lajas o utilizar piedras que provengan de un área de construcción. Se considera un ancho de 19 cm, largo 40 cm, espesor de 5 cm y hendiduras de 0,4 y 0,8 cm. Sin embargo, se recomienda variar los tamaños de hendidura según especies a beneficiar (Webb *et al.* 2000). Las bases de madera pueden ser ubicadas en todas las esquinas del adoquín, o solo en algunas, con la finalidad de generar distintos tipos de hendiduras.

Paso 2. Se utilizan grupos de 4 adoquines, con tipos de hendiduras de ubicación y tamaño al azar, separados por 20 cm en una formación cuadrada. Se posicionan estos grupos de adoquines o piedras, separados por al menos 5 m entre grupos (ocasionalmente, más, dependiendo de la topología del sitio), en sectores tanto soleados, como no soleados (Webb *et al.* 2000).

Paso 3. Para evitar la perturbación antropogénica, entre las medidas básicas se recomienda el uso de letreros o carteles educativos, además de la posibilidad de atornillado de las rocas en sus respectivas ubicaciones según sustrato donde se ubiquen (Webb *et al.* 2000).

Figura 3. Esquema de refugio artificial Piedras Planas (Adoquines y piedras naturales), para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.2.2. Pircas

➤ *Descripción general*

En términos generales, la pirca se define como una edificación prehispánica de piedra y barro con forma de cerco, utilizada principalmente, para la división de propiedades, potreros o sembrados. Su construcción basada en el apilamiento lineal y piramidal de piedras y rocas genera diversos espacios entre estos materiales, permitiendo su uso como refugio o área de desplazamiento por diversas especies de baja movilidad (Webb y Shine 2000).

Su uso está indicado especialmente para especies de reptiles y micromamíferos. Así mismo, existen hallazgos que indican que su implementación promueve su uso parcial por especies de aves o invertebrados (Ovaska *et al.* 2014; Webb y Shine 2000; Garavito y Ramírez 2015). Se ha descrito que las pircas son capaces de albergar y promover su ocupación por una amplia variedad de especies, ya que recrea microhábitats vinculados a rocas, grietas y rocas superficiales, siendo atractivo para especies ectotermas (CGAB 2019; Webb y Shine 2000).

Si bien, las pircas son altamente recomendadas como medida de enriquecimiento de hábitat para planes de restauración y/o compensación, no existen estudios o investigaciones a largo plazo que evalúen el grado de impacto de la implementación de esta medida sobre las poblaciones de especies de baja movilidad, y en especial reptiles. Sin embargo, las experiencias mencionadas anteriormente, en Santuario de la Naturaleza Quebrada de La Plata y en el desierto costero de la Región de Atacama, demuestran el efecto positivo en algunas especies como *Callopistes maculatus*, *Liolaemus lemniscatus*, *Liolaemus fuscus* y *Liolaemus atacamensis* (CGAB 2019; Lobos comunicación personal).

➤ *Pasos para una correcta construcción de pircas*

Paso 1. Se recomienda que la pirca presente, como mínimo, una extensión de 300-400 cm de largo, 40-60 cm de alto y 50-100 cm de ancho, utilizando piedras con una superficie, mínima, de 20 cm (CGAB 2019).

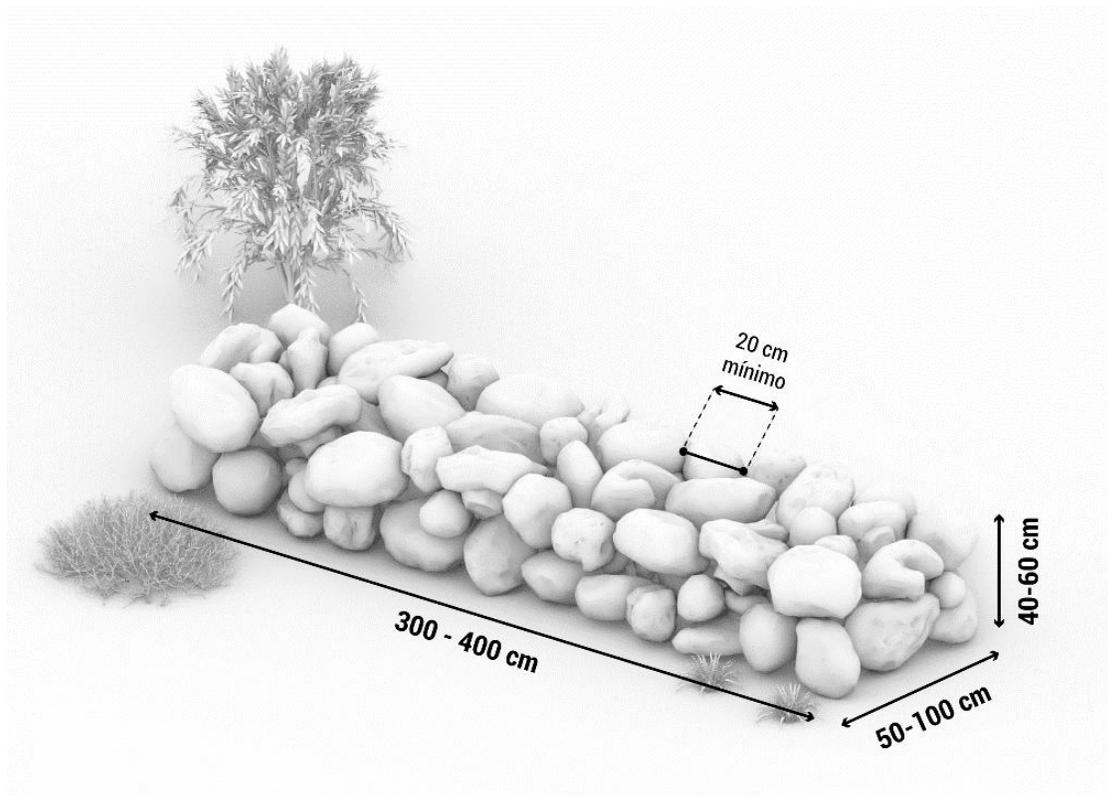
Paso 2. Se construye por capas, desde la base, cubriendo toda la extensión. El ancho y el alto serán alcanzados a medida que se van abordando las diferentes capas. Lo anterior es para promover la estabilidad de la estructura. Se debe facilitar la presentación de espacios entre las piedras para fomentar el uso de la estructura como refugio (CGAB 2019).

Paso 3. Asociar las pircas a troncos e implementarlas cercanas a árboles y arbustos, colaborando así, a la firmeza futura de éstas y a la potencial sombra y humedad que otorga la presencia de vegetación (Muñoz *et al.* 2016; Carrasco y Riquelme 2016; CGAB 2019).

Paso 4. Se recomienda que las pircas tengan una distancia mínima de 8 metros entre ellas (CGAB 2019). Esto puede variar según área disponible.

Paso 5. Se sugiere la construcción de pircas de distinto volumen, permitiendo así, evaluar el impacto de su instalación (Muñoz *et al.* 2016; Carrasco y Riquelme 2016).

Figura 4. Esquema de refugio artificial Pircas, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.2.3. Cúmulo de rocas

➤ Descripción general

Según (Edgard *et al.* 2010) sectores rocosos pueden generar buena cobertura y proporcionar sectores para tomar el sol, que beneficien a los reptiles. Durante el año 2017 en el sector de Diego de Almagro, región de Atacama, se llevó a cabo una acción de enriquecimiento de hábitat asociada al proyecto Parque Fotovoltaico Chañares, donde se instaló un tipo de refugio en terrenos arenosos, que correspondía a cúmulos de rocas con medidas entre 30 y 50 cm (ERA Sustentable, 2017). Dentro de las especies que se beneficiaron con dichos refugios encontramos a *Liolaemus atacamensis* (lagartija de Atacama) *Liolaemus platei* (Lagartija de Plate), *Liolaemus audituvelatus* (Dragón de oído cubierto) y *Callopistes maculatus* (Iguana chilena), favoreciendo así la presencia de ambientes propicios para estas especies. De manera complementaria, se observó la presencia de artrópodos asociados a los refugios, principalmente arácnidos, factor importante considerando que los artrópodos son la base de la alimentación en las especies de reptiles presentes en el área (ERA Sustentable, 2019).

➤ Pasos para una correcta construcción de cúmulos de rocas

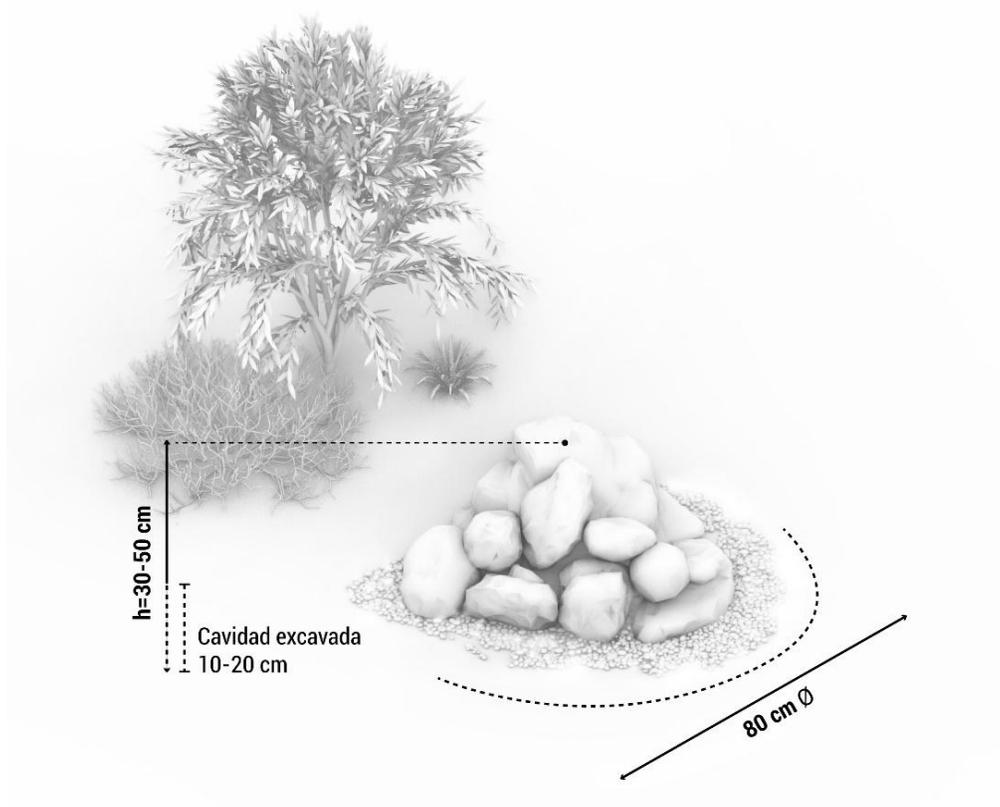
Paso 1. Se debe preparar el sustrato donde se instalarán las rocas, realizando una excavación de 80 cm de diámetro, con una profundidad entre 10 y 20 cm (ERA Sustentable, 2017).

