



Matrices yarken

Refugios alternativos para lechuzas aplicado a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas para la conservación.

Proyecto para optar al
Título profesional de Diseñadora Industrial

Por Guiselle Torres González
Profesora guía: Paola de la Sotta

Santiago, Chile.
2021.



Matrices Yarken

Refugios alternativos para lechuzas aplicado a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas para la conservación.

Proyecto para optar al
Título profesional de Diseñadora Industrial

Por Guiselle Torres González
Profesora guía: Paola de la Sotta

Santiago, Chile.
2021.

REFUGIOS
ALTERNATIVOS
PARA LECHUZAS



**matrices
yarken**



Tyto furcata (lechuza). Colina, Chile
Crédito: Ramón Reyes

REFUGIOS
ALTERNATIVOS
PARA LECHUZAS



**matrices
yarken**



ABSTRACT

MATRICES YARKEN son refugios alternativos para lechuzas aplicados a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas para la conservación. Este proyecto, a través del pensamiento de diseño centrado en la naturaleza y el proceso de diseño simbiótico busca responder ante la falta de cavidades para nidificar en áreas boscosas degradadas, a través del desarrollo de un habitáculo que simule las condiciones naturales de nidificación de las lechuzas, otorgando un refugio seguro y confortable que mitigue los riesgos asociados durante la etapa reproductiva. **MATRICES YARKEN** está inscrita dentro de una estrategia de control biológico de plagas que busca atraer aves rapaces a áreas peridomociliares rurales para potenciar el control de plagas zoonóticas y así contribuir con locatarios y locatarias con problemas de proliferación de roedores asociado al fenómeno del florecimiento de la quila.

COLABORADORES

Paola de la Sotta

Diseñadora Industrial y Profesora
guía del proyecto

Daniel Rivera

Cetrero y Ornitólogo de campo

Christian Romero

Ingeniero en Biotecnología Vegetal

Christian Méndez

Audiovisual

Fundación

Ética en los Bosques

Equipo Proyecto

Quilantún

Francisco Abarca

Diseñador Industrial

Nicolás Román

Ingeniero Ambiental

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora guía Paola de la Sotta por su dedicación, tiempo, generosidad y comprensión.

A mi familia y amigos por el amor, la compañía y la contención.

Al equipo de Ética en los Bosques por generar espacios de colaboración multidisciplinar.

A mi amigo Daniel Rivera por mostrarme el mundo rapáz

A todes quienes hicieron posible este proyecto.

A todes quienes accionaron en mi el deseo de contribuir desde mi disciplina al territorio al cual pertenezco.

180	Construcción de casas anideras	276	- Materialidades
182	- Construcción prototipo alfa	282	- Medidas generales
186	- Proceso manufactura		
187	- Costos asociados		
200	Implementación casas anideras	284	MATRICES YARKEN
202	Monitoreo casas anideras	319	CONSIDERACIONES FINALES
207	PROYECTO DE DISEÑO	320	Conclusiones
208	Planteamiento del proyecto	322	Proyecciones
210	- Encargo de diseño	324	Reflexiones finales
211	- Objetivos de producto		
212	- Mapa de actantes		
218	- Requerimientos de diseño	328	BIBLIOGRAFÍA
220	Proceso de diseño		
222	- Propuesta conceptual		
224	- Morfogénesis		
228	- Exploración formal a través del boceto		
234	- Espacio de anidación óptimo		
240	- Oquedad de ingreso		
244	- Sistema de anclaje		
252	- Limpieza del artefacto		
254	- Primer acercamiento a la propuesta		
258	- Prototipo formal		
263	Desarrollo de la propuesta		
264	- Prototipado 3D		
267	- Partes, piezas y atributos		
272	- Evaluación de la carga		

I. PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN

En tiempos de pandemia muchos estamos vigilantes y ocupados en la protección de la salud propia, de nuestras familias y comunidad. Pero mientras los esfuerzos se enfocan en el COVID-19, hay otros procesos biológicos en los ecosistemas que están generando oportunidades para la expansión de otros virus de alta letalidad, como es el virus Hanta.

El colilargo, reservorio natural del Hantavirus, es una especie considerada potencialmente como plaga. Estas especies pueden alcanzar altas densidades poblacionales frente a una alta disponibilidad de alimento. En la zona Centro-sur y Sur de Chile, el aumento poblacional desmedido del ratón de cola larga está asociado al fenómeno natural de la floración de la quila. Durante la etapa de semillación, la quila produce millones de semillas que beneficia la tasa reproductiva del ratón de colilargo. Una vez agotadas las semillas del sotobosque de quilas, los roedores que ya alcanzaron una densidad poblacional mayor, se trasladan en busca de más alimento hacia asentamientos humanos (principalmente en áreas rurales).

Desde el 2018 a la fecha está ocurriendo un evento de floración sincrónica de quilas y colihues (*Chusquea* spp.). La aparición de la flor de la quila en la memoria colectiva del territorio y en sus registros históricos, marca el inicio de un periodo conocido como los “diez años de ruina”. Este evento se asocia con la venida de sequías, escasez de alimentos, aumento de ratones, enfermedades e incendios forestales. La aparición de la flor de la quila podría convertirse en una potencial

amenaza para la salud humana, principalmente para grupos de alto riesgo de contagio, como lo son la población rural, trabajadores y trabajadoras forestales y agrícolas, recolectores y recolectoras.

La forma en como interactuamos con nuestros ecosistemas naturales, es la principal causa de encuentros con reservorios naturales de organismos patógenos, y por ende, la principal causa de expansión de enfermedades con origen zoonótico (transmitidas desde animales silvestres a humanos), como es el caso del Hantavirus.

La percepción popular es que todas las especies de roedores podrían llegar a transmitir el virus, lo que ha conducido al uso indiscriminado de rodenticidas. El uso de estas sustancias químicas en el control de las poblaciones de plagas zoonóticas, no solo afecta a la especie que se desea controlar, si no que, puede derivar en graves y letales consecuencias para depredadores que se alimentan de estos micromamíferos, como es el caso de las aves rapaces.

Entonces, ¿cómo controlar a las especies de plagas zoonóticas sin contribuir de forma negativa en la dinámica del ecosistema?. La respuesta está en las aves rapaces, controladores biológicos por excelencia. El rol ecológico de las aves rapaces resulta imprescindible en la regulación de poblaciones presas que se han vuelto plagas en una determinada área, siendo un “factor determinante para recuperar el equilibrio”, es decir, el daño causado por una especie plaga podría ser mucho mayor sin la acción depredatoria (Figueroa Rojas et al., 2001). Por lo tanto, la función de los carnívoros silvestres es crucial en la dinámica de la naturaleza, su ausencia podría derivar en una serie de sucesos ecológicos negativos, que conducirían finalmente a un “empobrecimiento de la diversidad biológica local” (Rivas F. & Figueroa R., 2009). Una de las especies que destaca como controlador de estos micromamíferos es la lechuza, en donde la mayoría de los estudios evidencian que su dieta se compone por sobre el 80% de roedores, destacando el colilargo como una de las presas más consumidas. Una familia compuesta por dos adultos y cuatro polluelos, en tan solo 10 semanas de crianza podría consumir más de 1000 roedores (Alvarado Orellana et al., 2015, Muñoz-Pedrerros et. al, 2019).

A su vez los agentes etiológicos que provocan enfermedades con origen zoonótico, como el Hantavirus, se ven favorecidos ante la ausencia de carnívoros silvestres como las aves rapaces, esta ausencia, a menudo tiene su raíz en la degradación y pérdida de nuestros ecosistemas nativos. Una de las formas de mantener y recuperar poblaciones rapaces, es a través de iniciativas que busquen restaurar sus hábitats, dentro de los métodos más utilizados y que se ha comprobado su efectividad, es la implementación de casas anideras como refugios alternativos, estos buscan mitigar la falta de sitios de nidificación naturales en áreas degradadas.

En este contexto, desde Ética en los Bosques, una organización con enfoque en la conservación y restauración de nuestros bosques nativos, se levanta una iniciativa de ciencia ciudadana llamada Quilantún, con el objetivo de registrar y documentar la floración de la quila para generar información altamente relevante y oportuna que permita apoyar la generación de iniciativas que promuevan la salud y seguridad de todos los habitantes del territorio en la prevención del contagio por hantavirus.

Bajo la premisa de “aprender a convivir con este evento natural”, y en el cumplimiento del objetivo “prevención del contagio por hantavirus en población de riesgo”, es que Quilantún se plantea otorgar a la comunidad una alternativa de control de roedores como estrategia preventiva en el contagio por Hantavirus; esta alternativa busca propiciar y favorecer el equilibrio natural, a través de agentes biológicos controladores de la sobrepoblación de roedores, en este caso, las aves rapaces. Esta propuesta no solo busca beneficiar a la comunidad ante la urgencia sanitaria, sino además, contribuir en la conservación y protección de las aves rapaces.

El proyecto piloto se emplaza en la Cordillera de Nahuelbuta, unas de las primeras zonas en donde se identificó el florecimiento de la quila, abarcando las comunas de Angol, Purén y Nacimiento, asociado a las cuencas de Picoiquén, Boyeco y Nicodahue.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La modificación y sustitución de la estructura vegetativa nativa primaria, conlleva la pérdida de hábitat para un montón de especies, en otras palabras, los agroecosistemas, plantaciones forestales, monocultivos, en general, los paisajes homogéneos muchas veces no pueden cubrir las necesidades de hábitat de un sinfín de especies, entre esas necesidades, la de refugio y protección, donde las aves rapaces también se han visto afectadas (en mayor y menor medida, dependiendo de sus requisitos y función del uso del hábitat).

Los árboles son un componente fundamental para la vida silvestre asociada a los bosques. Muchas especies de animales, plantas, líquenes, hongos, dependen de árboles que otorgan refugio, alimento, sitios de reproducción, de descanso, forrajeo, sitios para las invernadas y más (R. Bütler et al., 2013). Un árbol, ya sea vivo o muerto, es una estructura natural que sostiene al menos un tipo microhábitat, cuando hablamos de microhábitat, nos referimos a hábitats pequeños o especialmente delimitados ;los árboles que presentan cavidades se encuentran entre los árboles de hábitat más importante para la biodiversidad del bosque. (R. Bütler et al., 2013)

A nivel mundial “más de 100 especies de aves, muchos mamíferos, anfibios y reptiles, dependen o usan cavidades en árboles para reproducirse y/o refugiarse” (T.A. Altamirano et al., 2012, p.26). Las cavidades en los árboles corresponden a uno de los microhábitat de gran relevancia entre las aves, en Chile, al menos un 53% de estas (27 especies) usan cavidades en los árboles para nidificar (T.A. Altamirano et al., 2012).

“En Chile, la pérdida de bosques se estima en más del 50% desde la llegada de los colonizadores europeos” (Iriarte et al., 2019, p.80), constituyendo uno de los principales conflictos entre humanos y vida silvestre. La industria forestal y ganadera intensiva han deteriorado

nuestros ecosistemas nativos a una escala brutal, dejando en una situación de vulnerabilidad a las especies que dependen de estos ecosistemas (Iriarte et al., 2019).

En la Cordillera de Nahuelbuta se vive una catástrofe ambiental y social, debido a la degradación, modificación y pérdida de nuestros ecosistemas boscosos originales, consecuencia principalmente del modelo forestal extractivista presente en la zona, en donde estimaciones señalan que en Nahuelbuta la pérdida de la vegetación natural original ha sido más del 70% (Otavo & Echeverría, 2017). En este contexto, la implementación de sitios de nidificación artificiales se hace necesaria debido a la falta de cavidades naturales para nidificar en bosques secundarios o terciarios, es decir, bosques con ausencia de árboles adultos, mayoritariamente compuestos por árboles jóvenes (renovales), que se encuentran en proceso de establecimiento y estructuración (Otavo & Echeverría, 2017), por lo que, no logran suplir las necesidades de hábitat para varias especies de aves rapaces, y en general se limita la presencia de especies que dependen de árboles viejos, muertos en pie o en proceso de descomposición.



Cetrería con Peuco (*Parabuteo unicinctus*)
Crédito: Francia Álvarez



MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La motivación de este proyecto nace desde mi vínculo con las aves rapaces a través de la práctica de la cetrería. La cetrería es el arte de cuidar y entrenar aves rapaces para cazar presas en su medio natural, que se basa en la alianza entre el humano y el ave. Tener la oportunidad de ser aprendiz de este arte me ha permitido explorar un conocimiento que se gesta desde lo vivencial transformándose en mi herramienta más significativa. La cetrería se ha convertido en un vehículo para promover iniciativas que apunten a la protección y conservación de las aves rapaces y es en este nexo en donde creo que el diseño tiene mucho que proponer.

Del mismo modo este proyecto fue motivado por el deseo de contribuir desde mi disciplina hacia el territorio al cual pertenezco. Soy de la comuna de Angol, ubicada en la Región de la Araucanía, a los pies de la Cordillera de Nahuelbuta, el tramo montañoso que presenta los más altos niveles de biodiversidad y endemismos de la Cordillera de la Costa. En nuestro territorio se vive una catástrofe ambiental y social, la industria forestal ha sido el principal factor de pérdida de vegetación natural original en Nahuelbuta. En este contexto he tenido la oportunidad de colaborar y ser parte de organizaciones que están trabajando en el porvenir de los ecosistemas, a través de iniciativas de conservación y restauración ecológica, una de ellas es Fundación Ética en Los Bosques, con la cual levantamos un proyecto de ciencia ciudadana que lleva por nombre “Quilantún”, desde donde nace la oportunidad de diseñar **MATRICES YARKEN**.

▲
Jornada de restauración ecológica
con *Araucaria araucana*. Trongol
Alto, Curanilahue, 2019.
Crédito: Fundación Nahuelbuta

OPORTUNIDAD DE DISEÑO

QUILANTÚN: PROYECTO DE CIENCIA CIUDADANA

Quilantún (proviene del mapudungun y significa “encuentro de quilas”) es un proyecto de ciencia ciudadana que nace desde Fundación Ética en los Bosques, desarrollado con el apoyo de Diálogo Nacional Forestal y FSC-Chile (Forest Stewardship Council). Ética en los Bosques es una organización no gubernamental con más de 10 años de experiencia en el desarrollo de proyectos en pro de la protección y restauración del bosque nativo, promoviendo buenas prácticas y el posicionamiento y fortalecimiento de un movimiento ciudadano que, en primer lugar, reconozca y promueva las funciones ecosistémicas y sociales del bosque nativo y por consiguiente actúe y participe resguardando y protegiendo su biodiversidad.

Fue así como distintos actores locales de la ecorregión de Nahuelbuta levantamos esta iniciativa de investigación ciudadana que tiene como objetivo principal reconocer e interpretar las distintas señales que nos entrega el ecosistema del cual formamos parte, nutriéndonos del conocimiento local y la observación del territorio, en este caso, nos reúne el estudio del florecimiento de la quila, un fenómeno natural que desata una serie de sucesos ecológicos, algunos de ellos, con implicancias negativas para la población.



▲
“Quila en flor”
Crédito: Christian Romero

¿Ciencia ciudadana? Parte importante del proyecto consiste en involucrar activamente a la población, enseñándoles a identificar la quila y sus diferentes estados reproductivos, de esta forma podrán reportar a través de una plataforma web que se ha preparado para facilitar el mapeo de la quila en flor.

ALERTA: LA QUILA ESTÁ FLORECIENDO

En los bosques de Chile, desde la zona central hasta la Patagonia Austral, existen al menos 12 especies de bambúes nativos del género *Chusquea* (familia *Poaceae*), que comúnmente se conocen como quila, colihue o taihuén. La quila habita diversos ecosistemas desde la costa hasta la cordillera de los Andes, en la Cordillera de Nahuelbuta la podemos encontrar formando parte del sotobosque acompañando a otras especies nativas como el coihue, raulí, y hualle; dada su gran versatilidad, se desarrolla de forma muy abundante, constituyendo uno de los componentes dominantes del sotobosque (Guerreiro & Vega, 2019).

▼
“Quila verde”
Crédito: Christian Méndez

Al igual que otras especies de bambú, estas plantas son monocárpicas, lo que quiere decir que durante su ciclo de vida solo se reproducirán una única vez y luego morirán. Existen registros de que las especies chilenas pueden vivir de 15 a 70 años, pero hasta la fecha no se han identificado los procesos ecológicos que inducen su floración, semillación y posterior muerte (González Cangas & González, 2006).





“ (...) la gran cantidad de ratas que hubo, una plaga tan grande que las madres no dejaban salir a los niños; los perros y los gatos se escondían. La gente ponía paños húmedos en las puertas para no dejar entrar a las ratas. Se caminaba sobre las lauchas. ”

Don Alberto
Peulla / Memorias floración 1940



Figura 1 (arriba): memoria floración de quila del año 1940. Elaboración propia.