Paso 2. La ubicación de las rocas debe ser en pila, alcanzando entre 30 y 50 cm de altura total. Se deben utilizar rocas heterogéneas. Al utilizar piedras naturales, deben ser obtenidas de sectores donde se tenga certeza que no generará un impacto en la fauna (ERA Sustentable, 2017).

Paso 3. Posterior a la ubicación de las rocas, con la tierra que ha sobrado de la preparación del sustrato, se debe sellar la parte baja del refugio, generando cavidades habitables y protegidas en el interior del refugio (ERA Sustentable, 2017).

Paso 4. La ubicación de estos cúmulos de rocas es en sectores donde la presencia de rocas este disminuida, favoreciendo lugares con presencia de vegetación (ERA Sustentable, 2017). Para evitar la perturbación antropogénica, entre las medidas básicas se recomienda el uso de letreros o carteles educativos (Webb *et al.* 2000).

Figura 4. Esquema de refugio artificial Cúmulo de rocas, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.3. Montículos de vegetación

➤ Descripción general

Los montículos de troncos y restos de vegetación corresponden a acopios que forman una estructura elevada respecto al nivel del suelo, con diferentes cavidades naturales dada por la forma de los materiales utilizados. El valor de las pilas de troncos, radica en que crean una cubierta que proporcionan una estructura adicional al hábitat existente, y mejoran la disponibilidad de presas. En sitios donde la estructura de la vegetación es limitada, las pilas de troncos y restos de vegetación pueden ser características invaluable para los reptiles (Edgard *et al.* 2010). Márquez (2008), demostró a través de este tipo de refugios, una

recuperación efectiva (mejor y más rápida), en una comunidad de reptiles, aumentando su riqueza y abundancia.

Nichols y Nichols (2003), informaron que suelos con presencia de refugios constituidos por troncos, promueven el retorno de fauna a sitios abandonados. Lo anterior, junto a rocas y vegetación, beneficia una mayor diversidad de especies de reptiles. La madera es un material que ofrece buena aislación de las temperaturas extremas del verano, mantiene la humedad, se integra en el paisaje, se degrada con el tiempo, no es costosa y no necesita ser removida después del estudio (Grant *et al.* 1992). Según Márquez (2008), los refugios de madera favorecen el recurso trófico, ya que invertebrados, como coleópteros y arácnidos se instalan bajo estas estructuras.

Edgard *et al.* (2010), destacaron la importancia de la heterogeneidad del material que se debe utilizar, ya que los troncos estándar que comprenden madera de tamaño similar, normalmente limitan el valor de la construcción, generando espacios vacíos muy grandes que carecen de la complejidad requerida por los reptiles.

➤ *Pasos para una correcta construcción de montículos de vegetación y troncos*

Paso 1. Los materiales a utilizar corresponden a troncos o ramas secas, las cuales deben contener una mezcla de tamaños y formas (Edgard *et al.* 2010). También, se pueden aprovechar los arbustos que se están descartando en alguna área intervenida (SAG 2004). Márquez (2008) recomienda utilizar dos troncos con medidas aproximadas de 120 cm de largo y 20 cm de diámetro, los cuales deben ser colocados uno al lado del otro. Sin embargo, esto se debe adecuar a la disponibilidad de material y a la zona donde será construido el refugio. Se recomienda que estos apilamientos alcancen un diámetro de entre 3 a 4 metros y 1 a 2 metros de alto (SAG 2004).

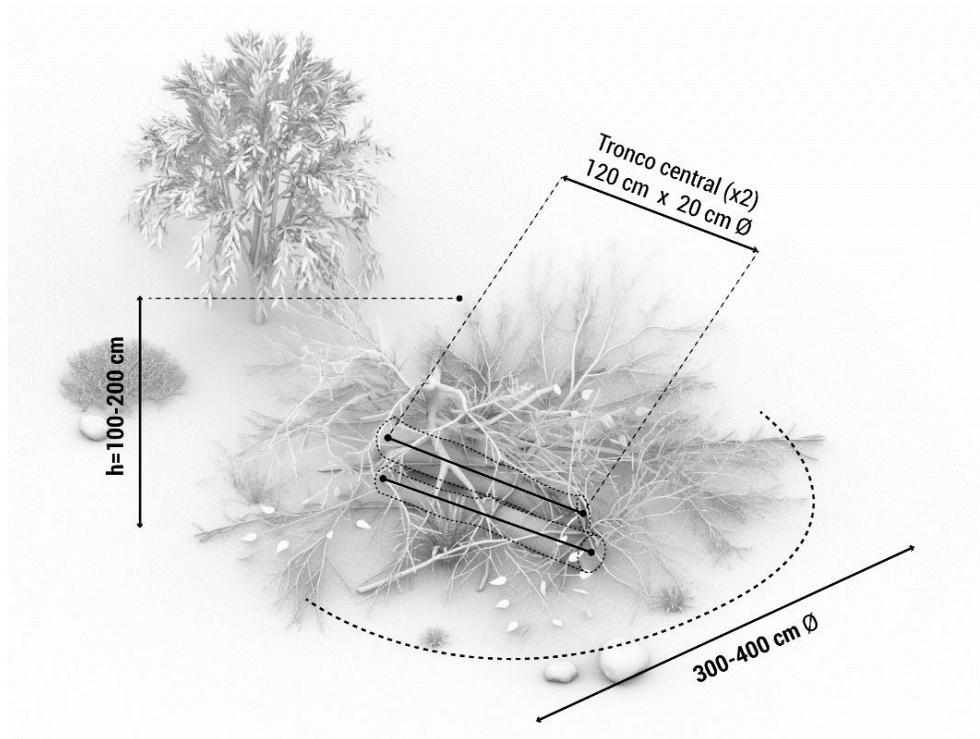
Paso 2. Para proporcionar una estructura diversa dentro de una pila, se recomienda compactar el núcleo central, mientras que las capas exteriores se colocan más sueltas en la parte superior (Edgard *et al.* 2010).

Paso 3. Las pilas deben estar insertas entre la vegetación existente en la zona (por ejemplo, áreas de hierba alta o hierba baja, matorrales dispersos), de modo que haya cobertura alrededor o adyacente a la pila, si el ambiente lo permite (Edgard *et al.* 2010). Lo anterior permite dar sombra y humedad a ciertas horas del día (Muñoz *et al.* 2016).

Paso 4. Distribuir cada refugio artificial en una matriz cuadrada, de aproximadamente 40 m de tamaño para cada celda (esto va a variar dependiendo de la vegetación del sitio).

Paso 5. En sitios sujetos a altos niveles de acceso público, los materiales pueden ser parcialmente enterrados en el suelo, anclados con alambre o engrapados a los troncos más grandes, para prevenir su manipulación por personas externas (Edgard *et al.* 2010).

Figura 5. Esquema de refugio artificial Montículo de vegetación, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.4. Oquedades, cuevas y madrigueras

➤ Descripción general

Las oquedades corresponden a refugios con existencia de agujeros o secciones huecas utilizados por distintas especies de reptiles, como grietas en afloramientos rocosos (Bull *et al.* 2000), o espacios huecos en árboles (Wilson y Swan 2003). En Chile, aún no se han desarrollado trabajos de campo con refugios que presenten oquedades, sin embargo, en países como Australia, las lagartijas de la especie Pigmeo de lengua azul (*Tiliqua adelaidensis*), ocupa refugios tipo oquedades, tanto naturales, como madrigueras artificiales, las que corresponden a estructuras huecas de madera fijadas en el suelo (Milne y Bull 2000).

Por otro lado, los estudios de Arida y Bull (2008), realizados para la especie *Egernia stokesii* (eslizón de Gidgee), destacan las siguientes características: los lagartos muestran preferencia por los refugios artificiales, con entradas estrechas, sobre los que tienen entradas más anchas. Prefieren refugios con una entrada, por sobre los refugios con dos entradas y refugios más profundos que los poco profundos. La explicación de estas preferencias es que, cuanto más estrecho y profundo sea un refugio que presente oquedades, más seguro será ese espacio frente al ingreso de posibles depredadores (Webb y Shine 2000). Además, una sola entrada al refugio puede reducir el riesgo de depredación, evitando que un depredador explore el interior del refugio (Cooper *et al.* 1999). Por otra parte, los refugios más profundos tienen menos variación de temperatura y los lagartos pueden beneficiarse ocupando los sitios donde hay menos estrés térmico en condiciones de temperaturas extremas (Duffield y Bull 1996).

Arida y Bull (2008), demostraron que los lagartos discriminaron entre el tipo de material utilizado para confeccionar la estructura del refugio artificial. Los reptiles de la especie *Egernia stokesii*, tendieron a evitar las tuberías de cloruro de polivinilo (PVC), prefiriendo refugios con estructuras de madera o hechos con adoquines. La preferencia sobre el material utilizado tiene relación con la superficie de la estructura. La superficie lisa de la tubería de PVC pudo haber impedido que los lagartos logaran un agarre firme sobre el sustrato del refugio. Respecto al sustrato, los lagartos no mostraron discriminación entre arena o un adoquín duro como sustrato del refugio.

4.4.4.1. Construcción de Oquedades con grado de inclinación.

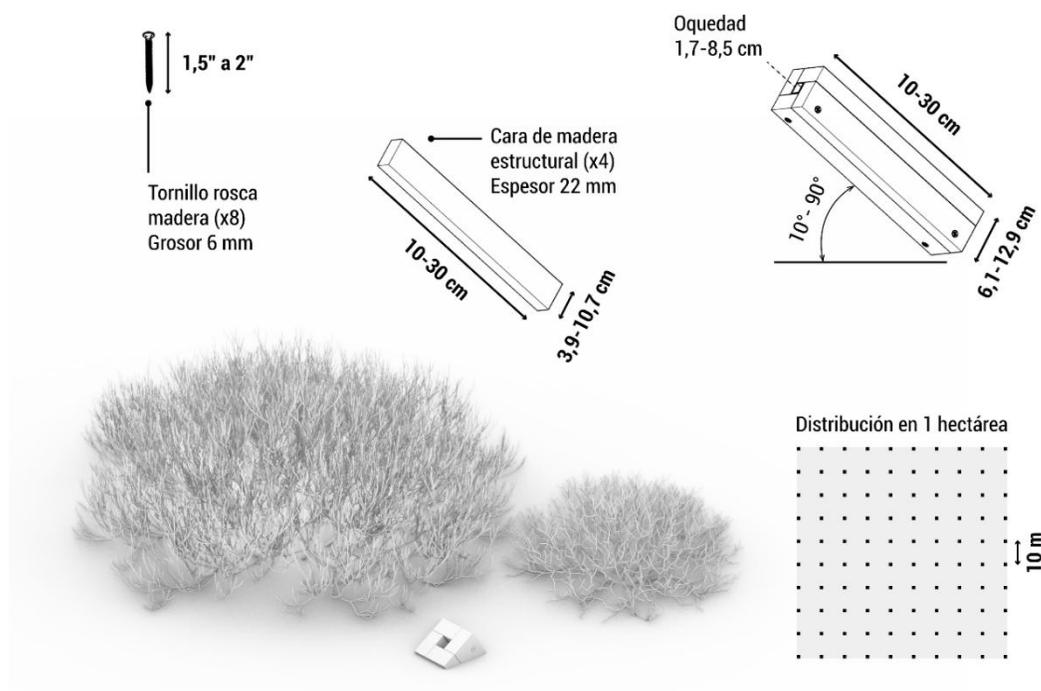
➤ *Pasos para una correcta construcción de oquedades con inclinación*

Paso 1. Para este tipo de refugios, se requiere tres tipos de materiales; madera (terciado estructural o tablero Oriented strand board 22 mm), tornillos rosca madera 6 x 1,5" a 2", como también, usar una herramienta que permita excavación en terreno, sea este chuzo o picota. A partir de estos elementos, se diseñará un encofrado en madera (madriguera), el cual estará abierto en ambos extremos. El orificio disponible en dicha madriguera debe medir entre 10 a 30 cm de profundidad y un diámetro que varía entre 1,7 y 8,5 cm de oquedad, según especie y estadio a beneficiar (Milne y Bull 2000; Arida y Bull 2008).