(Abajo): semilla de quila
Crédito: Guiselle Torres

Usualmente este evento ocurre de forma gregaria, provocando que cientos y hasta miles de plantas se sincronicen para florecer en un mismo año, lo que en los años siguientes derivará en la producción de millones de semillas y la generación de biomasa seca altamente combustible (González Cangas & González, 2006; M. Gonzalez & Donoso, 1999; M. E. Gonzalez, 2001).

La aparición de las flores de *Chusquea* spp. en cualquier territorio, marca el inicio de un periodo al que la comunidad campesina e indígena llaman los “diez años de ruina”, la memoria colectiva y los registros históricos (**figura 1**) asocian este evento con la venida de sequías, escasez de alimentos, aumento de ratones, enfermedades e incendios forestales. Como se menciona, tradicionalmente la floración de la quila ha sido asociada con un aumento desmedido en la población de roedores, especies granívoras que se alimentan de los millones de semillas producidas por estas plantas, este evento es conocido popularmente como “las ratadas”, en donde los relatos orales de floraciones pasadas dan cuenta de lo preocupante de esta situación, se relata que los ratones devoraban todo a su paso, cosechas, alimentos, animales domésticos, ropa y cañerías, todo se volvía alimento (González Cangas & González, 2006).

El ratón de cola larga (*Oligoryzomys longicaudatus*), conocido por ser el reservorio natural del virus Hanta en Chile, es una de las especies beneficiadas por la alta disponibilidad de alimento (M. Gonzalez & Donoso, 1999; M. E. Gonzalez, 2001; R1 Murúa et al., 1996), la mayor tasa reproductiva del “colilarga” se transforma en una amenaza que potencialmente puede generar una crisis de salud humana, por el aumento en las probabilidades de contagio y muerte por virus Hanta (Holz & Palma, 2012; Murua & Padula, 2004), esto representa un peligro para la población humana rural y urbana,

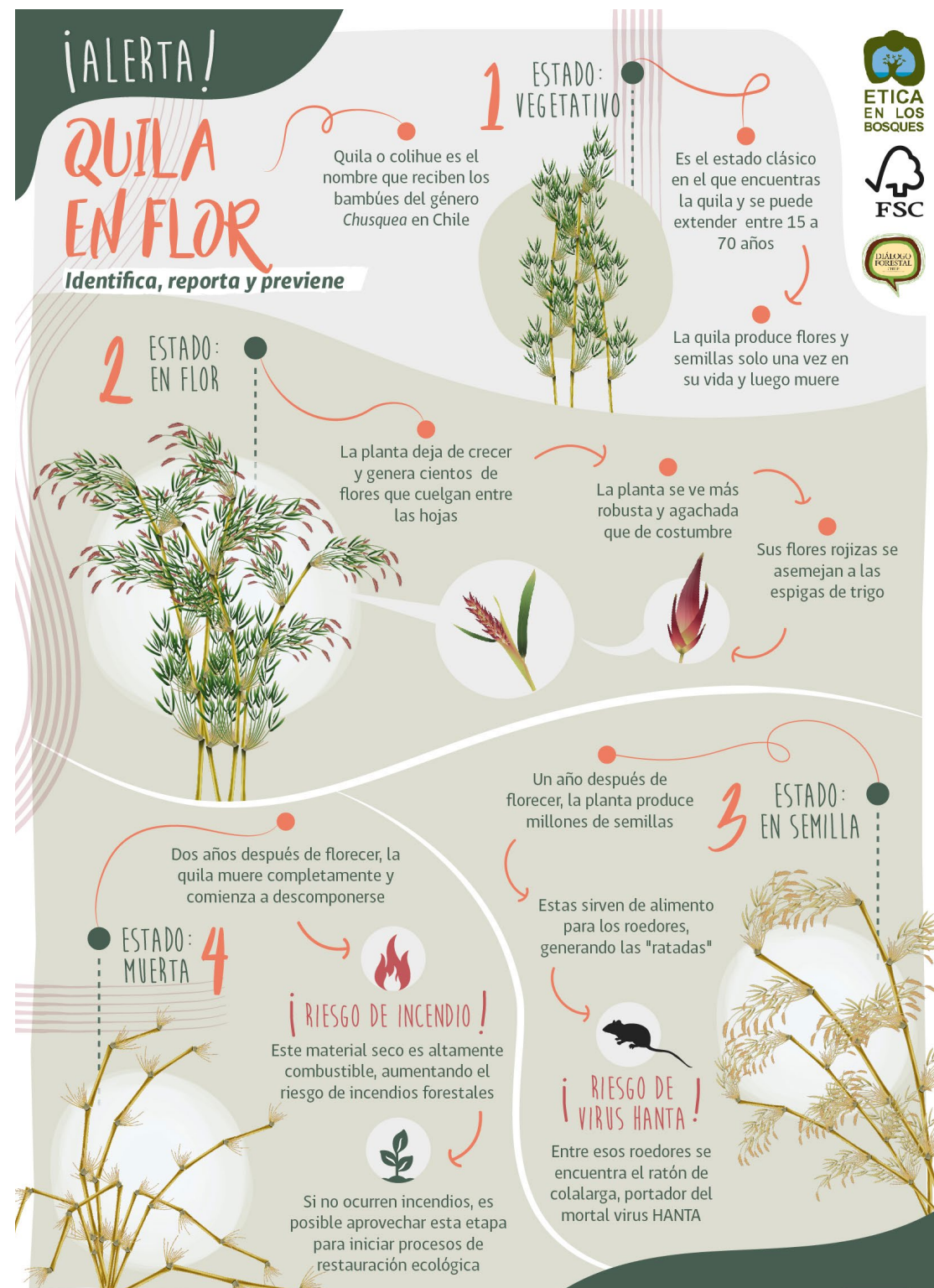
principalmente para estos cuatro grupos de alto riesgo de contagio: población rural, recolectoras de productos forestales no madereros, turistas, trabajadores y trabajadoras forestales y agrícolas (MINSAL, 2013).

OBJETIVOS DE QUILANTÚN

Actualmente está ocurriendo un evento de floración sincrónica de *Chusquea* spp. en Chile Centro-Sur, el que según fuentes informales se extiende entre las regiones del Maule y Aysén. Este mismo territorio contiene gran parte de las actividades agrícolas, forestales, de recolección de productos forestales no maderables y turísticas de nuestro país.

La iniciativa Quilantún de Ética en los Bosques se levanta en este escenario con el objetivo de registrar y documentar la floración, fructificación y semillación de la quila para generar información altamente relevante y oportuna que permita apoyar la generación de políticas públicas y privadas que promuevan la salud y seguridad de todos los habitantes del territorio.

Ética en los Bosques propone la presente iniciativa, que busca instalar una red de monitoreo basada en “ciencia ciudadana”, cuyo objetivo principal es disminuir la incidencia de los factores de riesgo generados por la floración de *Chusquea* spp., junto con potenciar el proceso de planificación de la restauración ecológica en los bosques del centro y sur de Chile, todo ello dentro del marco del desarrollo forestal sustentable. Una instancia de colaboración multi estamental y multisectorial, en las que las comunidades locales fortalecen una identidad propia con el territorio que habitan, conociéndolo, valorándolo y protegiéndolo. De este modo, Quilantún quiere que la comunidad se sienta parte de un proceso que busca por sobre todas las cosas proteger la salud y vida humana, sin olvidar la protección de



los ecosistemas, en donde los actores claves de este proyecto son en primera instancia los grupos de riesgo asociados a la floración de la quila, es decir, la población rural, los recolectores PFMN, trabajadores forestales, agrícolas y los turistas, del mismo modo la participación de actores públicos y privados, como CONAF, ONEMI, Ministerios de Salud y Agricultura y las empresas forestales.

Los objetivos de Quilantún son (Quilantún, 2020):

Identificar los sitios de reproducción de la quila: identificar con ayuda de la comunidad, aquellos lugares donde la quila esté floreciendo, a través del desarrollo de una plataforma tecnológica para la sensibilización y registro de las distintas etapas reproductivas de la quila (*Chusquea* spp.)

Planificación y restauración ecológica: planificar la restauración ecológica de los bosques nativos en aquellos lugares donde la quila y el colihue morirán, apoyando la regeneración natural.

Vincular a la ciudadanía con la ciencia: vincular a la sociedad con la ciencia y los sistemas de salud, trabajando en comunidad frente a la crisis sanitaria que traerá la flor de quilas y colihues.

Prevención del contagio por hantavirus en población de riesgo: prevenir juntos la proliferación de ratones, el contagio de virus Hanta y la ocurrencia de incendios forestales en los lugares donde la quila florece.

▲
Infografía para Quilantún.
Estados reproductivos de la quila y los riesgos asociados a su floración.
Crédito: Guiselle Torres

www.quilantun.cl



ENCARGO DE DISEÑO

Entonces, el equipo de Ética en los Bosques, en el cumplimiento de los objetivos del proyecto de ciencia ciudadana “Quilantún”, tiene la necesidad de:

¿Qué?: atraer aves rapaces a áreas peri domiciliarias rurales para potenciar el control biológico de plagas de zoonóticas asociadas al florecimiento de la quila.

¿Cómo?: a través de la implementación de casas anideras que entreguen sitios de nidificación alternativos para aves rapaces.

¿Para qué?: para mitigar la falta de cavidades naturales de nidificación, problema asociado a hábitats boscosos degradados.

La solicitud de diseño que nace desde el proyecto es: “diseño y construcción de casas anideras para lechuzas”.

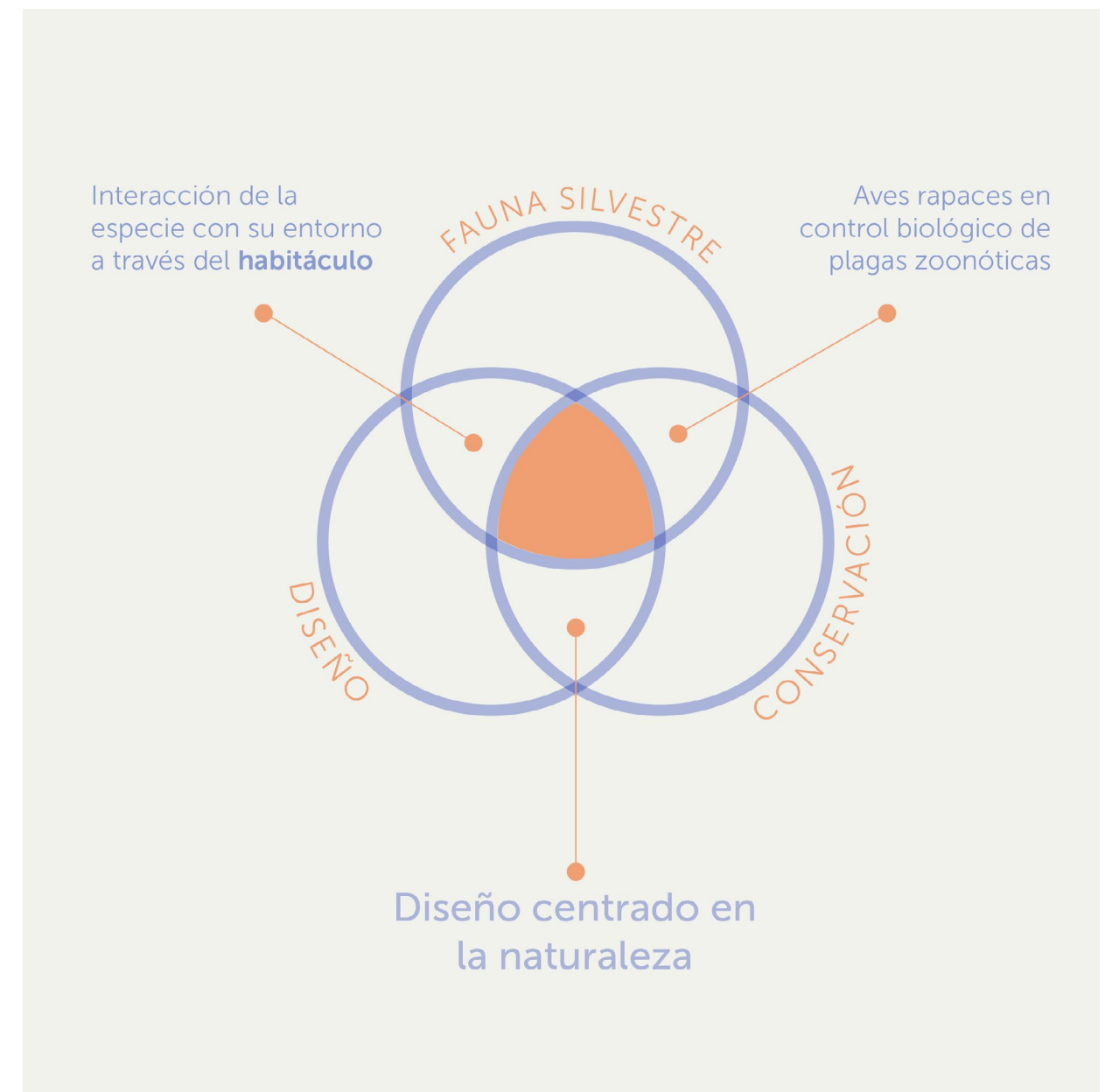
Para términos de esta investigación, esta solicitud se replantea a través del siguiente **encargo de diseño**:

Diseño de un habitáculo para una familia de lechuzas, de acuerdo con las condiciones naturales de nidificación, aplicado a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas en bosques degradados.

LIMITES DE LA INVESTIGACIÓN

Los ejes centrales de esta investigación (**figura 2**) son: fauna silvestre, conservación y diseño, los cuales convergen y delimitan la exploración en: aves rapaces en estrategias de control biológico de plagas, interacción de la especie con su entorno a través del habitáculo y el pensamiento de diseño centrado en la naturaleza.

Figura 2. Ejes de la investigación



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL DE PROYECTO:

Diseño de un refugio alternativo para lechuzas, que mitigue la falta de cavidades naturales de nidificación en áreas boscosas degradadas, aplicado a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas, mediante el pensamiento de diseño centrado en la naturaleza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE PROYECTO:

1. Contribuir a cerrar la brecha entre el pensamiento de diseño y los desafíos globales de conservación de la vida silvestre.
2. Desarrollar un refugio artificial que responda a los requerimientos de anidación de la lechuza, simulando las condiciones naturales de los sitios de nidificación en cavidades arbóreas.
3. Integrar la propuesta al ecosistema circundante, para reducir perturbaciones en la estética del paisaje natural.
4. Facilitar la implementación de refugios alternativos durante su fase de instalación y monitoreo.

OBJETIVO GENERAL DE PRODUCTO:

Proveer un **habitáculo** para lechuzas, que simule las condiciones naturales de nidificación en cavidades arbóreas, con el fin de mitigar los riesgos asociados a la etapa reproductiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE PRODUCTO:

1. Habilitar un espacio de anidación para una familia de hasta 8 lechuzas, seguro y aislado del exterior que entregue protección frente a las condiciones climáticas y la presencia de depredadores.
2. Habilitar un soporte a modo de percha que permita el aterrizaje y descanso de las lechuzas desde el interior del refugio.
3. Integrar un sistema de anclaje no invasivo para la sujeción del refugio al soporte arbóreo, que facilite y minimice los esfuerzos durante el proceso de instalación.
4. Optimizar el mantenimiento del refugio a través de un sistema de limpieza que permita deshacerse de la sedimentación de los residuos orgánicos de forma fácil y expedita.

METODOLOGÍA: DISEÑO PARA LA VIDA SILVESTRE

Glaucidium nana (chuncho) ◀
Crédito: Nicolás Cifuentes S.



DISEÑO PARA LA CONSERVACIÓN

La naturaleza posee una riqueza invaluable de diversidad biológica que hoy se encuentra en un estado de alta vulnerabilidad. Los ecosistemas y la vida silvestre que albergan están siendo amenazados por lamentables escenarios; crisis climática, deforestación, el uso y abuso del suelo, son solo algunas de las situaciones que están provocando la destrucción de nuestros ecosistemas.

La situación es apremiante y urge redirigir los esfuerzos en la implementación de iniciativas multisectoriales y multidisciplinarias con foco en la restauración y conservación de los hábitats naturales, para así proteger la biodiversidad que reside en ellos. Los problemas actuales de conservación de biodiversidad requieren aunar los esfuerzos de diversas disciplinas, comunidades locales y entidades tanto públicas como privadas en pro de diversificar los enfoques y combinar saberes para generar soluciones más integrales.

A pesar de que los conservacionistas manifiestan la necesidad de incluir a profesionales que no sean del área a este tipo de instancias, no se reconoce la necesidad de trabajar con diseñadores industriales ni existe mucha claridad de los beneficios que surgirían de esta colaboración. Lo interesante es, que la biología de la conservación ya utiliza y requiere de diversos equipos y productos que hoy se aplican en casi todas las iniciativas de conservación de vida silvestre. Los “productos de conservación” son objetos que se utilizan en la interacción con animales o para influir en sus interacciones con el entorno; pueden ser jaulas, equipos de monitoreo de fauna silvestre, para animales domésticos o aplicados en zoológicos, reservas naturales, planificaciones urbanas, entre otras. Podemos concluir que “la conservación de vida silvestre depende de productos como cajas de anidación, comederos, barreras y corredores, que tienen un componente diseñado que a menudo es pasado por alto”. (Root-Bernstein & Ladle, 2010, p. 1205).

Parte de las estrategias de conservación se enfocan en la restauración de los hábitats de la vida silvestre, en donde se pueden aplicar productos de diseño complementarios o independientes a pequeña escala, un ejemplo de ello, son las casas anideras, una herramienta muy utilizadas en este tipo de iniciativas que otorga sitios de nidificación alternativos, por lo general con el objetivo de mitigar la falta de nidos naturales o aumentar la densidad poblacional de una especie determinada (Root-Bernstein & Ladle, 2010).

Entonces, ¿cuál o cuáles son los beneficios que pueden surgir de la colaboración de diseñadores industriales en iniciativas y estrategias de conservación de la vida silvestre? El diseñador puede contribuir mejorando propuestas de conservación existentes, adaptación de productos para que sean aplicados a otros contextos o especies, favorecer la integración de especies no humanas en áreas intervenidas y contribuir en la disminución de conflictos entre humanos y vida silvestre. También se debe considerar que no todas las intervenciones de conservación necesitan soluciones de diseño técnico (Root-Bernstein & Ladle, 2010).

En esta misma línea, se sostiene que, “el diseño de productos para la conservación, y por lo tanto su funcionalidad, efectividad y valor, puede ser mejorado mediante la colaboración con diseñadores industriales”. En concreto, “mejoramiento de la calidad y valor del producto, innovación y mejoramiento de la funcionalidad de los productos, armonización de los productos de conservación con los valores locales y desarrollo de un enfoque de biomimesis psicológica en el diseño” son algunos de los beneficios que pueden surgir de la colaboración entre diseñadores y conservacionistas (Root-Bernstein & Ladle, 2010, p. 1205).

El diseñador puede actuar siendo dinamizador del pensamiento, mediador de soluciones múltiples e integrador de diversas perspectivas, necesidades y expectativas. Un diseñador puede

coordinar la exploración, es decir, coordinar y encontrar puntos en común entre lo técnico, lo ecológico y lo contextual, facilitando el diálogo entre las diversas disciplinas involucradas (Sánchez Ruano, 2020).

Se espera que esta investigación sea un ejemplo de cómo el diseño cuenta con herramientas y métodos que pueden ser útiles en la comprensión y traducción de los requerimientos de la vida silvestre, decodificando e interpretando los complejos sistemas presentes en la naturaleza. Aún no contando con el conocimiento experto y específico del área, la gama de saberes, habilidades y herramientas con las que cuenta el profesional de esta disciplina, pueden ser de gran apoyo en propuestas y estrategias para la conservación, en la búsqueda de soluciones más efectivas, conscientes e integrales.

Finalmente, y de forma transversal, esta investigación tiene como propósito contribuir a cerrar la brecha entre el pensamiento de diseño y los desafíos globales de la conservación de la vida silvestre, instando a la participación de más diseñadores a colaborar en este tipo de iniciativas. Del mismo modo, se invita a investigadores y conservacionistas, a que descubran el potencial de involucrar a diseñadores en el desarrollo de soluciones para la conservación.

DISEÑO CENTRADO EN LA NATURALEZA

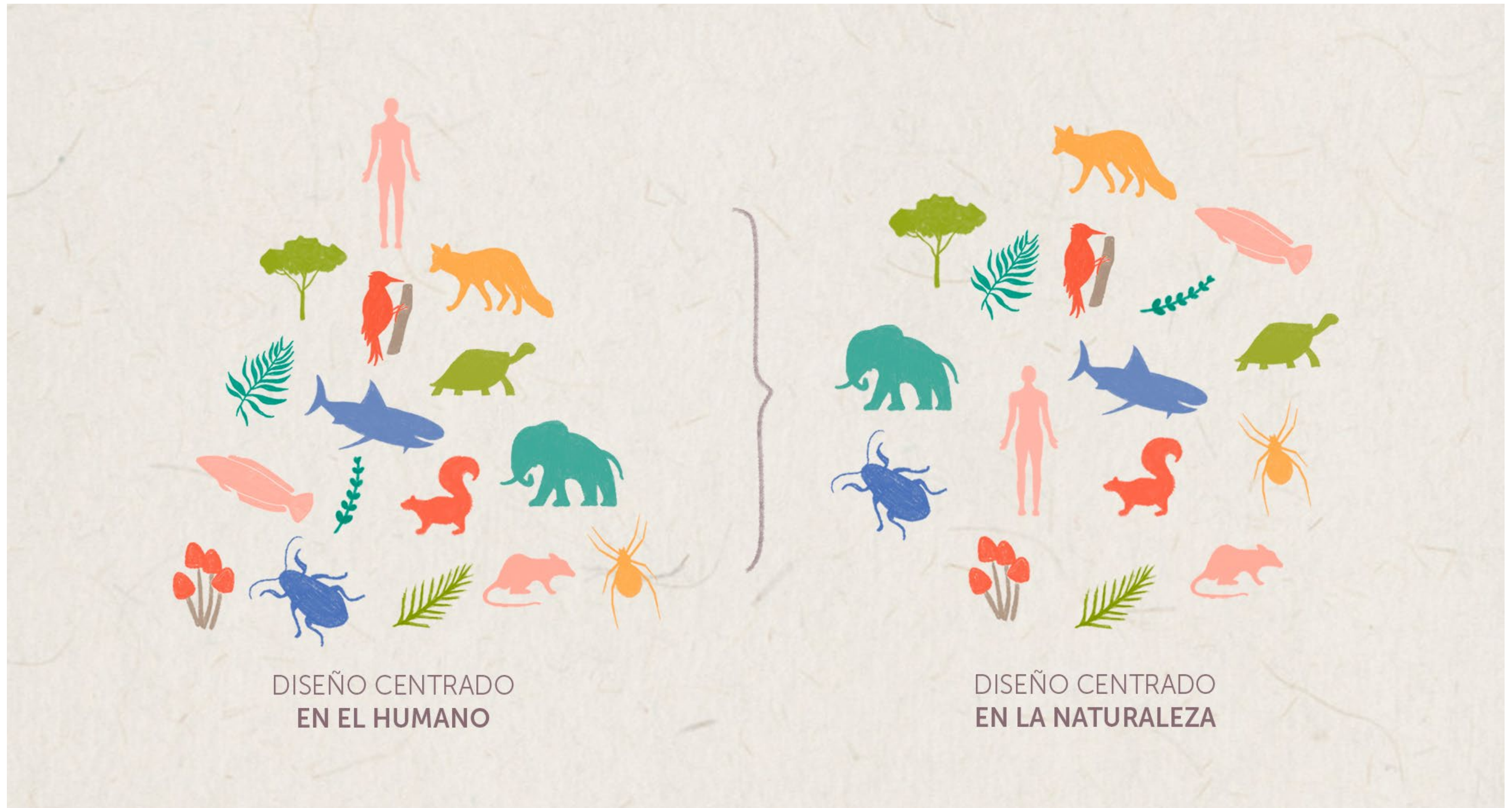
El enfoque tradicional del pensamiento de diseño pone en el centro las necesidades y requerimientos del ser humano y muchas veces sus aplicaciones consideran métodos, procesos, y tecnologías que terminan replicando los mismos problemas que se intentan atender (Sánchez Ruano, 2020).

La influencia de la ecología se ha venido manifestando en el diseño desde el siglo pasado, y han aparecido nuevas perspectivas con énfasis en la naturaleza, como la “economía circular” o el “diseño biomimético” (inspirado en la naturaleza). Con el tiempo el diseño ha ido asentando cada vez más la búsqueda de integrar las necesidades de la vida silvestre y sus ecosistemas en la solución de los problemas globales, es así como se ha ido estableciendo un nuevo pensamiento de diseño, hablamos del diseño centrado en la naturaleza o también conocido como “Ecological design thinking” (Sánchez Ruano, 2020).

El diseño centrado en la naturaleza es una adaptación del pensamiento de “diseño centrado en el ser humano” (**figura 3**), también conocido como diseño centrado en el usuario o diseño para la usabilidad (en inglés conocido por sus siglas HCD, human centered design). El diseño centrado en el ser humano se gesta a principios de la década de 1970, el cual, en ese momento significaba un replanteamiento bastante innovador que venía a cambiar el enfoque de “diseño centrado en la ingeniería” (Tarazi et al., 2019).

El diseño centrado en el ser humano muchas veces pasa por alto requerimientos ambientales y de actores no humanos en el proceso de diseño, omitiendo el impacto de nuestras propuestas en las partes no humanas. Es aquí donde el diseño centrado en la naturaleza pone la pieza faltante, buscando involucrar las necesidades, limitaciones y preferencias de las partes interesadas tanto humanas como no humanas en el abordaje de las problemáticas (Sznal, 2020).

Las necesidades globales se encuentran transformándose constantemente y con ello las metodologías y herramientas de diseño también van buscando nuevos horizontes, en donde el replanteamiento del pensamiento de diseño centrado en el ser humano en la situación actual global de crisis climática resulta una gran contribución. El diseño centrado en la naturaleza se adapta y responde mejor a nuestro actual contexto ambiental, social y tecnológico.



▲
Figura 3. Diseño centrado en la naturaleza; iteración del diseño centrado en el humano. Adaptado de *unpacking.design*, (2020). Elaboración propia.



La propuesta del diseño centrado en la naturaleza apunta a una alianza entre diseño y ecología, una relación que busca desde la colectividad y la empatía dar respuesta a las problemáticas globales actuales, redescubriendo y reconectando con la naturaleza, esto es, un enfoque de diseño donde las necesidades de todos los seres vivos importan por igual. (Sánchez Ruano, 2019; Tarazi et al., 2019). Esta metodología resulta ideal para los diseñadores que desean involucrarse en estrategias de conservación para la vida silvestre.

PROCESO DE DISEÑO SIMBIÓTICO

¿Cómo diseñamos para la vida silvestre? La clave está en la comprensión de la naturaleza como fuente de inspiración; cultivar nuestra capacidad de decodificar el lenguaje de la naturaleza implica sumergirse en ella, sentir, observar y pertenecer. El conocimiento que emerge de la contemplación es el instrumento más significativo que guiará la implementación creativa de los principios biológicos en el desarrollo de nuestras propuestas (Sánchez Ruano, 2020).

Esta investigación integra la observación e inmersión de la naturaleza en todas sus etapas, con énfasis en el trabajo de campo, la exploración en terreno, el vínculo con las comunidades locales y el vínculo con la vida silvestre. El desafío de volver a mirar un territorio conocido, pero ahora desde una perspectiva de diseño.

Para términos de esta investigación consideraremos la metodología de (figura 4) “proceso de diseño simbiótico” [The Symbiotic Design Process (SDP)], con enfoque en el pensamiento centrado en la naturaleza, que Sánchez Ruano (2020) nos presenta en Ecological Design Thinking for the 21st Century, la que consiste en: reconocer, redescubrir y reflexionar con la naturaleza a través del proceso de pensamiento de diseño. El “proceso de diseño simbiótico”, integra explícitamente el “Design Thinking” reinterpretándolo a través de tres conceptos, “reconocer, redescubrir y reflexionar” tomando como métodos de aplicación la biofilia, el biomimetismo y la resiliencia.

Esta metodología propone en a su fase inicial trabajar con la biofilia, esto es, la búsqueda y comprensión de las necesidades de la naturaleza desde la experiencia misma del sentir y contemplar, sumergirse para reconectar, desde aquí nacerá el “compromiso con la naturaleza”, y el entendimiento que nos permita accionar desde un escenario más consciente. En esta fase Sánchez Ruano (2020) nos dice que se activa la curiosidad y un “lente naturalista”, diseñar desde la experiencia “inmersiva y vivencial”, eso es el ser biofílico, afiliarse con la naturaleza.

Continuamos con la fase de redescubrir la naturaleza, aquí es cuando los detalles comienzan a emerger a través del estudio de patrones, ritmos, formas, en donde la naturaleza dicta un verdadero lenguaje, principal fuente de inspiración. Esto es el biomimetismo, un método de diseño que consulta y busca referencias en la naturaleza, no solo

Figura 4. Proceso de diseño simbiótico. Adaptado de Sánchez Ruano (2020). Elaboración propia.

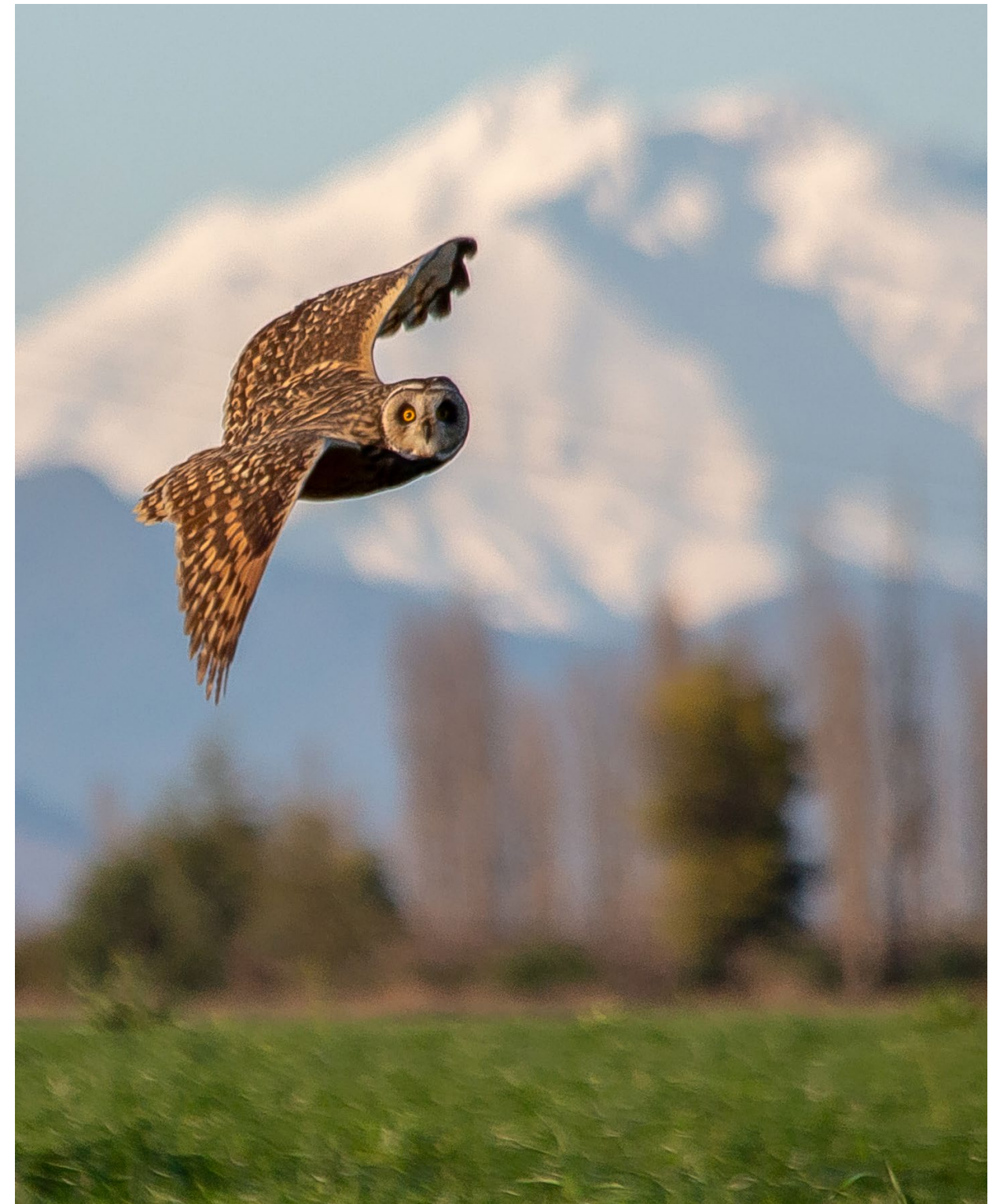


a un nivel estético sino también funcional. El diseñador abstrae conceptos, sistemas y formas de la naturaleza y los aplica en el proceso de diseño a través de la “imitación consciente” (Sánchez Ruano, 2020).