Paso 2. Los encofrados de madera contruidos se insertan en agujeros, previamente excavados con el chuzo o picota, excavación que tendrá una profundidad 1 cm más del total de la longitud seleccionada y el diámetro será variable según tamaño de refugio elegido. Se recomienda variar las profundidades, diámetros de oquedad y grados de inclinación, para evaluar su uso por distintas especies o estadios (Milne y Bull 2000). Los ángulos de inclinación pueden variar entre 10° y 90° grados respecto al suelo.

Paso 3. De acuerdo con Milne y Bull (2000), se recomienda colocar 100 madrigueras separadas de 10 m de distancia entre sí, por hectárea.

Figura 6. Esquema de refugio artificial Oquedades con inclinación, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.4.2. Construcción de Oquedades horizontales

➤ Pasos para una correcta construcción de oquedades horizontales

Paso 1. El material para la estructura del refugio puede ser de madera (terciado estructural o tablero OSB 22 mm) con tornillos rosca madera 6 x 1,5" a 2". Como opción, se describe la construcción de estos refugios con cemento, generando adoquines de piedra u hormigón (ancho 5 cm).

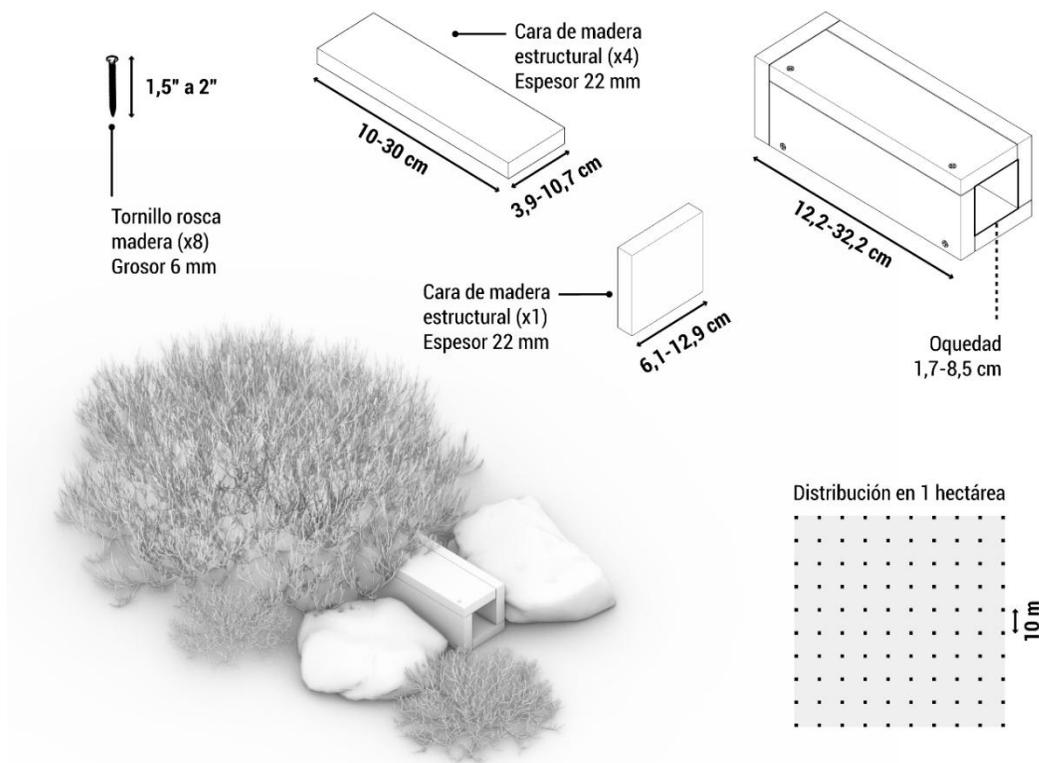
Paso 2. A partir de estos elementos se diseñará un encofrado en madera (o adoquines de piedra u hormigón). Estas madrigueras artificiales deben tener una entrada de 1,7 a 8,5 cm de diámetro. El número de entradas puede variar de uno a dos, pero se recomienda una sola entrada (Arida y Bull 2008).

Paso 3. El encofrado debe estar abierto en solo un extremo, el que será utilizado por los reptiles como entrada a la madriguera. La forma de esta apertura, debe ser un cuadrado del tamaño seleccionado y tener una profundidad de 30 cm, para reptiles adultos y 10 cm, para juveniles (Arida y Bull 2008). Se recomienda variar profundidades y diámetros de oquedad, para evaluar su uso por distintas especies o estadios (Milne y Bull 2000).

Paso 4. De acuerdo con Milne y Bull (2000) se recomienda colocar 100 madrigueras separadas de 10 m entre sí, por hectárea.

Paso 5. Se sugiere ubicar los refugios cercanos a arbustos o rodeado de piedras, principalmente con exposición noreste o noroeste (Chile).

Figura 7. Esquema de refugio artificial Oquedades horizontales, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.4.5. Refugios de arena y tierra

➤ Descripción general

Corresponde a la implementación de un banco de arena. Para reptiles, estos refugios han sido poco abordados. Márquez *et al.* (2016), describen su uso para investigaciones en anfibios con hábitos de refugiarse en arena, ya sea en períodos estacionales, o diarios de inactividad, a la espera de las lluvias, utilizando el mismo sustrato presente en el ambiente, generándose zonas de exclusión. Edgard *et al.* (2010), describe que los lagartos de arena ponen sus huevos en arena desnuda, semi-compactada o grava arenosa, por lo que los sitios de puesta de huevos deben ser sin sombrear, cerca de una densa cubierta vegetal (para la seguridad, tanto de las hembras como de las crías) e inalterado durante el período de incubación. Estos parches de arena se crean cortando la vegetación en invierno y quitando la capa superior del suelo, realizando rotación durante el periodo de no reproducción.

➤ Pasos para una correcta construcción de refugios en base a banco de arena

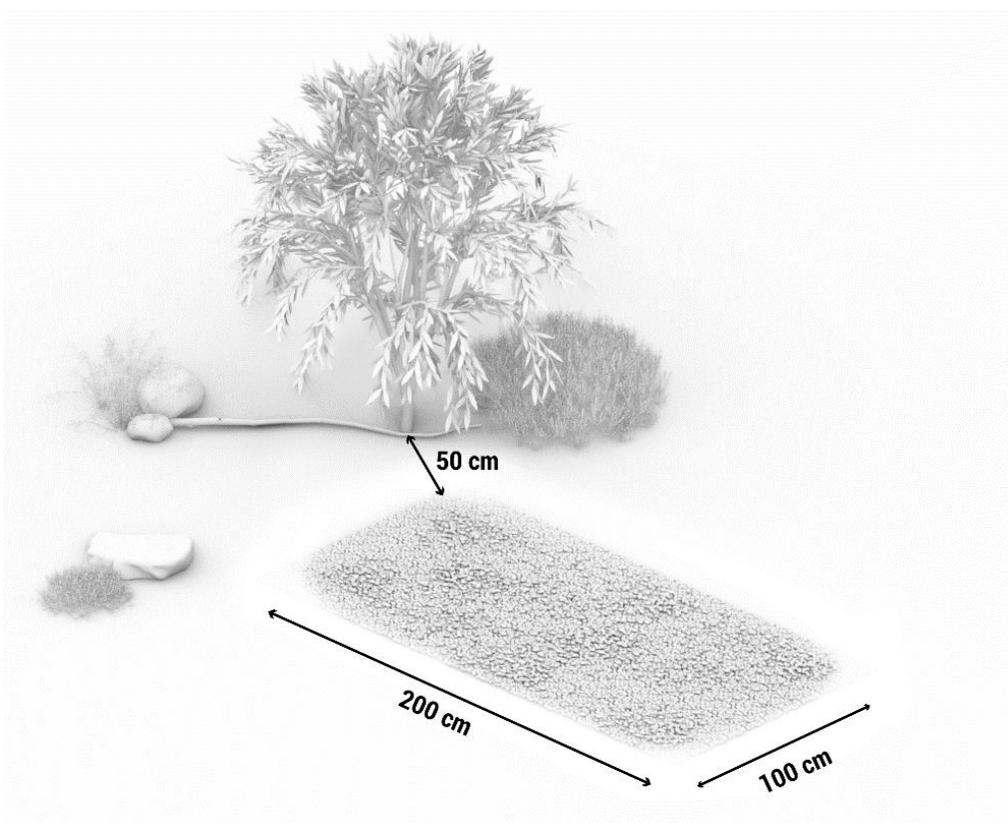
Paso 1. Se recomienda un tamaño mínimo de 100 cm de ancho por 200 cm de largo, utilizando arena desnuda, semi-compactada o grava arenosa. Se debe retirar la capa superior del suelo. Según describe Edgard *et al.* (2010), solo los bordes del parche de arena se utilizan para la puesta de huevos. Por lo tanto, es preferible que el parche sea largo y estrecho, o bien, varios parches pequeños ya que permitirán generar mayor disponibilidad de bordes.

Paso 2. Los parches de arena pueden ser planos o inclinados hacia el sol. Idealmente, deben ubicarse cercano (unos 50 cm) de alguna cobertura vegetal, sin embargo, se sugiere realizar control del herbazal en caso de que afecte el parche creado (Edgard *et al.* 2010). Es recomendable un monitoreo periódico de los refugios para mantener las condiciones necesarias (CBAG 2019).