La tercera y última etapa nos invita a reflexionar sobre las implicancias de nuestras decisiones de diseño a través de la resiliencia como estrategia de evaluación y pronóstico del impacto de nuestras propuestas, para resultar en un diseño más consciente, autocrítico y con significado. Ser un pensador resiliente es crear proyectando y visualizando el futuro (Sánchez Ruano, 2020).

Esta es la “meta-metodología” que nos propone Sánchez Ruano (2020) en donde el pensamiento de diseño ecológico converge y diverge, a través de distintos métodos y herramientas, una propuesta de simbiosis entre naturaleza y diseño, diseñar para y con la naturaleza.

La invitación es a seguir reflexionando y cuestionando las metodologías de diseño y sus implicancias, ampliando la visión antropocéntrica para crear nuevas formas de abordar las problemáticas globales. El diseño centrado en la naturaleza explora la creación de propuestas de diseño integrando las necesidades de la diversidad biológica y cultural en la búsqueda de consolidar una nueva ética de diseño que contribuya en el camino hacia una coexistencia más armoniosa entre humanos y vida silvestre.



▲
Asio flammeus (nuco)
▶ **Crédito:** Álvaro Castillo H.





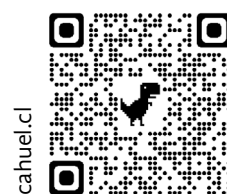
Asio flammeus (nuco)
Crédito: Álvaro Castillo H.

II. ANTECEDENTES

Ecorregión de Nahuelbuta

*"La eterna lucha del bosque nativo
contra los monocultivos".*
Nahuelbuta, Angol. (Otoño, 2020)

Crédito: Marcelo Cárcamo V. ◀



CORDILLERA DE NAHUELUTA: HOTSPOT DE BIODIVERSIDAD

Una ecorregión terrestre se define como una unidad grande de tierra que contiene un conjunto geográficamente distintivo de especies, comunidades naturales y condiciones ambientales (Olson & Dinerstein, 1998). Los límites de una ecorregión no son fijos, debido a que incorporan procesos ecológicos y evolutivos importantes que interactúan entre sí. La clasificación de la tierra como ecorregión es utilizado en iniciativas de conservación, debido a que brindan un marco ecológico, sin considerar las fronteras político-administrativas.

En el centro-sur de Chile y zonas fronterizas del sudoeste de Argentina, se extiende la ecorregión Valdiviana, también llamada Ecorregión del bosque valdiviano, un tesoro de inigualable riqueza natural que en Chile se distribuye desde la Región del Maule hasta la Región de Aysén, abarcando aproximadamente 300.000 km². Este corresponde al único bosque templado lluvioso de Sudamérica, y el tercero más grande del mundo.

El bosque templado lluvioso valdiviano corresponde a uno de los 34 hotspots o “puntos calientes” de biodiversidad con prioridad de conservación. Un hotspot se define como una región en donde se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas (equivalente a un 0,5 por ciento del total de plantas vasculares del mundo), una alta proporción de vertebrados endémicos y un lugar donde el hábitat original ha sido fuertemente impactado por actividades humanas (Arroyo et al., 2006). Esto resulta paradójico, al ser un hotspot, un ecosistema que presenta alta vulnerabilidad y amenazas, pero que, al mismo tiempo, es único en cuanto a la biodiversidad que habita únicamente ahí. Hoy en día, la superficie original de los “puntos calientes” se ha reducido notablemente, por lo que urge generar iniciativas dirigidas a su protección.

Dentro de la Ecorregión Valdiviana, se ubica la Cordillera de Nahuelbuta (del mapuzungun *nawelfüta* = “jaguar grande”), un extenso tramo de 190 km de largo de la Cordillera de la Costa (37°11'-38°45'S), el cual se extiende de norte a sur desde el río Biobío hasta el río Imperial. Esta cadena montañosa es una zona con los más altos niveles de biodiversidad y endemismos de la Cordillera de la Costa, que, a su vez, ha sufrido grandes afectaciones ambientales, y cuenta con escasa protección de los ecosistemas nativos (Wolodarsky-Franke & Diaz Herrera, 2011).

La Cordillera de la Costa, al ser mucho más antigua que la Cordillera de Los Andes, y en particular la Cordillera de Nahuelbuta, sirvió de refugio durante el último máximo glacial para la mayoría de las especies que se encuentran actualmente en el bosque templado lluvioso chileno (Villagrán & Armesto, 2005). La Cordillera de Nahuelbuta actúa como un biombo climático, recibiendo los vientos provenientes del pacífico, provocando condiciones climáticas y de relieve que han propiciado que se genere un refugio para la biodiversidad. Al respecto, Christian Romero (Botánico - Fundación Nahuelbuta), señala que Nahuelbuta “es un territorio donde se guarda el material genético de casi todo el centro sur de Chile. Aquí hay una reserva de biodiversidad increíble donde encuentras la mayoría de las especies que se encuentran hacia el norte y hacia el sur del país” (Diaz Levi, 2021).

La gran riqueza de especies de Nahuelbuta se asocia además por el ecosistema ecotonal que presenta, donde los bosques deciduos y matorrales que caracterizan la zona mediterránea convergen con la vegetación siempreverde del bosque valdiviano. Estas características han provocado un alto endemismo, incluyendo especies que solo se presentan en Nahuelbuta, como el sapo de Bullock (*Telmatobufo bullocki*) y la parrilla falsa de Nahuelbuta (*Ribes integrifolium*), además de otras especies icónicas, como el pewen (*Araucaria araucana*) y el zorro de Darwin (*Lycalopex fulvipes*), que tiene en Nahuelbuta sus poblaciones costeras más al norte. Todas estas especies se encuentran en alguna categoría de conservación, debido a su distribución restringida y a las amenazas que las rodean.



▲
Araucaria araucana. Cordillera de Nahuelbuta (iniverno, 2021)
Crédito: Álvaro Gallegos M.

▶ araukoindomito



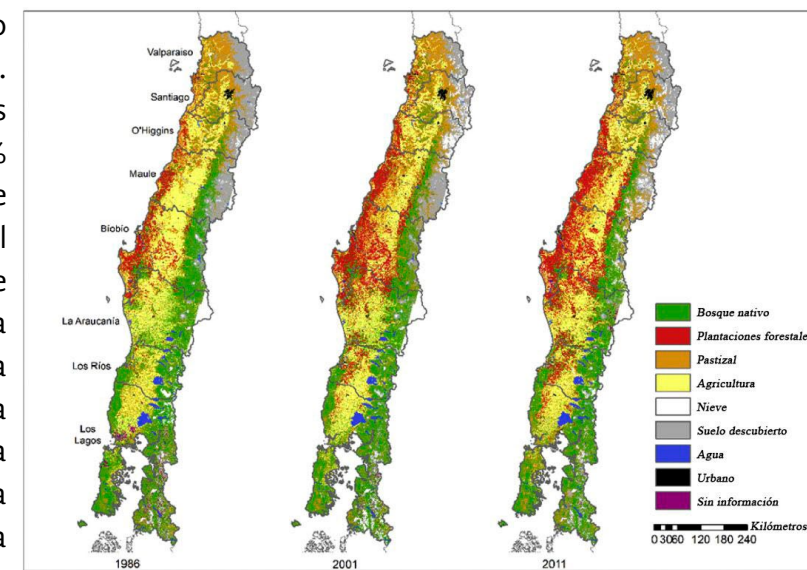
Existen agrupaciones locales que prefieren tratar la Cordillera de Nahuelbuta como una ecorregión, acotando los límites de la ecorregión valdiviana, y generando un espacio de acción más allá de los límites administrativos, en este caso, vinculando a las regiones del Biobío y La Araucanía. De esta manera, se trabaja uniendo un contexto ecológico y socioeconómico en común, con problemáticas similares, principalmente las asociadas al monocultivo forestal.

ZONA DE SACRIFICIO: MODELO FORESTAL EXTRACTIVISTA

Históricamente, las actividades humanas han sido la principal causa de la degradación de los ecosistemas. Los bosques de la Cordillera de Nahuelbuta, al igual que muchos otros del centro y sur de Chile, en su mayoría han sido reemplazados, en un comienzo para la habilitación de terrenos agrícolas y luego para el establecimiento de monocultivos forestales con especies arbóreas de rápido crecimiento, principalmente pinos y eucaliptos.

La industria forestal ha sido el principal factor de pérdida de bosque nativo en el centro-sur de Chile, sobre todo en el área de mayor riqueza de especies. Miranda et al. (2016) exponen que entre los años 1973-2011 hubo una pérdida del 19% (782.120 ha) de bosque nativo en el hotspot de biodiversidad (**Figura 5**), demostrando que el modelo forestal chileno no ha sido compatible con la conservación. Particularmente para Nahuelbuta, estimaciones señalan que la pérdida de la vegetación natural original ha sido más del 70%. Entre los años 1986 y 2011 la pérdida total del bosque nativo de Nahuelbuta fue de un 33% (**Figura 6**), correspondiente a 68.430 ha (Otavo & Echeverría, 2017).

▼
Figura 5. Mapa de usos de suelo en Chile entre 1986, 2001 y 2011 (Heilmayr et al. 2016).



Mapa de los usos de suelo zona centro-sur de Chile

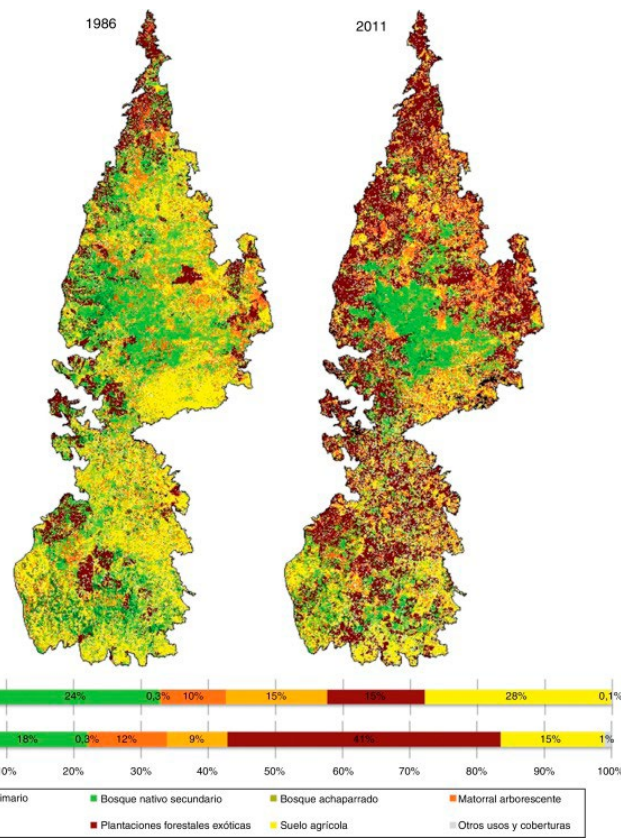


Figura 6. Variación espacio-temporal y porcentaje del área ocupada por tipos de cobertura de suelo en 1986 y 2011 en la cordillera de Nahuelbuta (Otavo y Echeverría, 2017).

De las aproximadas 583.000 ha que posee la Cordillera de Nahuelbuta, hoy en día los bosques nativos corresponden solamente a 180.000 ha, en un paisaje con alta fragmentación, y reducida presencia de bosques nativos maduros. Las plantaciones forestales ocupan aproximadamente el 45% de la Cordillera de Nahuelbuta, lo cual la ha llevado a ser llamada una “zona de sacrificio ambiental”, es decir, un espacio geográfico en donde se concentra una actividad industrial que provoca graves consecuencias al medioambiente y a la salud y calidad de vida de las personas.

En el territorio de Nahuelbuta se vive una catástrofe ambiental y social, en donde la explotación forestal ha sido la mayor amenaza. En la actividad forestal se utilizan métodos que contribuyen al deterioro del suelo (erosión) y que disminuyen la calidad de los cursos de aguas, como la tala rasa. Esta situación además ha influido en la disminución de la calidad de vida de la población, ya que en las comunas donde han

incrementado las plantaciones forestales, la pobreza y desigualdad de ingresos también ha aumentado (Hofflinger et al., 2021). Las comunas de la provincia de Malleco dependen del rubro forestal para subsistir, por lo que los trabajos están monopolizados y las supuestas oportunidades de empleo y prosperidad que generan las empresas forestales no existen en la práctica. Esto se suma a la degradación y contaminación de los ecosistemas, lo que lamentablemente lleva a la conclusión de que la situación en Nahuelbuta se corresponde con la de una zona de sacrificio ambiental.

La situación se complejiza más, al considerar la cantidad de superficie de bosques nativos protegidos. En relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNASPE), es necesario mencionar que en Nahuelbuta únicamente existen dos áreas protegidas: el Monumento Natural Contulmo (82 ha) y el Parque Nacional Nahuelbuta (6.832 ha), las que en conjunto representan el 3,5% de los bosques nativos

de esta cordillera (CONAF – Corporación Nacional Forestal, 2011). Esta superficie es insuficiente para la conservación de la biodiversidad, más aún en un paisaje fragmentado y con una extensa matriz forestal, en donde los parches de bosque nativo son un verdadero tesoro.

Las amenazas para la conservación de la biodiversidad y calidad de los ecosistemas presentes en Nahuelbuta son variadas y de diversa escala. Las actividades productivas extractivistas como las plantaciones forestales y agrícolas abarcan extensas superficies, sin embargo, también encontramos la ganadería no regulada por parte de propietarios rurales, la presencia de especies exóticas y animales domésticos, la tala ilegal de bosque nativo, entre otras.

En este contexto de históricos cambios y constante degradación urge encontrar oportunidades para la conservación de la biodiversidad y sus ecosistemas. Estas oportunidades deben basarse en una cooperación entre quienes habitan el territorio, potenciando el intercambio de conocimiento y experiencias, para generar un trabajo más vinculante con la comunidad científica e instituciones públicas. Conocer las características y el estado de los ecosistemas es clave para generar un diagnóstico y pensar en las acciones más concretas: restauración de bosques y cuencas, y la generación de programas de gestión y manejo de los bienes naturales.

Estas acciones deben enfocarse también en mantener la salud de los ecosistemas, la cual está en estrecha relación y de la cual depende la salud humana, lo cual ha quedado en evidencia en este contexto de pandemia. El virus SARS-Cov-2 que provocó la enfermedad Covid-19, es una epidemia zoonótica, es decir, que provino de una especie animal que fue transmitida a los seres humanos. El origen de este tipo de virus tiene estrecha relación con la degradación ambiental, en donde la explotación de los bienes naturales para responder a demandas del mercado hace más frecuentes las interacciones entre seres humanos y animales que portan virus potencialmente dañinos para las personas. Es importante considerar que los cambios de uso de suelo y las malas prácticas agrícolas y forestales que han intervenido los ecosistemas son un riesgo para la salud humana.

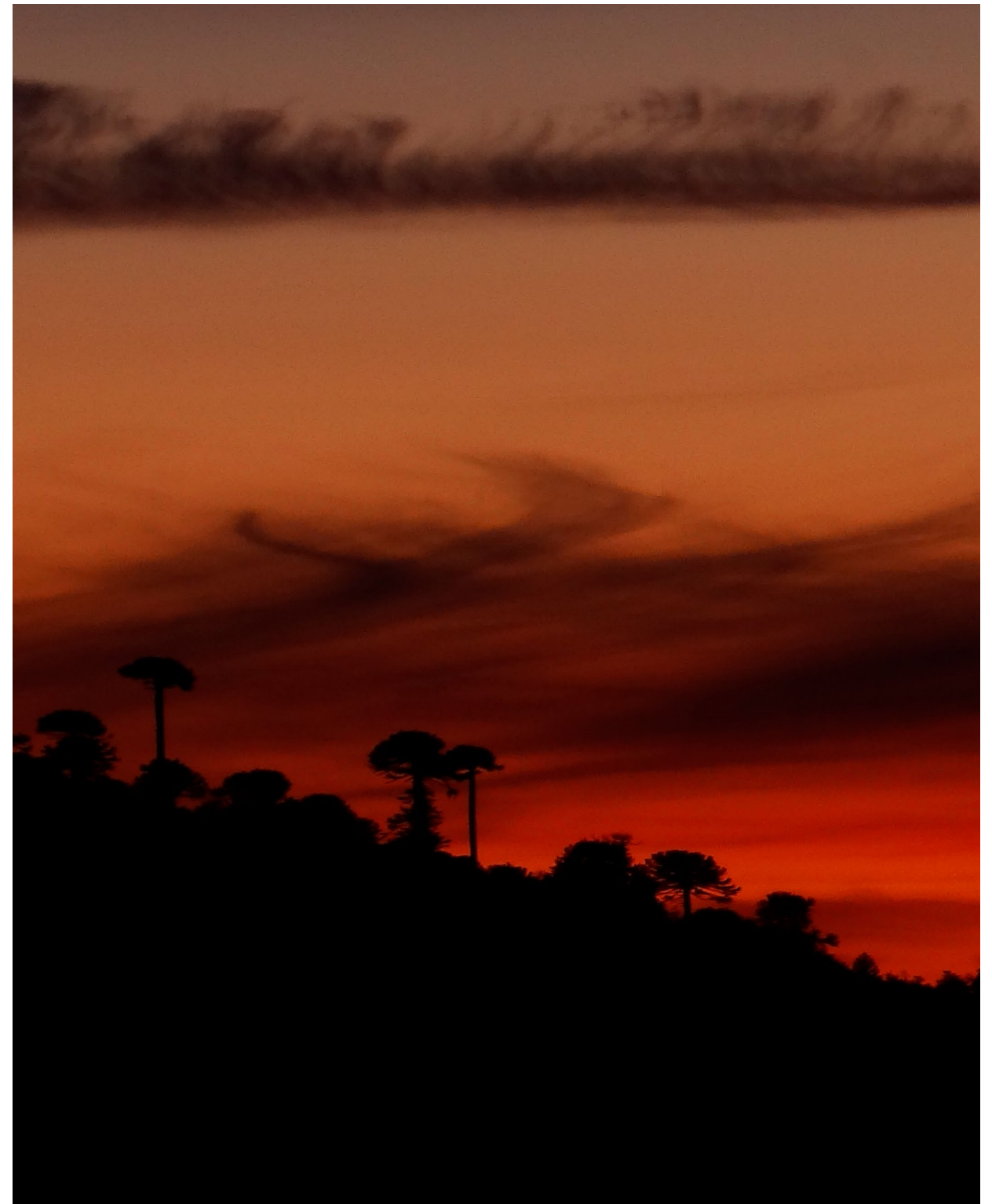


▲
"Paisaje del despojo en Nahuelbuta"
Crédito: Roberto Larregla M.

El territorio de Nahuelbuta presenta profundos impactos socioambientales provocados por la industria extractivista forestal, en donde ha sido complejo levantar iniciativas de conservación, protección y restauración de los ecosistemas, con escaso apoyo gubernamental. Nahuelbuta presenta una gran riqueza natural y cultural, resultando paradójico que no se realicen esfuerzos concretos y a largo plazo para recuperar el flujo de servicios ecosistémicos y el hábitat natural. Este territorio no debe concebirse como una zona de extracción primaria, debido a que los “recursos” naturales se agotan y depredan a una tasa que no permite su regeneración natural.

Las especies nativas y endémicas de Nahuelbuta dependen de la calidad de los ecosistemas en los cuales habitan, por lo que el reemplazo y degradación de los bosques amenazan su continuidad, lo que se traduce en un alto riesgo de extinción. Si se continúa con las prácticas obsoletas del actual modelo forestal, muchas especies podrían extinguirse. Urge concientizar sobre la fragmentación y disminución de los ecosistemas nativos, y generar acciones concretas de educación ambiental a la comunidad local.

Las acciones institucionales y gubernamentales no han sido constantes, sino al contrario, por un lado, aseguran un compromiso ambiental, y al mismo tiempo permiten prácticas extractivistas. En ámbitos de conservación y restauración de bosques, el gobierno ha tenido escasas iniciativas, y es aquí donde toma absoluta relevancia el trabajo generado por la articulación de actores locales y la conformación de organizaciones que tienen un impacto más directo y aplicado en el territorio. En Nahuelbuta hay organizaciones que están trabajando en el porvenir de los ecosistemas, tanto en la provincia de Arauco como de Malleco, y una de ellas es la iniciativa Quilantún Ciencia Ciudadana, de la Fundación Ética en Los Bosques.

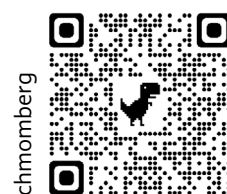


▲
Atardecer en Parque Nacional Nahuelbuta (2014).
▶
Crédito: Christian Romero M.



Estrategia de control biológico de plagas

Tyto furcata (lechuza) ◀
Crédito: Chris Momberg



chmomberg



¿QUÉ ES EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS?

Resulta necesario comenzar este apartado respondiendo a la siguiente pregunta ¿qué es una plaga? o, mejor dicho, ¿por qué se llega a considerar una especie como plaga? “Una especie se considera plaga cuando obstaculiza las actividades del ser humano y su impacto estará en directa relación con el daño causado”, por lo que, “un control de la plaga es un control del daño” (Muñoz-Pedreros et al., 2019, p.448). Entonces “el control biológico es un tipo de control de plagas que considera a un agente biológico como mecanismo de control de las poblaciones generadores del daño” (Muñoz-Pedreros et al., 2019, p.450), es decir, la especie plaga se “controla” regulando el número poblacional de ésta antes de que se convierta en dañino, es importante aclarar que el “control” en ningún caso implica la erradicación total de la especie. (Muñoz-Pedreros et al., 2019; Rivas F. & Figueroa R., 2009)

Los ecosistemas se encuentran constantemente en “procesos dinámicos naturales de autorregulación”, es decir, buscando un estado de equilibrio de forma continua, en este sentido, una especie que se convierte en plaga se traduce como un “desequilibrio” del estado natural del ecosistema, muchas veces resultado de factores antrópicos que alteran o rompen con estos mecanismos de autorregulación de la naturaleza, ejemplo de esto es, la introducción de especies a ecosistemas que no son sus originales, lo que fácilmente puede derivar en aumentos poblacionales, por ello la especies introducidas en una determinada zona generalmente tienden a convertirse en especie plaga, también conocidas como “especies invasoras”, esto sucede porque han sido desplazadas a otro nicho ecológico en donde no existe un mecanismo natural que las regule (Figueroa Rojas et al., 2001).

Las plagas pueden ser clasificadas en “plagas silvoagropecuarias”, alusivo a algunos roedores y lagomorfos que pueden afectar

agroecosistemas, plantaciones forestales, cultivos, cosechas, graneros, silos y depósitos de alimentos, así como también tenemos las “plagas zoonóticas”, que refiere principalmente a roedores que contribuyen al contagio de algunas enfermedades a animales domésticos y humanos, un ejemplo de plaga zoonótica es el *O. longicaudatus*, reservorio y transmisor del Hantavirus (Muñoz-Pedreros et al., 2019).

Entonces, el control biológico “se basa en interacciones bióticas entre las plagas y sus enemigos naturales, ya sean depredadores, parasitoides o entomopatógenos” (Díaz, 2015, p.1), es decir, el control biológico no es más que un mecanismo natural de la regulación de las especies por sus enemigos naturales (Iriarte et al., 2019). Existen distintas estrategias de control de biológico, en esta investigación queremos destacar el “control biológico por conservación”, que consiste en “la modificación del ambiente para proveer hábitat y recursos que favorezca el establecimiento temprano y el desarrollo de enemigos naturales endémicos” (Díaz, 2015, p.1), por lo que, estamos hablando de un método sustentable y de bajo impacto para los humanos, la biodiversidad y los ecosistemas, que se basa en potenciar las dinámicas naturales, y el cual puede resultar absolutamente eficiente como método preventivo en el manejo integral de plagas. Es importante destacar que para llevar a cabo este tipo de estrategias se necesita vasto

Falco sparverius cinnamominus
(cernicalo)

Crédito: Daniel Rivera C.



conocimiento sobre la bioecología de las especies que participarán de esta interacción, tanto de las plagas como de sus enemigos naturales, así como también de sus nichos ecológicos (Díaz, 2015; Iriarte et al., 2019).

Una de estas interacciones establecidas en la naturaleza, base de la cadena alimenticia, es la relación “predador-presa” que se explicará a lo largo del capítulo. En los siguientes apartados también se definirán las ventajas de promover y educar sobre esta alternativa de control de plagas por sobre los métodos convencionales, con beneficios tanto para los humanos, el ecosistema y su biodiversidad.

HANTAVIRUS: EL CASO DEL RATÓN COLILARGO

El Hantavirus es un virus de origen zoonótico; “las zoonosis son enfermedades o infecciones causadas por todo tipo de agentes etiológicos (bacterias, parásitos, hongos, virus y agentes no convencionales) transmisibles desde animales vertebrados a humanos y viceversa” (Reyes et al., 2019, p.599). En el último tiempo nos hemos enfrentado como humanidad a diferentes zoonosis, debido a la distribución que han alcanzando estos agentes etiológicos que van emergiendo en nuevas zonas, e incluso reemergiendo en áreas donde ya habían sido erradicadas (Reyes et al., 2019), sin ir más lejos, la actual situación global pandémica que estamos enfrentando con el virus COVID-19.

El escenario que propicia las enfermedades zoonóticas se ha hecho más evidente este último tiempo, desde el enfoque ecosistémico se plantea una relación intrínseca entre salud humana y salud ambiental. Existen múltiples escenarios que han permitido que estos agentes zoonóticos vayan adaptando y conquistando nuevas fronteras,

mutando y trasladándose a nuevos hospedadores, alguno de estos son, silvicultura y agricultura intensiva, modelo extractivista, la tecnología, urbanización, domesticación, expansión del comercio internacional y el desarrollo económico, contaminación del suelo y del agua, viajes, entre otros escenarios que van definiendo nuevas formas de relacionarlos e interactuar con la vida silvestre. Son nuestros nuevos hábitos, conductas, y modos de vida, en general se trata de nuestras “inequitativas relaciones de poder sobre la naturaleza” lo que va propiciando la aparición, persistencia y exposición a las enfermedades zoonóticas (Acero-Aguilar, 2016; Murua & Padula, 2004; Reyes et al., 2019).

Se estima que a nivel mundial 65% de las enfermedades que afectan a los humanos tiene un origen zoonótico, de las cuales un 43,6% tiene distribución mundial, algunas de estas tienen gran impacto en la población, donde destacan 13 enfermedades que provocan más de 2.400 millones de casos en humanos, de los cuales 2,2 millones terminan en muerte. Entre estas podemos destacar la rabia, la hepatitis E, el ántrax y la leptospirosis (Reyes et al., 2019).

La mayoría de los agentes etiológicos necesitan de un reservorio silvestre para persistir en un área determinada (Reyes et al., 2019), estos agentes se encuentran en un “estado de equilibrio” en lo que a sus huéspedes silvestres respecta, el desequilibrio ocurre cuando los virus son transmitidos a los humanos, los que nos convertimos en “huéspedes accidentales” (Murua & Padula, 2004). Los mecanismos de transmisión de un agente de carácter zoonótico a los humanos son: contacto directo, es decir a través de la ingesta o inhalación, por un vector intermediario, mordeduras o por una combinación de alguna de ellas (Reyes et al., 2019).

En Chile encontramos cuatro principales enfermedades zoonóticas, que tienen mayor incidencia en la mortalidad de la población, estas son: hidatidosis, leptospirosis, enfermedad de chagas y, por último, a la que esta investigación hace referencia, hantavirosis. (Reyes et al., 2019)

El virus Hanta es un agente etiológico que provoca el síndrome cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH) en los humanos, unas de las enfermedades endémicas de carácter zoonótico presentes en nuestro país. Esta situación se vuelve aún más compleja cuando existen aumentos desmedidos de poblaciones de roedores, periodos de tiempo en donde el patógeno puede derivar en una situación epidémica. (Holz & Palma, 2012; Murua & Padula, 2004; Reyes et al., 2019)

“Los hantavirus (género Hantavirus, familia *Bunyaviridae*) son un grupo de virus con diferentes antígenos, transportados por roedores y animales insectívoros, de los cuales se han identificado al menos 20 variantes, las que pueden causar una enfermedad leve, moderada o grave” (Reyes et al., 2019, p.604). Mayoritariamente los huéspedes que portan este virus son roedores; en Chile el principal hospedador y reservorio es el roedor silvestre *Oligoryzomys longicaudatus*, también conocido como el ratón colilargo, en el cual se produce una “infección crónica con viremia persistente y asintomática, eliminando el virus por la orina, saliva y excretas” (Reyes et al., 2019, p.604), es decir, no se ha comprobado que el virus provoque un efecto perjudicial en sus huéspedes silvestres (Murua & Padula, 2004). Existen otras especies de roedores silvestres en Chile que son también huéspedes vectores del virus y que pueden coexistir con el reservorio en el mismo hábitat, pero es el colilargo, el único que tiene la capacidad de transmitir el virus a los humanos (Murua & Padula, 2004).

Esta enfermedad descrita como “endémica”, se ha registrado en Chile de forma oficial, desde mediados de la década de los 90, pero ya existen estudios que han comparado la presencia de anticuerpos contra el hantavirus en pacientes desde el año 1975, en donde se han descritos entre los años 1995 y 2012, un total de 765 casos de SCPH (Reyes et al., 2019). Durante el 2020 se confirmaron 30 casos de contagios, de los cuales 12 fallecieron, con una tasa de letalidad del 40%; de estos, 67% de los contagios adquirieron el virus por residir en una zona rural (MINSAL, 2019). Siendo las zonas de mayor

y continuo riesgo entre la región de O'Higgins y Aysén, es decir en el centro-sur y sur de Chile (Reyes et al., 2019), estas regiones son también los espacios en donde encontramos la quila.

Las características del hábitat, estructura del paisaje y composición vegetativa, son determinantes en la abundancia poblacional y estructura demográfica (edad y sexo) de los roedores (Murua & Padula, 2004), en donde “la variación en el riesgo que se observa año a año parece estar más asociada a características efímeras del paisaje que afectan a la población reservorios más que la propia vegetación del lugar” (Murua & Padula, 2004, p.9). Existen dos escenarios que explican la existencia de zonas de riesgo más pronunciadas y específicas del virus, por una parte es que se ha demostrado que más del 50% de las infecciones por hantavirus corresponde a zonas asociadas a faenas agrícolas y a la ruralidad, y por otro lado, los casos de SCPH son más numerosos en áreas donde existe aumento poblacional desmedido de roedores asociada a la alta disponibilidad de alimento tras el florecimiento de la gramínea del género *Chusquea* (Reyes et al., 2019).

Unas de las floraciones más importantes de las cuales hay registro, se produjo durante el año 1994, durante este episodio se registró un valor máximo de 51 millones de semillas por hectárea, lo que desencadenó a su vez que las poblaciones del ratón de colilargo aumentarían en 14 veces con respecto a los años sin semilla de quila, esto es, 172 roedores por hectárea (ind/ha), en donde el *O. longicaudatus* representó del 83% al 91% del total de los roedores (Iriarte et al., 2019; Muñoz-Pedreros et al., 2019).

Para entender mejor las implicancias asociadas a la semillación masiva de la quila, se mencionan algunos aspectos biológicos y ecológicos del colilargo. El colilargo es un roedor nativo de Chile perteneciente a la familia de los *Sigmodontinos*, que se distribuye en diversos hábitats entre la Región de Atacama y la Región de Magallanes, preferentemente en bosques templados y bosques patagónicos, asociado a áreas boscosas, matorrales, quilantales, y praderas. Es

una especie granívora de hábitos nocturnos y diurnos-crepusculares que se caracteriza por su amplio ámbito de hogar y gran capacidad para desplazarse; su dieta se compone principalmente de granos, por ello sus aumentos poblacionales están asociados a los años con mayor producción de semillas de quila (Holz & Palma, 2012; Muñoz-Pedrerros et al., 2019).

Este último escenario de la semillación de la quila puede desatar que en algunas temporadas la enfermedad se vuelva una situación epidémica. Este fenómeno de semillación masiva tiene implicaciones graves en la salud de los humanos, principalmente en la población que se encuentra en estas áreas donde la distribución del riesgo de contagio es mayor; ante esta urgencia sanitaria se hace imprescindible dirigir los esfuerzos en estrategias de prevención y control de estas especies con potencial de convertirse en plagas. Sin embargo, no debemos olvidar que estamos hablando de una especie nativa que tiene un importante rol ecológico dentro de la dinámica de nuestros ecosistemas naturales, por lo que, es determinante aclarar que su erradicación no es posible ni deseable (Murua & Padula, 2004).

RODENTICIDAS: RIESGO PARA LA CONSERVACIÓN

Existen variados métodos de control de plagas que se vienen utilizando de la misma forma desde hace mucho tiempo, como lo son, labranza, saneamiento, captura y la aplicación de plaguicidas y rodenticidas. Algunos de estos métodos, además de ser pocos amigables con el medio ambiente, en algunos casos pueden resultar totalmente ineficaces (Muñoz-Pedrerros et al., 2019).