Paso 3. Se pueden cavar los pequeños parches de arena a mano, o mejor aún, con una miniexcavadora. La arena debe excavarse anualmente, preferiblemente excavando nuevos parches o, si eso no es factible, volviendo a excavar un tercio o un cuarto de los parches existentes, para crear una gama de etapas sucesionales. No intervenir durante la etapa reproductiva de la o las especies objetivo (incubación de huevos) (Edgard *et al.* 2010).

Paso 4. Para evitar la perturbación antrópica, se recomienda el uso de letreros o carteles educativos (Webb *et al.* 2000). Por otro lado, se describe que los equinos y el ganado pueden afectar negativamente los refugios de arena, por lo que se recomienda delimitar con cercos perimetrales (Edgard *et al.* 2010).

Figura 8. Esquema de refugio artificial Banco de arena, para reptiles de las regiones de Antofagasta y Atacama.



Fuente: Elaboración Maverik Diseños

4.5. Metodología para realizar monitoreos post construcción de refugios.

Es esencial monitorear el éxito de los programas de restauración con respecto a diferentes comunidades de organismos (Palmer *et al.* 1997; White y Walker 1997; Block *et al.* 2001; Scott *et al.* 2001).

Ante la falta de evidencia técnica de la efectividad de los refugios, como elementos de enriquecimiento ambiental y restauración de hábitat para reptiles, se recomienda

establecer un programa de seguimiento y monitoreo entorno a éstos, que puede ser a partir de instalación de trampas cámaras, estudio de fecas o huellas, observación directa (encuentros visuales), entre otras técnicas de monitoreo (SAG 2004).

El monitoreo de fauna se utiliza para verificar los cambios o efectos de las prácticas de manejo en hábitats y poblaciones de fauna silvestre, evaluando la efectividad de las medidas para especies sensibles o amenazadas (Gibbs 2000). Por esto, se requiere una cuidadosa evaluación de los objetivos del estudio, el tiempo y los recursos disponibles para asegurar una adecuada evaluación de los refugios (Foster 2012).

Dada la escasa información que se tiene de las poblaciones naturales de reptiles en Chile, y la dificultad de evaluar las medidas de enriquecimiento, siempre se deben realizar estudios previos a la implementación de las medidas, a modo de Línea de Base, los que deben evaluar los mismos parámetros que se registrarán posteriormente en las áreas enriquecidas como: riqueza, abundancia, composición de especies, condición corporal, presencia de parásitos. Además, se sugiere que se establezcan áreas controles, que sean monitoreadas en la fase previa y durante la realización de los monitoreos de los refugios, para determinar si las diferencias observadas se relacionan con las medidas de enriquecimiento o se deben a otras condiciones (ambientales u antrópicas). La elección de las áreas control debe considerar una superficie similar, y un hábitat lo más parecido posible al sitio que se va a enriquecer. Para ello, se debe evaluar al menos; la exposición al sol, tipo de sustrato, la cobertura y composición de la vegetación, la cercanía a cuerpos o cursos de agua, disponibilidad de alimento y, obviamente, verificar la presencia de las especies objetivo.

A continuación, se describen algunos de los parámetros importantes a considerar en todo monitoreo, las cuales pueden aplicar, tanto para las áreas enriquecidas, como para los sitios control:

4.5.1. Parámetros por considerar

➤ *Las especies objetivos:*

Debido a que los distintos tipos de refugios van dirigidos a especies particulares, los monitores deben considerar aspectos básicos de la biología y conducta de las especies a evaluar. Por ejemplo, el rango térmico de actividad es variable entre especies, y algunas prefieren evadir las temperaturas muy altas en los meses cálidos, encontrándose más activas en la mañana y al atardecer, mientras que, en los meses más templados, la actividad puede ser unimodal, concentrada en el medio-día (Labra 2008). Por otra parte, en los géneros *Microlophus* y *Liolaemus*, se ha observado que en zonas mediterráneas los juveniles emergen más temprano, lo que se relacionaría con la mayor velocidad de calentamiento de los animales más pequeños (Labra 2008; Catenazzi *et al.* 2005; Sepúlveda 2008). Otro factor para considerar, son los hábitos, ya que, para especies como las salamanquejas, su comportamiento es principalmente crepuscular-nocturno (Mella 2017), lo que obliga a realizar los monitoreos durante la noche, o de forma activa, removiendo

rocas y vegetación (GAC 2018), haciendo el trabajo de monitoreo más laborioso y en algunos casos, podría traer consecuencias negativas sobre las poblaciones intervenidas, al destruir sus refugios.

➤ *Temporalidad:*

Debido a que las comunidades no son estáticas en el tiempo, es necesario considerar la escala temporal en los monitoreos, o los resultados pueden llevar errores de interpretación (Foster 2012). Si bien, no existe una estandarización del tiempo de monitoreo, recomendamos que se realicen al menos, tres monitoreos cercanos en el tiempo, con el fin de registrar el avance en la colonización de los refugios. Éstos pueden separarse por 7 a 15 días (Torres-Mura *et al.*, 2014). Para etapas posteriores del proyecto, se recomienda realizar monitoreos estacionales durante tres o cuatro años, lo que permitirá evaluar el establecimiento de las especies objetivos en los refugios, y si están expresando el potencial reproductivo en el nuevo hábitat (Torres-Mura *et al.*, 2014). De todas formas, el tiempo de duración de los monitoreos debe ser evaluado según se vayan alcanzando los objetivos de cada proyecto. A modo de ejemplo, se puede señalar que Márquez (2008), en su estudio de colonización con refugios de troncos en el sudoeste de España, determinó que los periodos de monitoreo deben ser largos para obtener buenos resultados, indicando que algunas especies requirieron de más de 7 años desde el comienzo de la restauración, para su aparición. Por otro lado, en un estudio similar, en el noroeste de España, se requirieron más de 10 años para que la comunidad de herpetofauna alcanzara características pre-perturbadoras (Galán 1996).

➤ *Parámetros para evaluar en el estudio:*

Los parámetros que se van a evaluar durante el estudio son un aspecto muy importante para considerar cuando se realizan los planes de monitoreo de refugios (Foster 2012). Deben tener como objetivo, al menos, evaluar la presencia/ausencia de las especies, y de preferencia, estimar su abundancia, que puede ser relativa o absoluta. La resolución elegida, determinará la metodología a emplear, y estará relacionada con la especie, el ambiente y el tipo de refugio que se debe monitorear. Por ejemplo, para algunas especies puede que sea relativamente sencillo determinar la abundancia, mientras que otras, como las salamanejas, debido a su conducta crepuscular-nocturna (Mella 2017), será más difícil y, por tanto, debe considerarse ese aspecto al interpretar los resultados. Otros parámetros importantes de evaluar, como la condición corporal de los individuos, la proporción macho/hembra, o la determinación del rango de hogar, requieren necesariamente de la captura de individuos, por lo tanto, más tiempo de monitoreo y recursos económicos.

➤ *Técnica de detección:*

La técnica de detección está fuertemente relacionada con las especies que se quieren monitorear, los tipos de refugio y el sustrato donde estos se implementan. Para la mayoría de los reptiles, los encuentros visuales pasivos, pueden ser la técnica preferente, cuando las

temperaturas y la estación del año son las adecuadas (Foster 2012). Sin embargo, cuando las condiciones ambientales son subóptimas, o cuando se monitorean especies más esquivas, como las salamandras durante el día, se requieren de técnicas de búsqueda activa, lo que necesariamente implica un mayor esfuerzo (Díaz-Vega *et al.* 2020). También se debe considerar que algunos tipos de refugios permiten el monitoreo de signos indirectos de la presencia de reptiles, lo que en algunos casos, sirven para estimar la abundancia relativa de estos, aunque con varias limitantes, por ejemplo, cuando los refugios se construyen sobre la arena (especies arenícolas), es relativamente fácil determinar si estos han sido utilizados recientemente por reptiles (Frazier 2012), gracias a las marcas (huellas) que dejarían éstos al hacer ingreso al refugio. Por otro lado, cuando los refugios o sustratos donde se construyen estos son poco rugosos y corresponden a especies saxícolas (Lovich y Bauer 2012), por ejemplo, para *Liolaemus platei* en pircas de piedras planas (Lobos comunicación personal), es posible estimar la abundancia relativa a partir del número de fecas que se pueden observar. Cabe señalar que el conteo de signos indirectos, como huellas o fecas, tienen una limitante importante para la realidad nacional, ya que es muy difícil distinguir las especies a partir de estos signos y, por lo tanto, sería una técnica útil, solo como complementaria a la visual. Otra técnica de detección de reptiles que puede ser útil en el monitoreo de los refugios es el uso de trampas cámaras, las cuales permiten estimar de forma más precisa la actividad de los reptiles en el tiempo (Fisher 2012).

Imagen 5. *Liolaemus patriciaturrae* sobre roca con feca asociada.



Derechos: Ecodiversidad Consultores

4.5.2. Metodologías

➤ *Encuentros visuales (Sin interrupción de hábitat):*

Esta corresponde a la metodología de preferencia, y se encuentra orientado a crear un listado de las especies que utilizan los refugios, y bajo algunos supuestos, calcular una abundancia relativa (Guyer y Maureen 2012). La metodología es simple, y consiste en que el o los investigadores recorren el área de estudio registrando la identidad y el número de todos los taxa presentes en ésta (Guyer y Maureen 2012). El área de estudio corresponderá al sector donde se emplazan los refugios más un buffer, que dependerá del rango de hogar de las especies objetivo. Este tipo de estudios se ve muy favorecido cuando se registra el número de investigadores y el tiempo de búsqueda (Tyre *et al.* 2003), ya que permite estimar una abundancia relativa y compararla con ambientes naturales (sitios control) u otras áreas de interés.

En este sector se debe registrar:

- Fecha
- Horario del monitoreo (comienzo y final)
- Temperatura ambiental
- Condiciones climáticas
- Número de especialistas
- Tiempo de búsqueda
- Área prospectada
- Descripción del hábitat
- Especie registradas
- Número de individuos

Cabe señalar que los resultados de abundancia relativa deben ser tomados con cautela, ya que se deben asumir tres supuestos que son difíciles de alcanzar en condiciones de terreno:

1. Todos los individuos de todas las especies tienen las mismas probabilidades de ser encontrados en todos los hábitats,
2. Cada individuo es contabilizado una sola vez,
3. Todo el personal (especialistas) tienen la misma probabilidad de observar reptiles.