Con frecuencia se utilizan rodenticidas para control de plagas de roedores y lagomorfos, principalmente en zonas rurales, plantaciones agrícolas y forestales. Estos químicos interfieren en la coagulación de

las especies, provocando una hemorragia que les produce la muerte, pero en muchos casos no de manera inmediata; los roedores que consumen el veneno pueden permanecer varios días con una conducta errática esperando que el rodenticida haga su efecto, esto los hace más susceptibles a ser cazados por sus depredadores, los que a su vez pueden intoxicarse al consumir sus presas envenenadas. De esta forma se evidencian dos tipos de intoxicaciones, la intoxicación primaria, que es directa y aplica para la especie que consumió el cebo, y la intoxicación secundaria, provocada por el consumo de presas envenenadas (Vergara Cuevas, 2017).

Esto sucede con el empleo de plaguicidas y rodenticidas, químicos que no solo generan un daño al medio ambiente, sino que, en algunos casos, dada su bioacumulación, bioconcentración o bioamplificación tienen graves consecuencias sobre la vida y reproducción de la fauna silvestre. Existen diversos estudios que han constatado cómo de forma indirecta la aplicación de estos químicos produce efectos nocivos y letales en aves rapaces; fue justamente el uso del DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), un insecticida conocido por su gran eficacia, que se comenzó a aplicar en la década de 1940, el que produjo uno de los declives poblacionales más importantes de aves rapaces a nivel mundial. Las intoxicaciones secundarias que sufren las aves rapaces tienen implicancias directas en la tasa de éxito reproductivo, pudiendo provocar importantes declives poblacionales muy significativos a niveles locales; algunos de los efectos colaterales son problemas de calcificación, debilitamiento de las cáscaras de los huevos y de los embriones, eclosiones prematuras y polluelos con deformaciones (Iriarte et al., 2019; Muñoz-Pedrerros, 2014; Rivas F. & Figueroa R., 2009). Del mismo modo, estudios han evidenciado que, entre las aves rapaces, las nocturnas son las que se encuentran más expuestas a intoxicaciones por rodenticidas, dada su gran especialización en consumo de roedores.

Ya conocemos las implicancias del uso de rodenticidas en control de plagas, entonces, ¿cómo se atiende el problema sin generar daños secundarios a la fauna silvestre y sus ecosistemas? La respuesta está

en las aves rapaces, en el apartado siguiente responderemos esta pregunta abordando la gran relevancia de la función ecosistémica de las aves rapaces como carnívoros silvestres reguladores de poblaciones plagas.

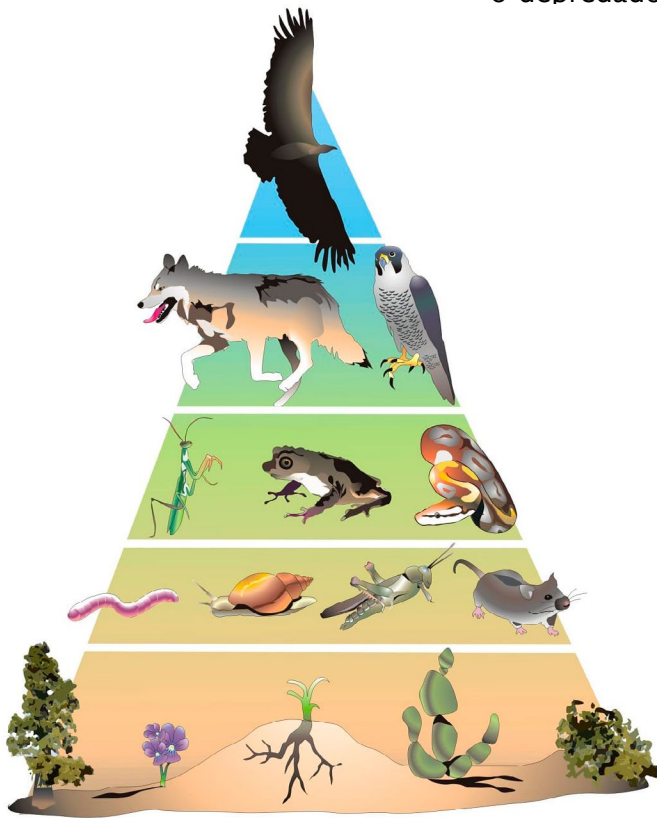
AVES RAPACES: CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE PLAGAS

Figura 7. Diagrama niveles tróficos. En la cúspide las aves rapaces como depredadores tope. Recuperado de: <https://didactalia.net/comunidad/materialeducativo/recurso/los-ecosistemas-estructura-y-dinamica/ee746fbf-05ec-43f3-ad2f-242b5574fc6>

Las aves rapaces se encuentran en la cúspide de las transferencias de energía (nutrientes) y materia de las cadenas tróficas, que comienzan con los productores y continúa por diversos organismos que se van depredando unos a otros creando una gran red de interacciones (Muñoz-Pedrerros et al., 2019) (**figura 7**). Entonces, las aves rapaces son consideradas carnívoros silvestres, superdepredadores o depredadores tope, los que se caracterizan por capturar a otros

animales para obtener la energía para vivir, esta es la relación “depredador-presa” en donde el depredador ha evolucionado de tal forma que tiene la gran capacidad para capturar presas de forma eficiente y eficaz, a su vez que, las presas han desarrollado la capacidad de escape y ocultamiento (Figueroa Rojas et al., 2001). Los depredadores tope son especies que se encuentran en bajas cantidades poblacionales, constituyendo bajas tasas de reproducción; aún así requieren de extensos territorios y dado que corporalmente suelen ser más grandes, requieren de mayor energía para vivir; estas particularidades de sus interrelaciones las convierte en especies más susceptibles a las perturbaciones de los ecosistemas (Rivas F. & Figueroa R., 2009).

Las aves rapaces tienen un rol muy importante en la dinámica ecológica y epidemiológica de los agentes etiológicos causantes de enfermedades zoonóticas,



dado que “las aves rapaces son grandes depredadoras de diversas especies del orden Rodentia, lo que las convierte en inestimables aliadas del ser humano”. Tienen un papel “profiláctico y contribuyen como un poderoso componente en el control integrado de plagas” (Muñoz-Pedrerros et al., 2019, p.447 - 448). En Chile, destacan el aguilucho común, milano bailarín, el peuco, la lechuza, y el concón, como aves rapaces con gran incidencia en la regulación de poblaciones de plagas zoonóticas (Alvarado Orellana et al., 2015).

Ya sabemos que las aves rapaces son por excelencia consumidores de roedores con potencial de convertirse en plagas agrícolas y zoonóticas. Pero ¿cuáles son las especies que resultan más idóneas para considerar en estrategias de control biológico de plagas?

Una especie controladora de plagas debe cumplir en lo posible los siguientes requisitos (Muñoz-Pedrerros, 2014):

- Consumo alto de ejemplares de especies plagas
- Consumo de ejemplares de especies plagas en forma selectiva
- Periodo de actividad superpuesto al de las plagas
- Abundantes en el área a intervenir
- Preferentemente grandes

Si consideramos como especie plaga al roedor nativo *Oligoryzomys longicaudatus*, dentro de las rapaces que cumplen los requisitos descritos destacan: la lechuza (*Tyto furcata*) y el Milano bailarín. La lechuza es una especie de hábitos estrictamente nocturnos, es decir, sus periodos de caza son coincidentes con los de actividad de los roedores; usualmente se encuentra en agroecosistemas, en donde los roedores, que suelen abundar pueden representar un daño para las actividades humanas. Por otra parte, se ha documentado extensivamente la dieta de la lechuza, Muñoz-Pedrerros (2019), da cuenta del estudio de egagrópilas en distintos territorios de Chile, en donde en algunos casos la dieta se compone por sobre el 90% de roedores, destacando el *O. longicaudatus* (colilargo) como una de las presas más consumidas. Una lechuza puede comer entre 50

y 150 g. de alimento en un día, lo que corresponde a 3 ratones, si consideramos una familia compuesta por dos adultos y cuatro polluelos, hablamos de un consumo de 16 a 18 roedores diarios, es decir, en tan solo 10 semanas de crianza una familia de lechuzas podría consumir más de 1000 ratones (Muñoz-Pedrerros, 2014), lo que hace que esta acción reguladora se vuelva más importante y crucial durante las épocas en que el fenómeno natural de la floración de la quila provoca las famosas “ratadas”.

Sabemos que el fenómeno del florecimiento de la quila puede implicar un riesgo para la salud humana, sin embargo, desde un punto de vista ecológico, los sucesos en cadena que comienzan a ocurrir tras su florecimiento pudiesen traer beneficios para nuestros carnívoros silvestres. Es decir, la mayor abundancia de presas, podría ser una gran oportunidad para aumentar la población de aves rapaces en áreas determinadas; además, se debe considerar que “los depredadores no eliminan a las poblaciones presas (no ejercen control total sobre ellas); la razón es simple y lógica: si ellos acabaran con todas sus presas, también acabarían con ellos mismos” (Figueroa Rojas et al., 2001).

Ahora bien, ¿cómo planificamos una estrategia de control de plagas en donde nuestro agente biológico son las aves rapaces?

Las estrategias de control de plagas con aves rapaces apuntan a mejorar los requisitos de hábitat de las especies, hábitats que usualmente se encuentran degradados al punto de que no logran suplir las necesidades en cuanto a sitios de nidificación se refiere. De esta forma, el objetivo es poder recuperar o aumentar las poblaciones de aves rapaces en una determinada área a través del manejo del hábitat, ofreciendo refugios, sitios de descanso y sitios para alimentación. Dentro de los artificios aplicados en estrategias de control biológico de plagas utilizados para atraer a aves rapaces, se encuentran los posaderos, casas anideras y comederos.

Antes de proceder con el diseño e implementación de la estrategia, se debe adquirir toda la información necesaria sobre el área a intervenir, delimitación y cuantificación del daño causado por la(s) plaga(s) y el conocimiento biológico y ecológico tanto de la plaga como de sus depredadores. Toda esta información permitirá escoger las especies de aves rapaces más idóneas o útiles con las que proceder a diseñar la estrategia (Muñoz-Pedrerros et al., 2019).

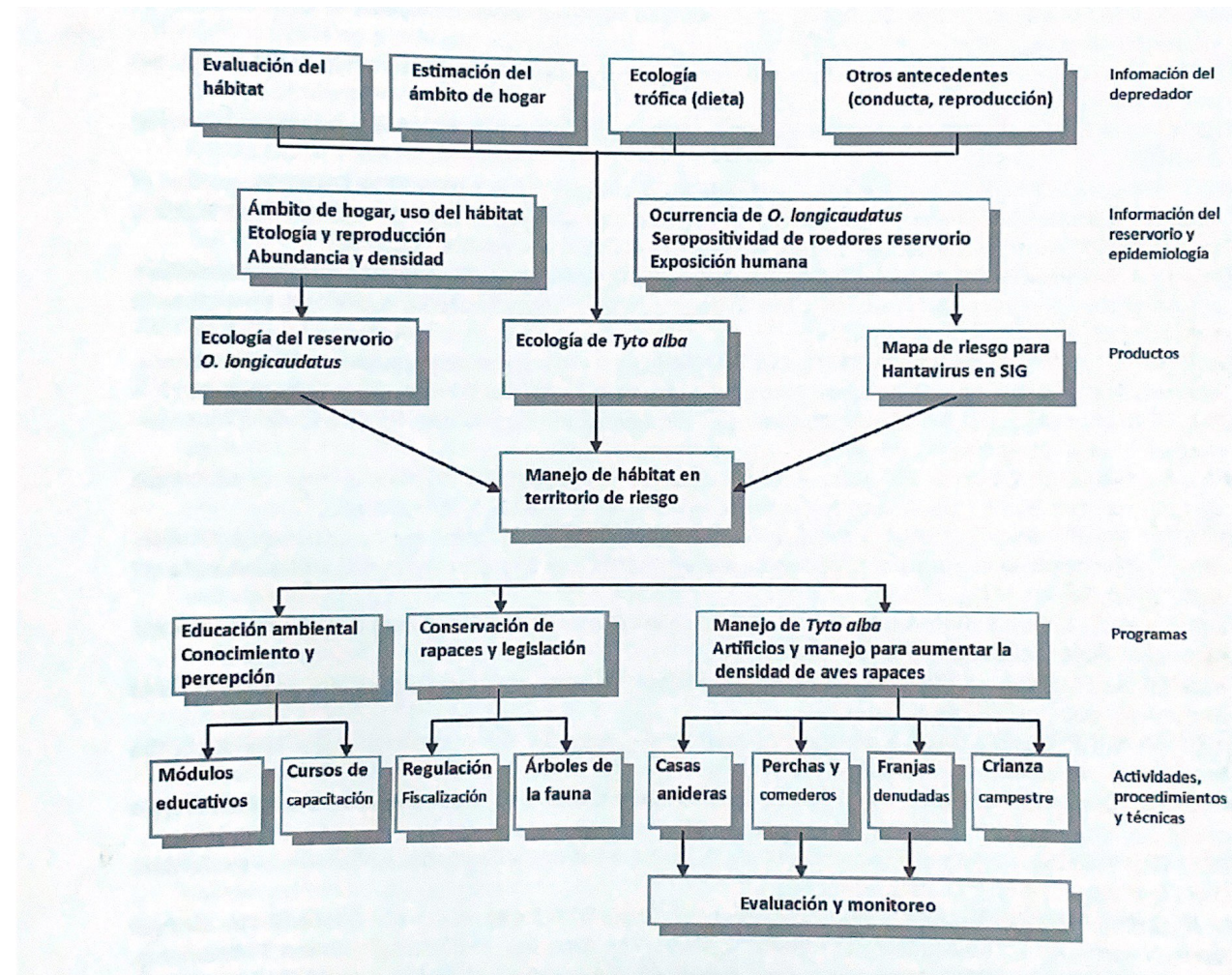
El año 2001 el Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA), implementó un programa de conservación de aves rapaces y control biológico de plagas zoonóticas de largo plazo con enfoque en el control del reservorio de Hantavirus, el ratón de cola larga, en donde se consideró el uso simultáneo de dos especies de aves rapaces, la lechuza y el milano bailarín. Este programa fue implementado en 27 localidades de siete regiones de Chile entre los años 2001 y el 2017 en donde se instalaron casas anideras, posaderos y comederos.

La metodología aplicada por CEA, considera las siguientes fases:

1. Instalación de artificios para lechuza
2. Monitoreo de micromamíferos
3. Recolección y estudio de egagrópilas
4. Capacitación de agricultores funcionarios de servicio públicos
5. Educación ambiental
6. Producción de materiales didácticos de difusión masiva
7. La evaluación del programa: estudio de las poblaciones de las especies de aves rapaces y el estado del hábitat.
8. Diseño del manejo del hábitat: se refiere a actividades como: establecer el nivel de conocimiento y percepción de los habitantes de las localidades hacia las aves rapaces, registro de la presencia de otras aves rapaces y aplicación de censos de nidos naturales.
9. Seguimiento de los artificios y poblaciones de aves rapaces

Finalmente Muñoz-Pedrerros et al. (2019), nos presenta un diagrama (figura 8) que muestra una propuesta de control biológico del reservorio de Hantavirus con lechuzas. Una propuesta integral para el manejo de hábitat de la lechuza abordada con gran amplitud considerando diversos ámbitos, como la educación y capacitación ambiental, así como también aspectos legislativos. Esto da cuenta de todas las aristas en el diseño e implementación de una estrategia de control de plagas que también persigue objetivos de conservación, educación e investigación.

Figura 8. Diagrama de la propuesta de control biológico del reservorio de Hantavirus con lechuzas. Muñoz-Pedrerros et al., (2019)



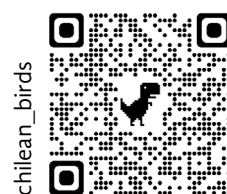
Tyto furcata (lechuza)
Crédito: Chris Momberg



Glacidium nana (chuncho)
Crédito: Miguel Ángel Fuentealba

AVES RAPACES NOCTURNAS

Athene cunicularia (pequén) ◀
Crédito: Joel Cabezas S.



Joel Cabezas S

¿QUÉ ES UN AVE RAPAZ?: GENERALIDADES Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

La etimología de la palabra “rapaz” proviene del latín “rapax” que significa “que lleva, raptor, saqueador, ladrón, que se apodera”, el que a su vez se deriva del verbo “rapere”, que se define como “llevarse con violencia y rapidez, robar, saquear, agarrar bruscamente”.

Las rapaces son un grupo de aves bastante homólogo que comparten ciertas “afinidades evolutivas”, es decir, características y rasgos distintivos que las separan del resto de las aves. Algunas de sus características más singulares son: un pico curvo y puntiagudo, patas fuertes, garras afiladas y un vuelo poderoso y energético; estos rasgos les permiten capturar, desgarrar y matar a sus presas, posicionadas en la cima de la cadena alimenticia, estos carnívoros silvestres son superdepredadores especializados en la cacería y consumo de carne. (Iriarte et al., 2019; Rivas F. & Figueroa R., 2009).

La clasificación tradicional y más popular, pero ya obsoleta de las rapaces, ha sido dividida en dos grandes grupos: las rapaces diurnas (*Falconiformes*), en donde encontramos águilas, aguiluchos, halcones, milanos y gavilanes y por otro lado tenemos a las rapaces nocturnas (*Strigiformes*), donde se incluyen los búhos y lechuzas (Rivas F. & Figueroa R., 2009). Aun no habiendo real consenso en qué es un ave rapaz, la clasificación más actual considera que las “aves de presa” o rapaces están en cinco órdenes de aves: *Falconiformes* (halcones), *Cariamiformes* (seriemas y otras familias extintas), *Strigiformes* (búhos y lechuzas), *Accipitriformes* (águilas, milanos y gavilanes) y *Cathartiformes* (cóndores y jotes). Cada orden posee sus propios rasgos distintivos, por ejemplo, las lechuzas y búhos destacan por su gran audición y su plumaje desflecado que les permite tener un vuelo silencioso, clave a la hora cazar, o los buitres, con cuellos y cabeza desprovistos de plumaje para mantenerse más higienizados hurgando en la carroña (Iriarte et al., 2019).

Ahondaremos brevemente en algunas de las características anatómicas y fisiológicas más particulares de estas aves, que nos ayudarán a entender con mayor detalle qué es un ave rapaz.

“La sobrevivencia de las rapaces actuales, al igual que en la mayoría de las aves, depende de su capacidad de volar” (Iriarte et al., 2019, p. 20). Como mencionamos anteriormente, estas aves especializadas en la cacería poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas (anatomía y sentidos) que han evolucionado otorgándoles las mejores características para un vuelo ágil, energético, poderoso y por sobre todo, eficiente. “Su esqueleto, plumas, piel y músculos de vuelo componen casi el 60% de su peso total”, de hecho, “en un ave voladora el peso total del esqueleto es menor que el peso de todas las plumas” (Iriarte et al., 2019, p. 21). Las rapaces poseen un esqueleto ahuecado y llenos de aire, permiten un vuelo liviano, pero con la suficiente resistencia para soportar despegues, aterrizajes y mantenerse en vuelo.

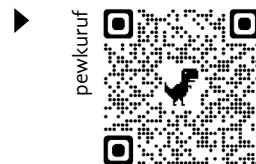
El conjunto de plumas recibe el nombre de plumaje, estas estructuras, además de permitirles a las aves volar, cumplen otras funciones; algunas de estas son plumas (plumón) que actúan como aislador térmico, permitiendo tener control de su temperatura, crucial para temporadas frías. Sus colores y patrones no son al azar, algunas de las rapaces poseen un plumaje críptico que les permite camuflarse como mecanismo de ocultamiento y protección frente a depredadores. Por último, en la reproducción, estas les permiten el reconocimiento y la diferenciación sexual, donde la vistosidad del plumaje juega un rol importante en la fase de cortejo (Iriarte et al., 2019).

Las aves en lugar de dientes poseen un pico curvado y afilado con forma de gancho, adaptación anatómica clave para la cacería, lo utilizan para sujetar, desgarrar o matar, tal es el caso de los Falconiformes, que en su pico destaca una especie de muesca llamada “diente tomial”, que lo utilizan para presionarlo contra la columna vertebral de sus presas, dándoles muerte rápidamente. Mientras algunas aves tienen más adaptado el pico para matar, otras rapaces



▲
Falco femoralis
(halcón perdiguero)

Crédito: Daniel Rivera C.



destacan por sus patas y garras, para sujetar , trabar e incluso matar, “las patas con sus tendones fuertes, sumados a sus afiladas garras, hacen de ellas el arma más mortal de un ave rapaz” (Iriarte et al., 2019, p. 28), solo con la fuerza y presión que ejercen de sus garras pueden llevar a la muerte a sus presas. A través de la forma, tamaño, curvatura, y disposición de sus garras, podemos identificar el tipo de presas que consumen.

Estos superdepredadores tienen altamente desarrollados sus sentidos, visión, audición y olfato, en mayor o menor medida dependiendo de la especie. “Las aves rapaces tienen el sentido de la vista más desarrollado de todos los seres vivos”, una visión compleja y aguda, siendo “8 veces más aguda que los humanos” (Iriarte et al., 2019, p. 29) y la cual bien utilizan para capturar a sus presas. Ahora bien, cuando quedan desprovistos del sentido de la visión, debido, por ejemplo, a condiciones de hábitat, como territorios con densa vegetación y sin tanta entrada de luz, es que emergen los sonidos. Dentro de las aves, son las rapaces las que poseen el sistema de audición más desarrollado, mientras algunas rapaces explotan el sentido de la visión para cazar, otras destacan por tener el sentido de la audición más desarrollado, donde distinguimos a las rapaces nocturnas, las cuales a través del sonido pueden localizar con mucha exactitud la ubicación de sus presas. Estos superdepredadores no lo pueden tener todo, por lo que, la generalidad es que no destacan por tener un olfato muy desarrollado, a excepción de los buitres, los cuales a través del olor encuentran su alimento (carroña) (Iriarte et al., 2019).

Entonces, ¿qué es un ave rapaz?, presentaremos la definición que Tomás Rivas-Fuenzalida entrega en el libro *Aves Rapaces de Chile* (Iriarte et al., 2019, p. 20): “Son rapaces aquellos ordenes de aves en las cuales la mayoría de las familias y especies presentan adaptaciones morfológicas y conductuales para consumir carne, ya sea fresca o en descomposición”.

Las aves rapaces son bioindicadores de cambios y tensiones en los ecosistemas, ya que son sensibles a los cambios en el uso de la tierra, la estructura y fragmentación del hábitat, altamente susceptibles a la extinción local.

Las aves rapaces son “especies paraguas”, esto quiere decir que cuando se protege y conserva las poblaciones de una especie paraguas, se está en alguna medida garantizando las poblaciones de otras especies con las que comparten hábitat, lo que significa que los cambios en las poblaciones de las aves rapaces, tendrá un efecto en cadena en el resto de las tramas de esta red trófica.

Las aves rapaces también destacan como bioindicadores de cambios y tensiones en los ecosistemas, su presencia o ausencia dará cuenta de la salud del ambiente y de la diversidad biológica presente. Un claro ejemplo de un bioindicador ambiental en Chile es el concón, el que se encuentra asociado a un hábitat con estructuras vegetativas complejas y con requerimientos de hábitat específicos, de hecho, el concón ha sido propuesto como “modelo de filtro fino”, para selección de áreas con potencial para reservas naturales (Alvarado Orellana et al., 2015). La desaparición de una especie de ave rapaz de su hábitat original probablemente sea el reflejo de un ecosistema altamente perturbado por factores antrópicos; del mismo modo, su ausencia o presencia puede revelar la riqueza de la diversidad biológica de un área determinada, ya que generalmente estas aves están asociadas a los hábitats más “productivos ecológicamente”.

ORDEN STRIGIFORMES: AVES RAPACES NOCTURNAS

Las Strigiformes son un orden conformado por 250 especies, en su mayoría todas de hábitos nocturnos, comparten ciertas adaptaciones

y rasgos particulares que las separan del resto de las rapaces; se caracterizan por poseer un plumaje especializado para el vuelo silencioso (**figura 9**), con unas plumas esponjosas, desflecadas y suaves. Su plumaje críptico les permite camuflarse de depredadores; su visión está especialmente desarrollada, al ser estereoscópica les permite localizar a sus presas con mayor exactitud, su campo visual es amplio, dado que tienen la capacidad de girar la cabeza en 270°. Las rapaces nocturnas destacan por tener la audición más desarrollada entre las aves, sus oídos tienen una leve asimetría y un característico disco facial que actúa recepcionando y dirigiendo los sonidos hacia sus oídos, esto les permite calcular con mayor precisión la posición de sus presas a la hora de cazar, este rasgo es esencial para estas aves de hábitos nocturnos que deben cazar en plena oscuridad, con poca luz, y muchas veces en terrenos con densa vegetación. (Iriarte et al., 2019; Rivas F. & Figueroa R., 2009).



▲
Figura 9. Plumas rémiges de lechuza, con sus bordes desflecados minimizan la fricción del aire para vuelo silencioso.

Crédito: Álvaro Castillo H.

Las *Strigiformes* se dividen en dos familias:

***Tytonidae*:** esta familia se compone por 2 géneros (*Tyto* y *Phodilus*) y 27 especies en todo el mundo. Popularmente las conocemos como “lechuzas” y las podemos identificar por su característico disco facial en forma de corazón, sus ojos pequeños con iris negro, sus tarsos largos, más largos que el resto de las rapaces nocturnas y son de hábitos estrictamente nocturnos. (Iriarte et al., 2019)

***Strigidae*:** familia mucho más numerosa que la *Tytonidae*, se compone de 20 géneros con 223 especies alrededor de todo el mundo, exceptuando la Antártica. Son popularmente conocidos como “búhos” y a diferencia de las lechuzas, algunas de estas especies pueden desenvolverse y cazar durante el día o en el crepúsculo. De patas cortas y emplumadas, cuerpo más rechoncho y de gran cabeza,

algunas llaman la atención por sus grandes ojos con iris amarillo y las plumas que sobresalen de su cabeza llamados penachos. (Iriarte et al., 2019).

En Chile el orden de los *Strigiformes* se compone de 7 especies y en la Cordillera de Nahuelbuta encontramos 6 de las 7 presentes en el país, estas son: *Tyto furcata* (lechuza), *Bubo magellanicus* (tucúquere), *Athene cunicularia* (pequén), *Glaucidium nanum* (chuncho), *Asio flammeus* (nuco) y *Strix rufipes* (concón).

CONFLICTOS HUMANO-VIDA SILVESTRE

Este apartado lleva por nombre “conflictos humano-vida silvestre”, ya que si bien la mortalidad de las aves rapaces y en general, de la vida silvestre también depende de dinámicas naturales, pareciera que el listado más amplio de amenazas y riesgos para su conservación provienen de factores antrópicos. Hemos irrumpido, intervenido y modificado el hábitat de la vida silvestre “compitiendo con ellos por espacio y recursos tróficos”, esta relación no muy armoniosa y

muchas veces conflictiva, ha traído consecuencias negativas, e incluso mortales, tanto para los humanos como para la fauna silvestre.

Esta “incompatibilidad entre las necesidades humanas y la conservación de las aves rapaces y ecosistemas naturales”, amenazan su conservación y reducen sus poblaciones, incluso pudiendo llevar en algunas situ-

aciones a la extinción local de la especie. A continuación, algunos de los conflictos humano-aves rapaces y sus consecuencias indirectas.

Si bien los paisajes más urbanizados, también otorgan recursos de hábitat en los cuales algunas aves como el chuncho, la lechuza, y el cernícalo han podido adaptarse, reproducirse y sobrevivir, se debe tener en cuenta que “la presencia de las diferentes especies de aves rapaces en las ciudades no está determinada sólo por las condiciones al interior de las mismas, sino también por las características del paisaje colindante y el grado de alteración y/o conservación de los ecosistemas naturales presentes” (Iriarte et al., 2019, p. 68). Algunas de las amenazas presentes en zonas más urbanizadas son: la mortalidad vial, aves rapaces, como lechuzas, nucos, cernícalos, entre otras aves que cazan en los bordes de los caminos, mueren por impactos y atropellos de vehículos. El desarrollo de la industria energética, trae consecuencias como colisiones contra grandes instalaciones de energía eólica, perturbación del paisaje natural, contaminación atmosférica y acústica, desplazamiento de presas, e impactos en los sitios de nidificación y descanso; también electrocuciones con instalaciones eléctricas que algunas aves utilizan como perchas en áreas desprovistas de posaderos naturales. Aves que alcanzan altas velocidades en vuelo y en picada, como el halcón peregrino o peuquito, impactan contra estructuras y edificaciones no tan visibles, como ventanales.

Por envenenamiento secundario, aves rapaces sufren las consecuencias mortales al consumir presas envenenadas por el uso indiscriminado de plaguicidas agrícolas y rodenticidas. Estos químicos no son los únicos que se han detectado en los organismos de estas aves, se ha identificado también, la presencia de contaminantes industriales que logran persistir en el ambiente, estos químicos pueden provocar desde deformaciones en embriones hasta provocar la muerte. El plomo es otra razón de envenenamiento secundario a través de la ingesta de presas muertas con disparos que aún conservan los perdigones, o municiones abandonadas. (Iriarte et al., 2019)

Lechuza muerta a orilla de carretera por impacto vehicular.
Crédito: Guiselle Torres G.



Los factores anteriormente expuestos responden a consecuencias indirectas de acciones humanas en la conservación de aves rapaces, lamentablemente, estas no están exentas de conflictos directos. En la actualidad aún existe persecución humana, hostigamiento, cacería furtiva y destrucción de nidos hacia aves rapaces, principalmente hacia las aves que depredan aves de corral y/o ganado, unos de las problemáticas más extendidos en el mundo y un real ejemplo de un conflicto entre humanos y aves rapaces que compiten por recursos. “Incluso durante la primera mitad del siglo XX, en muchos países se consideraba a las rapaces como plaga y muchos gobiernos promovieron y recompensaron a las personas para que las exterminaran” (Iriarte et al., 2019, p.89). En Chile este conflicto tiene una tasa muy alta de incidencia en la mortalidad de aves como *Parabuteo unicinctus* y *Buteo ventralis*, conflicto que no solo tiene su origen en la depredación de aves de corral, sino también, en creencias supersticiosas, estigma que afecta principalmente a las aves rapaces nocturnas, consideradas como aves “de mala suerte”. Por último, las poblaciones de rapaces también se ven afectadas por la cacería furtiva y recreativa/deportiva, con fines de alimentación, cetrería ilegal, y prácticas tradicionales y culturales (Iriarte et al., 2019; Rivas F. & Figueroa R., 2009).

PÉRDIDA DE HÁBITAT: FALTA DE SITIOS DE NIDIFICACIÓN

Ciertamente uno de los factores de gran relevancia es la estructura y composición vegetativa de un hábitat. La relación intrínseca entre aves y especies vegetales no es nueva, siendo la estructura y composición vegetativa de un lugar componentes determinantes en la diversidad de especies presentes en ese hábitat, incidiendo en dónde y cómo las especies harán uso de los recursos disponibles, de esta forma, si la estructura y composición vegetativa sufre alteraciones, afectará indirectamente a las especies que necesitan de

estos recursos para vivir (Block & Brennan, 1993). Sin ir más lejos, en Chile, “se estima que la pérdida de superficie de bosques nativos y humedales está causando declives poblacionales considerables en especies que dependen de estos ecosistemas” (Iriarte et al., 2019, p.55), como lo es para el Aguilucho de cola rojiza, el Aguilucho chico, el Peuquito, el Concón, el Nuco y el Vari. Es reducido el número de rapaces que se han visto de alguna “beneficiadas” o, mejor dicho, no se han visto afectadas con la expansión de la urbanización y las actividades humana (ampliando sus rangos de distribución y aumentando el número de sus poblaciones), entre ellas, el tuique y la lechuza, aves versátiles que han tenido gran adaptación a ambientes urbanos y agrícolas (aunque poco se sabe sobre los fundamentos de dicha adaptación). Por ello, en cuanto a la selección de hábitats, estas especies son clasificadas como generalistas de hábitats, para las cuales la “calidad de hábitat” dependerá más de la disponibilidad de alimento que de algún otro factor (Iriarte et al., 2019).

Entendemos que la selección y uso de hábitat de un ave rapaz estará supeditado a un abanico no menor de condiciones, interacciones y aspectos ecológicos difíciles de medir, por lo que, asegurar que un ave escogerá un hábitat por sobre otro implicaría una exhaustiva y compleja evaluación de diversas variables ecológicas. Lo que sí podemos asegurar, es que si un ave escogió un determinado hábitat es porque encontró en él las condiciones necesarias para subsistir.

La pérdida y sustitución de ecosistemas naturales originales por plantaciones forestales con características espaciales homogéneas, es una de las principales causas de merma de hábitat y carencia de refugios de vida silvestre y una de las principales amenazas para la conservación de la ornitofauna chilena, se considera que “la actividad forestal generaría el 44% de los problemas conservacionistas de la avifauna, situándose inmediatamente después de las actividades agrícolas” (Muñoz-Pedrerros et al., 1996, p.396).