Abundancia relativa = Número de individuos observados / Esfuerzo de muestreo

Donde:

Esfuerzo de muestreo = Área prospectada / (Número de especialistas * Tiempo de búsqueda)

➤ *Encuentros visuales activos (Volteo de rocas u otros refugios):*

Esta metodología corresponde a una modificación de los encuentros visuales pasivos, que consiste en el retiro de los refugios artificiales o naturales (Foster 2012), para la búsqueda de los reptiles, y estaría enfocada principalmente a sectores rocosos y refugios construidos en base a piedras y rocas. Dado que esta metodología es muy invasiva, y se corre el riesgo que los refugios queden inutilizables, o los ejemplares prefieran abandonarlos, es que se recomienda en situaciones muy particulares; por ejemplo, para la búsqueda de reptiles nocturnos (salamanquejas) (Webb y Shine 2000) o cuando las condiciones climáticas son inadecuadas y los reptiles se encuentran inactivos. No obstante, el nivel de disrupción puede ser minimizado si las rocas se regresan a su posición original (Lovich y Bauer 2012). De manera alternativa, se podría utilizar un endoscopio de fibra óptica y una fuente de luz portátil, tal y como se describe en el capítulo de monitoreo de oquedades, minimizando el impacto sobre los refugios.

Una ventaja sobre la búsqueda pasiva es que aquí se puede acotar el área de estudio solo a los refugios implementados, determinándose de manera fehaciente si estos están siendo utilizados, lo que permitiría calcular una abundancia relativa en relación al número de refugios revisados. Las variables más importantes de registrar en este caso son:

- Fecha
- Horario del monitoreo
- Temperatura ambiental
- Condiciones climáticas
- Número de refugios implementados
- Número de refugios prospectados
- Descripción del hábitat
- Especie registradas
- Número de individuos

Abundancia relativa = (Número de individuos observados / Refugios o Área prospectada) * Número total de refugios o área

Al igual que para la búsqueda pasiva, los resultados deben ser tomados con cautela debido a los siguientes supuestos:

1. Todos los individuos de todas las especies tienen la misma probabilidad de ser encontrados,
2. Los refugios son conocidos para las especies objetivos,
3. Los refugios son muestreados al azar (Foster 2012).

Esta metodología se ha utilizado para el monitoreo de salamandras en refugios de hormigón (Webb y Shine 2000), y para los refugios de montículos de troncos (Márquez 2008).

➤ *Captura, marcaje y recaptura*

Esta metodología se debiera incluir en aquellos proyectos más ambiciosos en términos de los datos que se espera obtener, por ejemplo, cuando se van a realizar monitoreos a largo plazo, o en el caso de rescates con relocalización de individuos. La captura con marcaje y recaptura permite la toma de datos de importancia biológica que no pueden ser obtenidos de otra forma (Guyer y Donnelly 2012) como: tamaño, peso, sexo, estado de maduración, presencia de parásitos, evaluación de condición corporal, entre otros. Esto permite evaluar el estado de las poblaciones con una mejor resolución que los encuentros visuales. Además, el marcaje e individualización de los ejemplares, mediante nanochips (PIT tags) u otros métodos, y su posterior recaptura permite estimar tamaños y patrones poblacionales, patrones de interacción entre individuos y rangos de hogar. Este método de monitoreo, a diferencia de los encuentros visuales, es más laborioso, y de ser muy grande el área de estudio, se recomienda acotar el área de monitoreo, considerando el rango de hogar de las especies objetivo (Guyer y Donnelly 2012). Al igual que para los encuentros visuales pasivos, el área de estudio corresponderá al sector donde se emplazan los refugios más un buffer que dependerá de las especies a monitorear. Para estos estudios es relevante el registro de:

- Fecha
- Horario del monitoreo (comienzo y final)
- Temperatura ambiental
- Condiciones climáticas
- Número de especialistas
- Tiempo de búsqueda
- Área prospectada
- Descripción del hábitat
- Especies registradas
- Tipo de marca e individualización (nanochips)
- Sexo, largo hocico-cloaca y peso por individuo
- Presencia de parásitos
- Estado de desarrollo, presencia de huevos
- Condición corporal (examen visual)

- Estado de la cola y su tamaño

Si bien existen varios métodos de captura y marcaje de reptiles, el método de captura más recomendado para la realidad nacional es el uso de lazo corredizo, debido a su utilidad para un amplio grupo de especies que habitan en Chile. Por su parte, para el marcaje se recomienda el uso de nanochips (de aproximadamente 7 mm de largo), debido a que este es un método seguro para los animales, que permite su individualización, y ya que se mantienen durante toda la vida de los animales, permite el monitoreo a largo plazo de estos (Lobos *et al.* 2013; Recio *et al.* 2019). Para mayor detalle de la utilización de marcas electrónicas “PIT tags”, consultar a Lobos *et al.* (2013).

➤ *Monitoreo de oquedades*

Para el caso de las madrigueras artificiales, se recomienda el uso de un endoscopio de fibra óptica o cámara de inspección y una fuente de luz portátil, que permitan obtener imágenes claras del interior de la madriguera. Los lagartos observados en madrigueras artificiales se pueden capturar, lo cual permite determinar el sexo, masa y longitud (SVL), entre otros datos (Minhe 2003). La captura de estos individuos permite mantener monitoreos a largo plazo, siguiendo la metodología de “Captura, marcaje y recaptura”, vista en la sección anterior. Al igual que en las búsquedas con volteo de piedras, con esta metodología se puede acotar el área de estudio solo a los refugios implementados, determinándose si estos están siendo utilizados, lo que permitiría calcular una abundancia relativa en relación con el número de refugios revisados (ver sección: “Encuentros visuales activos (Volteo de rocas u otros refugios)”).

Imagen 6. Uso de equipo de inspección (cámara para madrigueras).



➤ *Monitoreos indirectos (Conteo de fecas y detección de huellas):*

Los monitoreos de señales indirectas presentan muchas restricciones para los reptiles chilenos, debido a la dificultad de distinguir las diferentes especies a partir de sus fecas y huellas. De todas formas, el conteo de fecas puede ser útil cuando se busca un valor general de abundancia, o para determinar la presencia/ausencia de reptiles en los refugios. En este caso, la abundancia relativa se puede calcular conociendo el número de fecas para un área determinada. Este método es más fácil de practicar cuando los refugios son del tipo pircas, construidas con piedras planas, o cuando los sectores a explorar corresponden a lugares con rocas grandes, que los reptiles utilizan para asolearse, y la vegetación leñosa es escasa. Cabe señalar que la iguana chilena, sería una de las pocas especies posibles de distinguir a partir de sus fecas, cuando estos son individuos adultos, debido al tamaño y composición de éstas.

Abundancia relativa = Número de fecas / Área prospectada

Por otra parte, el monitoreo de huellas presenta aún más limitantes que el de fecas debido a que: (1) pueden permanecer por poco tiempo, según las condiciones climáticas, (2) solo son útiles cuando el sustrato es arenoso, y (3) en la mayoría de las ocasiones, no es posible distinguir el número de individuos o la especie. Debido a esto, su utilidad se limita a la evaluación del uso de refugios de arena (presencia/ausencia de reptiles), sin distinguir especies, salvo sean individuos adultos de iguana chilena o algunos corredores, cuyas huellas podrían distinguirse por su gran tamaño, respecto al resto de las especies que habitan en su entorno.

➤ *Estación de trampas cámaras:*

El uso de trampas cámaras puede ser una alternativa a los métodos tradicionales de monitoreo, pero se debe tener en cuenta la elección correcta del equipo a utilizar pues especies pequeñas, pueden no activar los sensores o quedar fuera de foco, dificultando su identificación. La altura de la cámara, orientación y otros ajustes técnicos deben ser optimizados para el tamaño de los animales de interés, con el fin de maximizar el número de capturas fotográficas (Fisher 2012). Para el caso nacional, las cámaras funcionarían mejor en el monitoreo de los refugios construidos para lagartos grandes como la iguana chilena (CGAB 2019), o algunos corredores. A partir de las fotografías, se puede evaluar el índice de actividad relativa para cada cámara, el cual corresponde al número de visitas registradas para cada especie, dividido por el tiempo de esfuerzo.

Actividad relativa = Número de pasos (visitas) / Número de noches de muestreo

4.6. Consideraciones futuras

Para mejorar el desarrollo de las experiencias en refugios con reptiles, se debe considerar integrar la mayor cantidad de información respecto a las especies que se desean beneficiar.

Junto a esto, los detalles de la construcción, mantención y modificación de los refugios son esenciales para establecer el mejor vínculo posible entre el animal y la construcción. Como el desarrollo de estas técnicas es reciente en reptiles, son varios los parámetros que se deben comenzar a estudiar para acercarnos a este objetivo.

Dentro de los factores a investigar se encuentran, por ejemplo, estudios de microhábitat para las especies chilenas, sus requerimientos en torno a temperatura, humedad, cobertura vegetal, ámbitos de hogar. Esta información es relevante al momento de elegir la posición y ubicación de los refugios, la distancia a sectores intervenidos, el manejo de la vegetación circundante, entre otros. Además, estudios en torno a la influencia de las condiciones ambientales (orientación del viento, presencia de lluvias) y su efecto sobre los refugios construidos. Finalmente, el impacto generado por la perturbación antropogénica de los ecosistemas, junto a los efectos en reptiles que pueden generar la fauna invasora, animales domésticos y ganado, son temas sin resolver con una repercusión aún no conocida.

La recomendación es realizar un plan de construcción y seguimiento a cada medida utilizada, considerando un monitoreo exhaustivo, para generar nueva información en el corto, mediano y largo plazo, abordando la mayor cantidad de parámetros con el fin de desarrollar metodologías que beneficien a las especies de Chile y el mundo.

5. CONCLUSIONES

El presente manual permite sentar las bases para la generación de protocolos que indiquen la prescripción, construcción, monitoreo y mantenimiento de refugios para las 44 especies de reptiles que habitan en las regiones de Antofagasta y Atacama.

Según lo investigado, se puede identificar que existen una serie de estudios y recomendaciones asociadas a la restauración y enriquecimiento de hábitat, incluyendo la construcción de refugios para reptiles en algunos lugares en el mundo. Sin embargo, los estudios no son suficientes para extrapolar a todas las especies, además, en la mayoría de los casos, no son sostenidos en el tiempo, lo que no permite evaluar su efectividad a largo plazo. Por lo tanto, se considera importante la evaluación de cada medida a adoptar, según área geográfica y especie a beneficiar, integrando siempre un protocolo de monitoreo.

Frente a esto, se recomienda contar con la asesoría de un profesional de fauna silvestre que pueda establecer un programa funcional para la ejecución de las medidas, con el fin de lograr los objetivos en la construcción de refugios y mejoramiento de hábitat, beneficiando efectivamente a las especies.

Respecto al monitoreo, es esencial que su enfoque se alinee con los objetivos del estudio, los cuales dependerán del tiempo y los recursos disponibles. Para ello, se deben considerar los diversos factores descritos anteriormente. Por lo general, los encuentros visuales serán

el método preferente para el monitoreo de las especies chilenas, especialmente, debido a su bajo costo y fácil implementación, sin embargo, otros monitoreos, como el marcaje con captura y recaptura, permitiría obtener mucha más información a la hora de evaluar la eficacia de la medida, y tomar decisiones futuras.

Finalmente, los estudios existentes han demostrado que la construcción de refugios puede beneficiar a las especies mejorando su calidad de vida, generando aumentos en riqueza y abundancia, considerando incluso, especies en peligro de extinción. Por lo tanto, el buen empleo de estas medidas, puede ser una herramienta valiosa para el manejo y conservación de las especies como medida de compensación frente a impactos sobre poblaciones de reptiles en las regiones de Antofagasta y Atacama.

6. BIBLIOGRAFÍA

ABDALA, CS. QUINTEROS, AS. 2014. Los últimos 30 años de estudios de la familia de largatijas más diversa de argentina. Actualización taxonómica y sistemática de Liolaemidae. Cuadernos de Herpetología 28(2):00-00.

ABDALA, CS. DÍAZ, JM. LANGSTROTH, R. Historia y taxonomía: redescrición de *Liolaemus andinus* Koslowsky, 1895 y descripción de dos nuevas especies de *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae). Cuadernos de Herpetología 35(Supl.1): 05-34.

ARMSTRONG, K. N. AND NICHOLS. O. G. 2000. Long-term trends in avifaunal recolonization of rehabilitated bauxite mines in the jarrah forest of south-western Australia. *Forest Ecology and Management* 126:213– 225.

ARIDA, E. AND BULL, M. 2008. Optimising the design of artificial refuges for the Australian skink, *Egernia stokesii*. *Applied Herpetology*. 5 (2): 161-172.

BOWMAN, D. Z. WOINARSKI, D. WELLS, A. AND MCSHANE, V. 1990. Slash-and-burn agriculture in the wet coastal lowlands of Papua New Guinea: response of birds, butterflies and reptiles. *Journal of Biogeography* 17:227–239.

BLOCK, W. M. FRANKLIN, A. B. WARD, J. P. GANEY, J. L. AND WHITE, G. C. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology* 9 (3): 293-303.

CARRASCO, J. RIQUELME, J. 2016. Técnicas de Conservación de suelos. In:Carrasco, J.; Squella, F.; Riquelme, J.; Hirzel, J.; Uribe, H. (Eds).Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados. Serie Actas INIA Nº 48. Centro Regional de Investigación Rayentué. Región del Libertador General Bernardo O'higgins, Chile. 23-48p.

CATENAZZI, A. CARILLO, J. DONNELLY, MA. 2005. Seasonal and geographic eurythermy in a coastal Peruvian lizard. *Copeia*: 2005 713-723.

- CENTRO DE GESTIÓN AMBIENTAL Y BIODIVERSIDAD. 2019. Informe final: Pircas. Proyecto “Restauración socio-ecológica del Santuario de la Naturaleza Quebrada de La Plata”. Fondo de Protección Ambiental (FPA). Ministerio del Medio Ambiente. Chile. 24 p.
- COOPER, W. VAN WYK, J. AND MOUTON, P. 1999. Incompletely protective refuges: selection and associated defences by a lizard, *Cordylus cordylus* (Squamata: Cordylidae). *Ethology* 105: 687-700.
- DIAZ-VEGA, R. MALDONADO, P. RANNOU, T. 2020. Observaciones de campo en la primera población registrada para Chile del geco *Tarentola mauritanica* (Linnaeus 1758) (Squamata, Phyllodactylidae). *Boletín Chileno de Herpetología* 7:20-26.
- DUFFIEL, G. AND BULL, C. 1996. Microhabitat choice and its role in determining the distribution of the tick *Amblyomma vikirri*. *Aust. J. Ecol.* 21: 255-263.
- DEMANGEL, D. 2016. Reptiles en Chile. Fauna Nativa Ediciones. 619 p.
- EAST, K. T. EAST, M. R. AND DAUGHERTY, C. H. 1995. Ecological restoration and habitat relationships of reptiles on Stephens Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 22:249–261.
- EDGAR, P. FOSTER, J. AND BAKER, J. (2010). Reptile Habitat Management Handbook. Amphibian and Reptile Conservation, Bournemouth
- ERA Sustentable EIRL. 2017. Acción de enriquecimiento de hábitat de reptiles en la planta fotovoltaica chañares. Informe de seguimiento ambiental. Enel Green Power.
- ERA Sustentable EIRL. 2019. Cuarto monitoreo del enriquecimiento de hábitat planta fotovoltaica chañares, región de atacama. Informe de seguimiento ambiental. Enel Green Power.
- FISHER, R. 2012. Reptile sign and Camera station. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring.
- FOSTER, M. 2012. Standard Techniques for inventory and Monitoring. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring. Pp 205-271.
- FRAZIER, J. 2012. Nest and tracks surveys. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring.
- GAC. 2018. Seguimiento: Plan de Rescate y Relocalización de Fauna Planta desalinizadora y suministro de agua industrial.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Editorial Universitaria, 165p.
- GALAN, P. 1996. Colonization of spoil benches of an opencast lignite mine in northwest Spain by amphibians and reptiles. *Biological Conservation* 79:187–195.

GARAVITO M. Y W. RAMÍREZ (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp.

GRANT, B. W. TUCKER, A. D. LOVICH, J. E. MILLS, A. M. DIXON, P. M. AND. GIBBONS, J. W. 1992. The use of coverboards in estimating patterns of reptile and amphibian biodiversity. Pages 379–403 in D. R. McCullough and R. H. Barrett, editors. *Wildlife 2001: populations*. Elsevier Science Publication, Inc., London, England.

GUYER C, DONNELLY M. 2012. Permanent plots with mark-recapture. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. *Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring*.

GUYER AND MAUREEN, 2012. Visual Encounter surveys. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. *Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring*.

HEATWOLE, H. AND TAYLOR, J. 1987. *Ecology of reptiles*. Surrey Beatty and Sons, Sydney, Australia.

KANOWSKI, J. CATTERALL, C. P. AND WARDELL-JOHNSON, G. W. 2005. Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia. *Forest Ecology and Management* 208:359–372.

LILLYWHITE, H.B. 1987. Temperature, energetics, and physiological ecology. In: Seigel, R.A., Collins, J.T., Novak, S.S. (Eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan, New York, pp. 422±477.

LOBOS, G. MENDEZ, C. ALZAMORA, A. 2013. Utilización de marcas electrónicas "PIT tags" en *Liolaemus* descripción de una técnica de implante para especies de pequeña y mediana talla. *Gayana* 77(1) 26-34.

MARQUEZ, R. PLEGUEZUELOS, J. SANTOS, X. ONTIVEROS, D. FERNANDEZ, J. 2008. Recovering the Reptile Community after the Mine-Tailing Accident of Aznalco' llar (Southwestern Spain). *Restoration Ecology* Vol. 17, No. 5, pp. 660–667.

MAJER, J. D. AND NICHOLS, O. G. 1998. Long-term recolonization patterns of ants in Western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success. *Journal of Applied Ecology* 35:161–182.

MELLA, J. 2017. *Guia De Campo Reptiles De Chile Tomo II, Zona Norte*. Editor Alejandro Peñaloza. 316p.

MILNE, T. AND BULL, C.M. 2000. Burrow choice by individuals of different sizes in the endangered pygmy blue tongue lizard *Tiliqua adelaidensis*. *Biological Conservation* 95, 295–301.

- MILNE, T. BULL, M. HUTCHINSON, M. 2003. Fitness of the Endangered Pygmy Blue Tongue Lizard *Tiliqua adelaidensis* in Artificial Burrows. *Journal of Herpetology*, 37(4):762-765.
- NAGY, K. A. GIRARD, I. A. AND BROWN, T. K. 1999. Energetics of freeranging mammals, reptiles, and birds. *Annual Review of Nutrition* 19:247–277.
- NICHOLS, O. G. AND NICHOLS, F. M. 2003. Long-term trends in faunal recolonization after bauxite mining in the Jarrah forest of southwestern Australia. *Restoration Ecology* 11:261–272.
- LANGSTROTH, R. 2021. The identities of *Liolaemus signifer* (Duméril and Bibron 1837), *L. pantherinus* Pellegrin 1909, *L. schmidtii* (Marx 1960), and *L. erroneus* (Núñez and Yáñez 1984 “1983-1984”) (Squamata:Liolaemidae). *Cuad. herpetol.* 35 (Supl. 1): 111-167
- LABRA, A. VIDAL, M. SOLIS, R. AND PENNA, M. 2008. Ecofisiología de reptiles. En: Vidal M y Labra A. *Herpetología de Chile*. Science Verlag. Pp: 485-516.
- LOBOS, G. MÉNDEZ, C. ALZAMORA, A. 2013. Utilización de marcas electrónicas “PIT tags” en *Liolaemus* y descripción de una técnica de implante para especies de pequeña y mediana talla. *Gayana* 77.
- LOVICH, R AND BAUER, A. 2012. Rock-Dwelling reptiles. En: McDiarmid R, Foster S, Guyer C, Gibbons JW, Chernoff N. *Reptile Biodiversity, Standard methods for inventory and monitoring*.
- OVASKA, K. LENNART, S. ENGELSTOFT, C. MATTHIAS, L. WIND, E. MACGARVIE, J. 2014. Amphibian and Reptile Conservation during Urban and Rural Land Development in British Columbia. *British Columbia* 142 p.
- PALMER, M. AMBROSE, R. AND POFF, N. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. *Restoration Ecology* Vol. 5:291-300 pp.
- RECIO, P. RODRIGUEZ-RUIZ, G. ORTEGA, J. MARTÍN, J. 2019. PIT-Tags as a technique for marking fossorial reptiles: insights from a long-term field study of the amphisbaenian *Trogonophis wiegmanni*. *Acta Herpetológica* 14(2):101-107.
- RUIZ DE GAMBOA, M. 2020. Estado de conservación y lista actualizada de los reptiles nativos de Chile. *Boletín Chileno de Herpetología* 7: 1-11(2020).
- SEPULVEDA, M. VIDAL, MA. FARIÑA, JM. SABAT, P. 2008. Seasonal and geographic variation in thermal biology of the lizard *Microlophus atacamensis* (Squamata: Tropiduridae). *Journal of Thermal Biology* 33: 141-148.
- SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG). 2004. Medidas de mitigación de impactos ambientales en fauna silvestre. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- SHINE, R. AND GUILLETTE, L. J. 1988. The evolution of viviparity in reptiles: a physiological model and its ecological consequences. *Journal of Theoretical Biology* 132:43-50.

- SHINE, R. AND FITZGERALD, M. 1989. Conservation and reproduction of an endangered species: the broad-headed snake, *Hoplocephalus bungaroides* (Elapidae). *Australian Journal of Zoology* 25, 65–67.
- SOUTER, N. J. BULL, C. M. AND HUTCHINSON, M. N. 2004. Adding burrows to enhance a population of the endangered pygmy blue tongue lizard, *Tiliqua adelaidensis*. *Biological Conservation* 111:403–408.
- TORRES-MURA J, RIVEROS-RIFFO E, ESCOBAR-GIMPEL V. 2014. Guía técnica para la implementar medidas de rescate/relocalización y Perturbación controlada.
- TYRE, A. J. TENHUMBERG B. FIELD, S. A. NIEJALKE, D. PARRIS, K. AND POSSINGHAM. H. P. 2003. Improving precision and reducing bias in biological surveys: Estimating false-negative error rates. *Ecological Applications* 13:1790– 1801.
- URIBE, S. 2007. Evaluación del uso de refugios artificiales para micromamíferos y reptiles en la Quebrada de la Plata, Rinconada de Maipú. Universidad de Chile. Tesis de pregrado. 40p.
- WHITHE, P. WALKER, J. 1997. Approximating nature's variation: Selecting and using reference information in Restoration Ecology. *Restoration ecology* Vol5. No 4, pp. 338-349
- WEBB, J. K. 1996. Ecology and conservation of the threatened broad-headed snake, *Hoplocephalus bungaroides*. Ph.D. thesis, University of Sydney.
- WEBB, J. 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, S. SWAN, G. 2003. *A Complete Guide to Reptiles of Australia*. Sydney, Reed New Holland.
- YOUNG, P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biological Conservation* 92(1):73-83.

ANEXO 1

Reptiles de Atacama y Antofagasta. Tipo de Refugio asociado, Hábito, Formación vegetal, Reproducción y Origen

Especies de Reptiles		Hábito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
REPTILIA							
SQUAMATA							
DIPSADIDAE							
<i>Philodryas chamissonis</i>	Culebra de cola larga	Terrícola	1,2,3,4	Bajo piedras y vegetación	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas, Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación.	Endémico	Ovípara
<i>Tachymenis chilensis</i>	Culebra de cola corta	Terrícola	1,2,3,4	Bajo vegetación	Montículos de vegetación.	Nativo	Vivípara
<i>Tachymenis peruviana</i>	Culebra peruana	Terrícola	9,12,13	Bajo piedras y vegetación	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación.	Nativo	Vivípara
PHYLLODACTYLIDAE							
<i>Garthia gaudichaudii</i>	Salamanqueja del norte chico	Terrícola/Psamofila		Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Refugios de arena y tierra.	Endémico	Ovípara
<i>Phyllodactylus gerrhopygus</i>	Salamanqueja del norte grande	Psamofila	1,5,6,7,8,9	Bajo piedras y vegetación	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Nativo	Ovípara

Especies de Reptiles		Habito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
TEIIDAE							
<i>Callopietes maculatus</i>	Iguana	Terrícola/saxícola	1,2,3,4, 10,11	Oquedades en arena o tierra	Oquedades	Endémico	Ovípara
LIOLAEMIDAE							
<i>Liolaemus andinus</i>	Lagartija Andina	Psamofila	12,13,14,15,16	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas. (Piedras planas)	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus atacamensis</i>	Lagartija de Atacama	Psamofila/saxícola	1,2,3,4,6,10,17	Oquedades y vegetación	Oquedades. Bajo piedras y rocas. (Piedras planas). Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus audituvelatus</i>	Dragón de oído cubierto	Psamofila	6,8,9,12,13,14,17	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas. (Piedras planas). Refugios de arena y tierra	Endémico Regional	Vivípara
<i>Liolaemus constanzae</i>	Lagartija de Constanza	Terrícola/saxícola/Psamofila	6,8,9,12,13,15	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Refugios de arena y tierra.	Endémico Regional	Ovípara
<i>Liolaemus erguetae</i>	Lagartija de Ergueta	Terrícola/Psamofila	12,13	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas. (Piedras planas). Refugios de arena y tierra.	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus erroneus</i>	Dragón grande	Terrícola/Psamofila	12,13	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas. (Piedras planas). Refugios de arena y tierra.	Endémico	Vivípara

Especies de Reptiles		Habito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
<i>Liolaemus fabiani</i>	Lagartija de Fabián	Psamofila/terricola(salares)	9,12,13	Oquedades en arena o tierra	Refugios de arena y tierra	Microendémica	Vivípara
<i>Liolaemus foxi</i>	Lagartija de Fox	Saxícola	9,12,13	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Vivípara
<i>Liolaemus fuscus</i>	Lagartija oscura	Saxícola	2,3,4	Bajo piedras y vegetación	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación.	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus hajeki</i>	Lagartija de cuello liso de Hajek	Saxícola/Terrícola	8,9,12,13	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	sin información
<i>Liolaemus hellmichi</i>	Lagartija de Hellmich	Saxícola	7	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Probablemente ovípara
<i>Liolaemus isabelae</i>	Lagartija de Isabel	Saxícola	11,14	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Vivípara
<i>Liolaemus jamesi</i>	Jaranco de James	Saxícola/Psamofila	9,12,13	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)		Vivípara
<i>Liolaemus juanortizi</i>	Lagartija de Ortiz	Terrícola	14,19	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Probablemente vivípara
<i>Liolaemus lorenzmuelleri</i>	Lagarto de Muller	Saxícola	4,19	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Ovípara
<i>Liolaemus nigriceps</i>	Lagartija de cabeza negra	Psamofila	15,18	Oquedades en arena o tierra	Refugios de arena y tierra	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus nigrocoeruleus</i>	Lagartija negroazulada	Saxícola	1	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Probablemente ovípara

Especies de Reptiles		Habito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
<i>Liolaemus nigromaculatus</i>	Lagartija de mancha	Psamofila/Saxícola	1,2,3,10	Bajo piedras y oquedades	Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus nitidus</i>	Lagarto nítido	Saxícola	2,3,4,19	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus omorfi</i>	Lagartija hermosa	Terrícola/Saxícola	12,14	Oquedades y vegetación	Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Microendémica	probablemente es vivípara
<i>Liolaemus pachecoi</i>	Lagarto de Pacheco	Saxícola/Psamófila	12	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus patriciaturrae</i>	Lagartija de Patricia Iturra	Psamófila	14,19	Oquedades en arena o tierra	Refugios de arena y tierra. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Microendémica	Vivípara
<i>Liolaemus paulinae</i>	Lagartija de Paulina	Terrícola	8	Bajo vegetación	Montículos de vegetación.	Microendémica	Vivípara
<i>Liolaemus platei</i>	Lagartija de Plate	Saxícola/Psamófila	1,2,3,4,6,10	Oquedades en arena o tierra	Refugios de arena y tierra	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus puna</i>	Lagartija de la Puna	Terrícola/saxícola/Psamófila	8,9,12,13	Bajo vegetación	Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus puritamensis</i>	Lagarto de Puritama	Saxícola	12,13	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Nativo	Vivípara
<i>Liolaemus robertoi</i>	Lagartija de Roberto	Saxícola/Terrícola	19	Bajo piedras	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Endémico	Vivípara
<i>Liolaemus rosenmanni</i>	Lagartija de Rosenmann	Terrícola	12,19	Oquedades en arena o tierra	Refugios de arena y tierra	Endémico Regional	Vivípara

Especies de Reptiles		Habito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
<i>Liolaemus schmidti</i>	Lagartija de Schmidt	Psamófila	9,12,13,14,15	Bajo piedras y vegetación	Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación.	XX	Vivípara
<i>Liolaemus silvai</i>	Lagartija de Silva	Saxícola/Psamofila	3	Bajo vegetación y oquedades en la arena	Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus stolzmanni</i>	Dragón de Stolzmann	Psamófila	6,7	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Refugios de arena y tierra.	Endémico	Ovípara
<i>Liolaemus torresi</i>	Dragoncito de Torres	Psamófila	6	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Refugios de arena y tierra.	Endémico	Vivípara
<i>Liolaemus velosoi</i>	Lagartija de Veloso	Saxícola/Psamófila	2,10,11,17	Oquedades y vegetación	Oquedades. Montículos de vegetación.	Endémico Regional	Ovípara
<i>Liolaemus zapallarensis</i>	Lagartija de Zapallar	Saxícola/Terrícola	3	Bajo vegetación y oquedades en la arena	Montículos de vegetación. Refugios de arena y tierra	Endémico	Ovípara
TROPIDURIDAE							
<i>Microlophus atacamensis</i>	Corredor de Atacama	Saxícola/Psamófila	1,3,7	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Endémico Regional	Ovípara

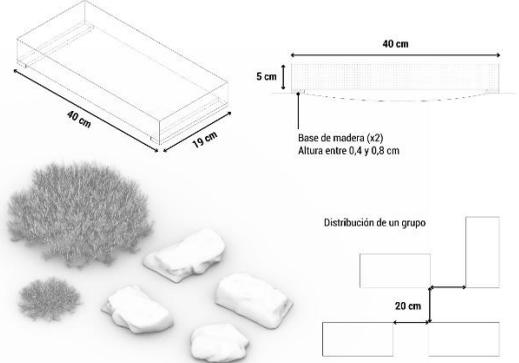
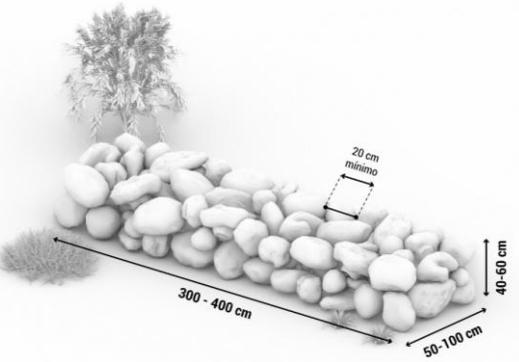
Especies de Reptiles		Habito	Formación vegetal (Códigos)	Tipo de Refugio Natural	Tipo de Refugio artificial recomendado	Origen	Tipo de Reproducción
NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR						
<i>Microlophus quadrivittatus</i>	Corredor de cuatro bandas	Saxícola	7	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Nativo	Ovípara
<i>Microlophus tarapacensis</i>	Corredor de Tarapacá	Terrícola/Psamófila	1,6,7	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas)	Endémico	Ovípara
<i>Microlophus theresioides</i>	Corredor de Tereza	Terrícola/Psamófilo/Saxícola/Arborea(trepador)	8,9,13	Bajo piedras y oquedades	Oquedades. Bajo piedras y rocas (Piedras planas, Pircas y Cúmulo de rocas). Montículos de vegetación	Endémico	Ovípara

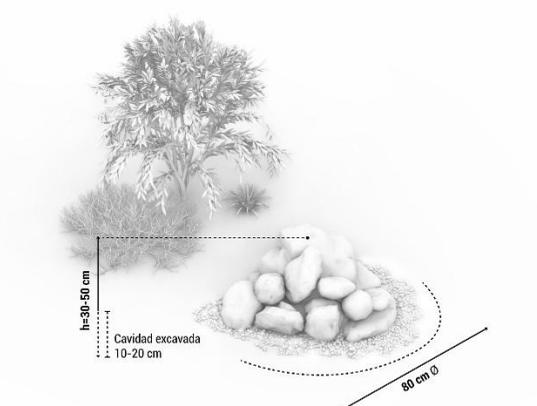
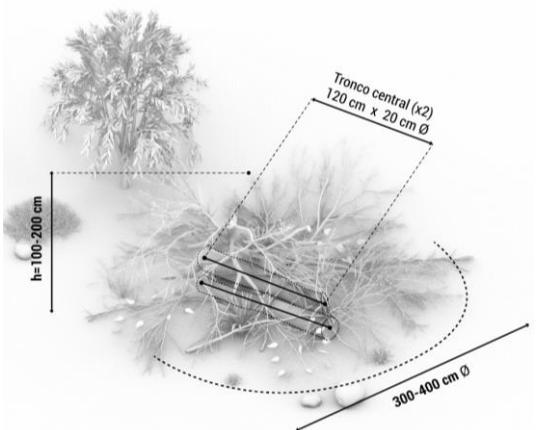
Fuente: Elaboración propia.

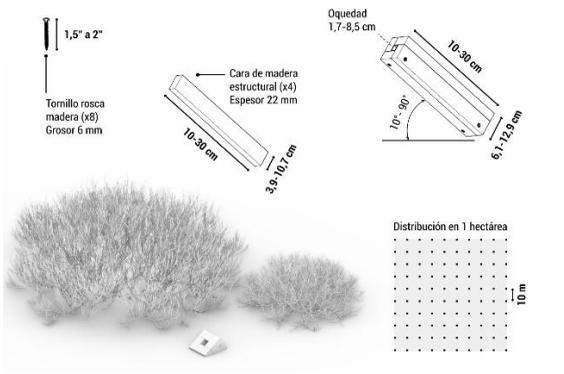
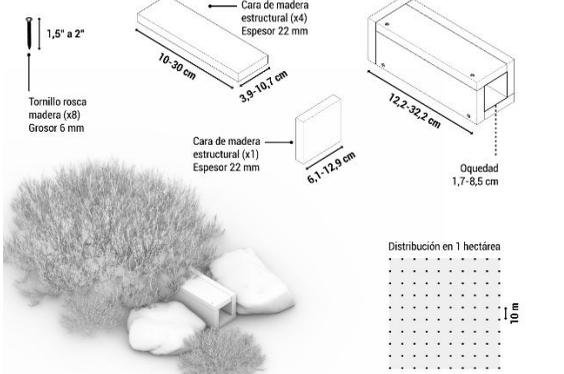
Códigos Formaciones vegetacionales. Desierto costero de Taltal (1), Desierto florido de los Llanos(2), Desierto costero del Huasco (3), Desierto florido de las Serranias (4), Desierto de las pampas Salitreras (5), Desierto interior (6), Desierto costero de Tocopilla (7), Desierto de los Aluviones (8), Desierto de la cuenca superior del Río Loa (9), Desierto de las sierras costeras (10), Desierto estapario de El Salvador (11), Estepa desértica de la Puna de Atacama (12), Estepa arbustiva prepuneña(13), Estepa desértica de los Salares andinos (14), Desierto montano de la cordillera de Domeyko(15), Desierto altoandino del Ojos del Salado (16), Desierto interior de Taltal (17), Estepa desértica de los salares andinos(18), Estepa alto andina de Coquimbo (19).

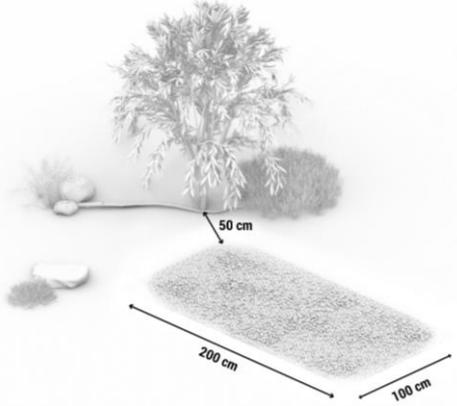
ANEXO 2

Cuadro resumen. Refugios artificiales para reptiles de Antofagasta y Atacama.

Refugio artificial	Tipos de refugio	Descripción	Diseño	Especies objetivo
Bajo piedras y rocas	Piedras planas	Corresponde a rocas artificiales que se forman por adoquines de hormigón grises y cuadrados, con bases de madera en la esquina de cada adoquín para generar una hendidura respecto al suelo. Se considera un ancho de 19 cm, largo 40 cm, espesor de 5 cm y hendiduras de 0,4 y 0,8 cm. Se utilizan grupos de 4 adoquines, con tipos de hendiduras de ubicación y tamaño al azar. En reemplazo de adoquines se puede utilizar piedras laja compradas en el mercado.		<i>Philodryas chamissonis</i> <i>Tachymenis peruviana</i> <i>Garthia gaudichaudii</i> <i>Phyllodactylus gerrhopygus</i> <i>Liolaemus andinus</i> (*) <i>Liolaemus atacamensis</i> (*) <i>Liolaemus audituvelatus</i> (*) <i>Liolaemus constanzae</i> <i>Liolaemus erguetae</i> (*) <i>Liolaemus erroneus</i> (*) <i>Liolaemus foxi</i> <i>Liolaemus fuscus</i> <i>Liolaemus hajeki</i> <i>Liolaemus hellmichi</i> <i>Liolaemus isabelae</i> <i>Liolaemus jamesi</i> <i>Liolaemus juanortizi</i> <i>Liolaemus lorenzmuelleri</i> <i>Liolaemus nigrocoeruleus</i> <i>Liolaemus nitidus</i> <i>Liolaemus pachecoi</i>
	Pircas	Apilamiento lineal y piramidal de piedras y rocas. Se recomiendan medidas desde 300-400 cm de largo, 40-60 cm de alto y 50-100 cm de ancho, utilizando piedras con una superficie mínima de 20 cm. La distancia de separación entre pircas debe ser de 8 metros. Se debe facilitar la existencia de espacios entre las piedras para fomentar el uso de la estructura.		

Refugio artificial	Tipos de refugio	Descripción	Diseño	Especies objetivo
	Cúmulo de rocas	<p>Corresponde a la instalación de un grupo de rocas. Se comienza realizando una excavación de 80 cm de diámetro, con una profundidad entre 10 y 20 cm. Se ubican las rocas en pila, alcanzando entre 30 y 50 cm de altura total. Se deben utilizar rocas heterogéneas. Posteriormente, con la tierra que ha sobrado de la preparación del sustrato, se debe sellar la parte baja del refugio, generando cavidades habitables y protegidas en el interior del refugio.</p>		<p><i>Liolaemus patriciaturrae</i> <i>Liolaemus puritamensis</i> <i>Liolaemus robertoi</i> <i>Liolaemus schmidtii</i> <i>Liolaemus stolzmanni</i> <i>Liolaemus torresi</i> <i>Microlophus atacamensis</i> <i>Microlophus quadrivittatus</i> <i>Microlophus tarapacensis</i> <i>Microlophus theresioides</i></p>
Montículos de vegetación	Montículo de vegetación	<p>Corresponde al apilamiento de troncos o ramas secas las cuales deben contener una mezcla de tamaños y formas. Se recomienda que estos apilamientos alcancen un diámetro de entre 300 a 400 cm y 100 a 200 cm de alto. La distribución dependerá de la vegetación del sitio, se sugiere la distribución en celdas de 40 metros. Se debe facilitar la existencia de espacios entre ramas y troncos.</p>		<p><i>Philodryas chamissonis</i> <i>Tachymenis chilensis</i> <i>Tachymenis peruviana</i> <i>Phyllodactylus gerrhopygus</i> <i>Liolaemus atacamensis</i> <i>Liolaemus fuscus</i> <i>Liolaemus nigromaculatus</i> <i>Liolaemus omorfi</i> <i>Liolaemus paulinae</i> <i>Liolaemus puna</i> <i>Liolaemus schmidtii</i> <i>Liolaemus silvai</i> <i>Liolaemus velosoi</i> <i>Liolaemus zapallarensis</i> <i>Microlophus theresioides</i></p>

Refugio artificial	Tipos de refugio	Descripción	Diseño	Especies objetivo
<p>Oquedades, cuevas y madrigueras</p>	<p>Oquedades con inclinación</p>	<p>Son refugios contruidos a base de una estructura de madera los cuales van insertados en el suelo. Las medidas consideran entre 10 y 30 cm de longitud y 1,7 a 8,5 cm de oquedad, con abertura en ambos extremos. El grado de inclinación puede variar entre 10 y 90°. Se recomienda variar profundidades y diámetros de oquedad según especie objetivo y estadio.</p>		<p><i>Callopiestes maculatus</i> <i>Liolaemus andinus</i> <i>Liolaemus atacamensis</i> <i>Liolaemus audituvelatus</i> <i>Liolaemus constanzae</i> <i>Liolaemus erguetae</i> <i>Liolaemus erroneus</i> <i>Liolaemus puritamensis</i> <i>Liolaemus stolzmanni</i> <i>Liolaemus torresi</i> <i>Liolaemus velosoi</i></p>
	<p>Oquedades horizontales</p>	<p>Refugios contruidos a base de una estructura de madera o cemento los cuales van ubicados horizontalmente sobre sustrato de arena. Debe estar abierto en solo un extremo. Las medidas consideran entre 10 y 30 cm de longitud y 1,7 a 8,5 cm de oquedad. Se recomienda variar profundidades y diámetros de oquedad según especie objetivo y estadio.</p>		

Refugio artificial	Tipos de refugio	Descripción	Diseño	Especies objetivo
Refugios de arena y tierra	Bancos de arena	Corresponde a parches de arena desnuda, semi-compacta o grava arenosa, con un tamaño mínimo de 100 cm por 200 cm. La arena debe excavarse anualmente, preferiblemente excavando nuevos parches o, si eso no es factible, volviendo a excavar un tercio o un cuarto de los parches existentes, para crear una gama de etapas sucesiones. Se recomienda cercar para evitar el impacto del ganado.		<i>Garthia gaudichaudii</i> <i>Phyllodactylus gerrhopygus</i> <i>Liolaemus audituvelatus</i> <i>Liolaemus constanzae</i> <i>Liolaemus erguetae</i> <i>Liolaemus erroneus</i> <i>Liolaemus fabiani</i> <i>Liolaemus nigriceps</i> <i>Liolaemus nigromaculatus</i> <i>Liolaemus patriciaturrae</i> <i>Liolaemus platei</i> <i>Liolaemus puna</i> <i>Liolaemus rosenmanni</i> <i>Liolaemus silvai</i> <i>Liolaemus stolzmanni</i> <i>Liolaemus torresi</i> <i>Liolaemus zapallarensis</i> <i>Liolaemus omorfi</i>

Fuente: Elaboración propia.

(*) Especies en las cuales se sugiere utilizar como refugio artificial solo Piedras Planas