La estructura vegetativa que entregan los monocultivos no logra cumplir los requisitos de hábitat de todas las especies, solo un

número muy reducido puede subsistir en este tipo de hábitat con características tan homogéneas. Es sumamente crucial entender que los monocultivos no son bosques, “los bosques nativos maduros y renovales, presentan una diversidad específica y estructural que permite la subsistencia de un sinnúmero de especies de animales”, al contrario de las plantaciones forestales, que solo logra dar hábitat para un número mucho más reducido de especies, dado a su características de hábitat “homogéneas, monoespecíficas y monoestratificadas” (Iriarte et al., 2019, p.80).

Las aves rapaces especialistas de hábitats, es decir, aquellas que muestran una fuerte dependencia hacia algún componente específico del ecosistema, son las más afectadas por estas modificaciones y perturbaciones. Tal es el caso del aguilucho de cola rojiza, el aguilucho chico, el peuquito y el concón, que si bien son especies que podrían eventualmente sobrevivir en remanentes de bosques intervenidos por el humano, de todas formas, la competencia con otras especies que se encuentran muchos más adaptadas a ese tipo de ambientes, les afectará en su éxito reproductivo y sobrevivencia (Iriarte et al., 2019).

El concón “prefiere bosques multiestratificados con más de 100 años de edad y una cobertura del dosel de más del 70%, con árboles dominantes de más de 28 cm de diámetro y con presencia de árboles muertos” (Iriarte et al., 2019, p.185), pero también se ha evidenciado la preferencia del concón por hábitats formados por plantaciones maduras de pino para nidificar, las cuales en ocasiones se encuentran en etapa de pronta cosecha, por lo que, estos ecosistemas se transforman en “hábitats trampa”, en donde cada año se pierden muchas nidadas. El concón se encuentra en un estado de conservación de alta vulnerabilidad, clasificado en Chile como una especie Casi Amenazada (NT) (Iriarte et al., 2019).

Algunas de estas especies especialistas de áreas de bosque primario, están adaptadas para utilizar el suministro de microhábitat específicos, en donde destacan las cavidades de árboles, esenciales para mu-

chas aves, así como también, mamíferos, insectos, entre otras especies. Entre el 9% y el 18% de las aves alrededor del mundo utilizan cavidades de árboles para nidificar (Remm, 2008).

La disponibilidad de cavidades en árboles para anidar también se ve fuertemente afectada por la actividad silvícola intensiva, en donde se ha perdido gran parte de la estructura vegetal originaria y con ello árboles viejos, grandes, muertos y en proceso de descomposición, los que, dada su condiciones y características, son excelentes estructuras para la formación de cavidades. Esta situación provoca que la calidad de hábitat de esta especie se vea fuertemente afectada, con directa incidencia en la disponibilidad de sitios para nidificar, por esta razón, las especies que necesitan de los microhábitats que entregan los árboles se encuentran mucho más amenazadas en comparación con otras especies que habitan el bosque (Remm, 2008).



▲
Parabuteo unicinctus (peuco)
Crédito: Nicolás Cifuentes S.

Hemos podido demostrar el rol fundamental de las aves rapaces en el equilibrio natural de nuestros ecosistemas, son especies claves en la dinámica de la naturaleza, destacando por su gran labor en el control biológico de plagas zoonóticas. Algunas de estas, como la lechuza, son consideradas depredadores especialistas en roedores, entre esos el ratón de cola larga, reservorio y transmisor del Hantavirus en Chile. Las aves rapaces pueden contribuir como un poderoso componente en el control integrado de plagas, en cuanto su incidencia se hace más significativa en la actual situación de floración masiva de la quila, la que sabemos que desencadena un aumento desmedido de roedores.

Una estrategia de control de plagas zoonóticas con aves rapaces busca potenciar la interacción depredador-presa para así disminuir la exposición de las personas al virus en la prevención de los contagios. Esto se logra a través de la implementación de artificios como casas anideras y posaderos artificiales, los que buscan atraer a la especie a una determinada área con el objetivo de mantener o aumentar sus poblaciones.

Las aves rapaces se posicionan en la cima de la red trófica, lo que las convierte en uno de los taxones más vulnerables ante las perturbaciones y modificaciones de hábitat; en Chile contamos con 35 especies de aves rapaces, algunas de ellas con problemas de conservación. La sustitución de nuestros bosques nativos por monocultivos, a raíz de la actividad silvícola y agrícola intensiva, son procesos lamentablemente ya acentuados en nuestro país que están afectando a una gran diversidad biológica que dependen de estos ecosistemas boscosos. Muchas especies, como las aves rapaces, van perdiendo sus sitios de refugio, descanso y alimentación.

En este sentido, la estrategia de control biológico de plagas no solo puede ser una gran herramienta en la prevención de contagios por Hantavirus, sino que, también contribuir en mejorar la calidad de hábitat de las aves rapaces, mitigando la falta de sitios de nidificación naturales.

Estos artificios deben responder ante los requerimientos de hábitat de la especie objetivo, permitiéndoles nidificar de forma segura y efectiva. Las casas anideras deben poder proporcionar un refugio que mitigue los riesgos durante la etapa reproductiva, por lo que, a continuación, nos adentraremos en la comprensión de los requerimientos de hábitat y nidificación de las aves rapaces en la búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza.

Glaucidium nana (chuncho)

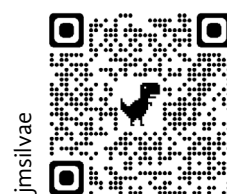
Crédito: Joel Cabezas S.



JOEL CABEZAS S.®
BIRDS PHOTOGRAPHY

ESPECIE DE ESTUDIO
TYTO FURCATA
(LECHUZA)

Tyto furcata (lechuza) ◀
Crédito: José Manuel Silva E.



LECHUZA AMERICANA (*TYTO FURCATA*)

Como ya sabemos las aves rapaces nocturnas son excelentes controladores biológicos de plagas, pero ¿por qué la lechuza? En este capítulo además de hacer una caracterización completa de nuestra especie de estudio, expondremos el potencial de esta ave como reguladora del crecimiento poblacional de los roedores. La caracterización aquí expuesta es una recopilación de información obtenida de literatura ornitológica chilena (Iriarte et al., 2019; Muñoz-Pedrerros et al., 2019)

Nombre científico: *Tyto furcata* (Scopoli, 1769)

Nombres comunes: lechuza - lechuza común - lechuza blanca (Chile). Lechuza de campanario (Argentina, Perú, Bolivia). Inglés: Barn Owl. Yarken (Mapudungun)

GENERALIDADES

La lechuza posee características muy particulares que la separan del resto del orden de los *Strigiformes*, siendo casi imposible confundirla con otra especie, entre estas características, destaca su rostro marcado por un disco facial de color blanco con forma de corazón bordeado por plumas café dorado y grises. De pequeños ojos con iris oscuro, corporalmente esbelta y de tamaño mediano, con un cráneo alargado y estrecho, destaca su coloración ventral mayoritariamente blanco, con piernas largas (en comparación al resto de las rapaces de la familia *Strigiformes*), tarsos emplumados hasta su base y dedos desnudos, dos de estos apuntan hacia adelante y dos se dirigen hacia atrás (zigodáctila) con la garra del medio pectinada. Entre el macho y la hembra existe un pequeño dicromatismo sexual, en donde el macho tiene el vientre más blanco, mientras que la hembra tiene una pigmentación ventral más amarillo y manchado.

Esquema morfometría *Tyto furcata* (lechuza americana).
Elaboración propia

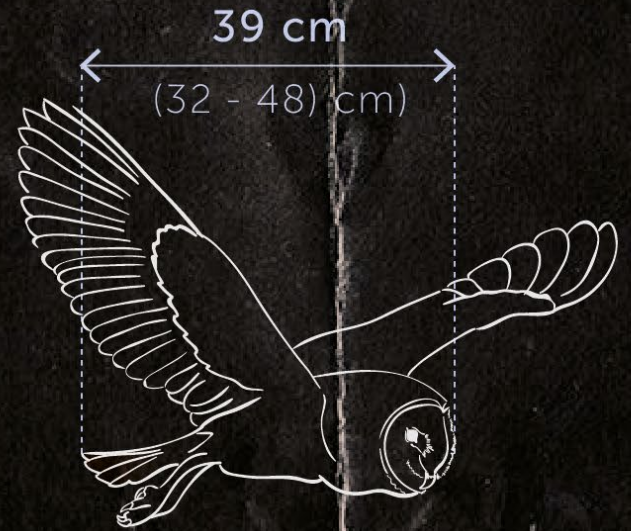
MORFOMETRÍA LECHUZA (*Tyto furcata*)

Talla
Altura



Longitud

Distancia entre la punta de pico y la punta de la cola



90 mm

90 mm

Envergadura

Distancia entre las alas extendidas

94 cm

(68 - 108 cm)



HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

Con una amplia distribución, es considerada una especie cosmopolita, habitando Sudamérica, sur de Norteamérica, Europa, África, Sur de Asia y Australia. En Chile, siendo una de las rapaces nocturnas más comunes, la podemos encontrar a lo largo de todo el territorio, desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de Magallanes utilizando todo tipos de hábitats dada su gran plasticidad. Ocupa sin problemas casi todos los ambientes, en Chile la podemos encontrar tanto en zonas desérticas por el norte hasta zonas boscosas de *Nothofagus* en el extremo austral; habita principalmente zonas abiertas, áreas boscosas, agroecosistemas y áreas urbanas. Muy bien adaptada a construcciones humanas y ciudades, nidifica sin problema en construcciones abandonadas, graneros, campanarios, entre otros; también escoge árboles nativos y exóticos como sitios de nidificación.

DIETA Y CONDUCTA DE CAZA

Dependiendo del nivel de consumo de ciertas presas, las aves rapaces son clasificadas dentro de dos categorías: especialistas y generalistas. Las primeras depredan sobre una o unas pocas especies de presa como resultado de una combinación entre adaptaciones morfológicas, estrategias de caza y abundancia de presas. Bajo esta premisa, la lechuza es considerada una “superespecialista en roedores” ya que, diversos estudios constatan que estos micromamíferos constituyen más del 80% de su dieta, y aportan la mayor cantidad de biomasa (Alvarado Orellana et al., 2015). Aunque su dieta se basa principalmente de estos micromamíferos, la composición taxonómica de sus presas es variada, de forma oportunista también consume “lagomorfos, marsupiales, quirópteros, aves reptiles, anfibios y/o insectos” (Iriarte et al., 2019, p.178). El libro *Aves Rapaces de Chile*,

da cuenta del registro de la dieta de la lechuza en distintas partes de Chile, zonas cordilleranas, rurales, periurbanas, agroecosistemas, donde en casi todos los casos de estudio el resultado arrojó que la dieta se compone de roedores por sobre el 90%, destacándose el ratón de cola larga como una de las presas que tiene aporte de biomasa más significativo.

La lechuza es entonces una cazadora estrictamente nocturna. Su modalidad de caza se basa en la búsqueda al acecho, lo que significa que utiliza posaderos para tener mejor visual, esperando atenta y sigilosamente el momento justo para abalanzarse y dejarse caer sobre sus presas, esta modalidad de cacería es más común en áreas boscosas, dado la disponibilidad de perchas, también es común verla utilizando estructuras humanas como posaderos, como estacas de cerco y postes eléctricos. Del mismo modo, también caza activamente en vuelo, buscando sus presas desde el aire a baja altura. Dado que sus presas usualmente son de tamaño pequeño, no las ingiere en el lugar donde las cazó, sino que las desplaza a un lugar más seguro, libre del alcance de otros carnívoros oportunistas (Iriarte et al., 2019). Durante el día no tiene mucha actividad, generalmente permanece inmóvil durmiendo y es desconfiada ante la presencia humana.

Su vuelo es de planeos cortos, rectilíneo con batido lento y suave, y muy silencioso; vuela a baja altura, regularmente a menos de 5 metros del suelo. Se le puede reconocer en vuelo por su cabeza grande y redondeada, de alas largas, algo angostas y extremos redondeados, sus patas sobresalen de su cola corta.



▲ Nido con lechuzas pichones en el interior de una cavidad arbórea.
Crédito: Ramón Reyes C.



▲
Lechuza habitando una iglesia.
Crédito: José Manuel Silva

REPRODUCCIÓN Y NIDIFICACIÓN

La lechuza, conocida por su gran plasticidad en la selección de hábitat, no construye sus nidos, sino que escoge sitios de nidificación preconstruidos, pone sus huevos en cavidades naturales, las que podemos encontrar en troncos, roqueríos o estructuras humanas, y se ha documentado su gran aceptación hacia nidos artificiales. Tiene una postura de cuatro a siete huevos blancos (39,2 x 31,9 mm), los que incuba en promedio durante 33 días, puede tener más de una postura al año, lo que dependerá de la disponibilidad de alimento. Los juveniles a la semana 11 comienzan a capturar sus primeras presas y en la semana 14 comienzan a dispersarse fuera del nido.

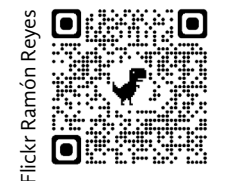
ESTADO DE CONSERVACIÓN

Clasificada como una especie de Preocupación Menor (LC) de acuerdo con la UICN, siendo una de las aves rapaces más comunes y abundantes dentro de su área de distribución, no se considera una especie amenazada tanto en Chile, como a nivel mundial. Sin embargo, no está exento de amenazas para su conservación, que desencadenan disminuciones severas de sus poblaciones a niveles locales, asociado principalmente a pérdida de hábitat, como la deforestación por la silvicultura intensiva, el envenenamiento secundario por el uso de rodenticidas, la persecución humana por ser consideradas “aves de mala suerte” y la cacería ilegal.

Debido al declive poblacional en áreas locales específicas, principalmente consecuencia de la merma de hábitat por deforestación es que las actividades e iniciativas para su conservación tienen como foco la restauración de sus hábitats para mitigar la falta de sitios de nidificación, a través de la implementación de casas/ cajas nidos las cuales para el caso de la lechuza se ha demostrado su alta efectividad. Otras iniciativas apuntan a actividades de educación ambiental en comunidades locales con el fin de enseñar sobre el rol ecológico de esta especie principalmente como regulador de especies plagas.



▲
Tyto furcata (lechuza)
Crédito: Ramón Reyes C.





Tyto spp. ▲

Crédito: Somya Dinkar vía Pexels

NIDIFICACIÓN AVES RAPACES

Tyto spp. en cavidad arbórea ◀
Crédito: Robert Stokoe vía Pexels



HABITÁCULOS EN LA NATURALEZA: CRITERIOS CONSTRUCTIVOS Y CONCEPTUALES

Todos los seres vivos necesitamos un lugar donde vivir, un hábitat que nos provea de lo indispensable, alimento, agua, oxígeno, etc. Una gran cantidad de especies buscan, además, un sitio específico que les garantice su seguridad por un determinado tiempo que su propia naturaleza requiera, este espacio particular, es conocido como habitáculo. Un habitáculo desde la perspectiva ecosistémica es un sitio que presenta las condiciones necesarias para que una especie habite en él, si bien los requerimientos pueden variar según la especie, debe contar con un mínimo de condiciones necesarias para su ocupación, muchas veces estos habitáculos pasan a ser los sitios donde las especies se sentirán más seguros, en otras palabras, serán las “habitaciones” que responden apropiadamente a sus necesidades, donde algunas especies se resguardan y protegen. Estas estructuras son construidas por las mismas especies y responden adecuadamente a sus necesidades, sobre todo en etapa reproductiva, por lo que las construcciones aumentan en gran medida sus probabilidades de vida y perpetuidad (García Santibáñez Saucedo, 2007).

La construcción de habitáculos es de las creaciones más elementales presentes en la naturaleza, la necesidad de protegerse es transversal a cualquier especie, incluidos los humanos, pero ¿cómo podemos percibir y entender los conceptos que nos entrega la naturaleza?, ¿qué conceptos están detrás de la construcción de refugios por parte de los animales?, ¿cuáles son los criterios elementales empleados en su elaboración?

Tomando como referencia el libro de Biodiseño “aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales” (García Santibáñez Saucedo, 2007), nos centraremos en analizar dos criterios ambientales que inciden en la construcción de un habitáculo (**figura 10**), considerados

como criterios esenciales en cuanto a su función natural, siendo la “protección frente al entorno físico” y la “protección frente a los depredadores” (García Santibáñez Saucedo, 2007).

En cuanto a la protección frente al entorno físico, encontraremos los siguientes requerimientos:

Control de la temperatura: si entendemos el habitáculo como “un espacio que extiende las propiedades controlables de la temperatura animal”, las obras de los animales deben considerar elementos constructivos que permitan que este requerimiento no varíe tan drásticamente.

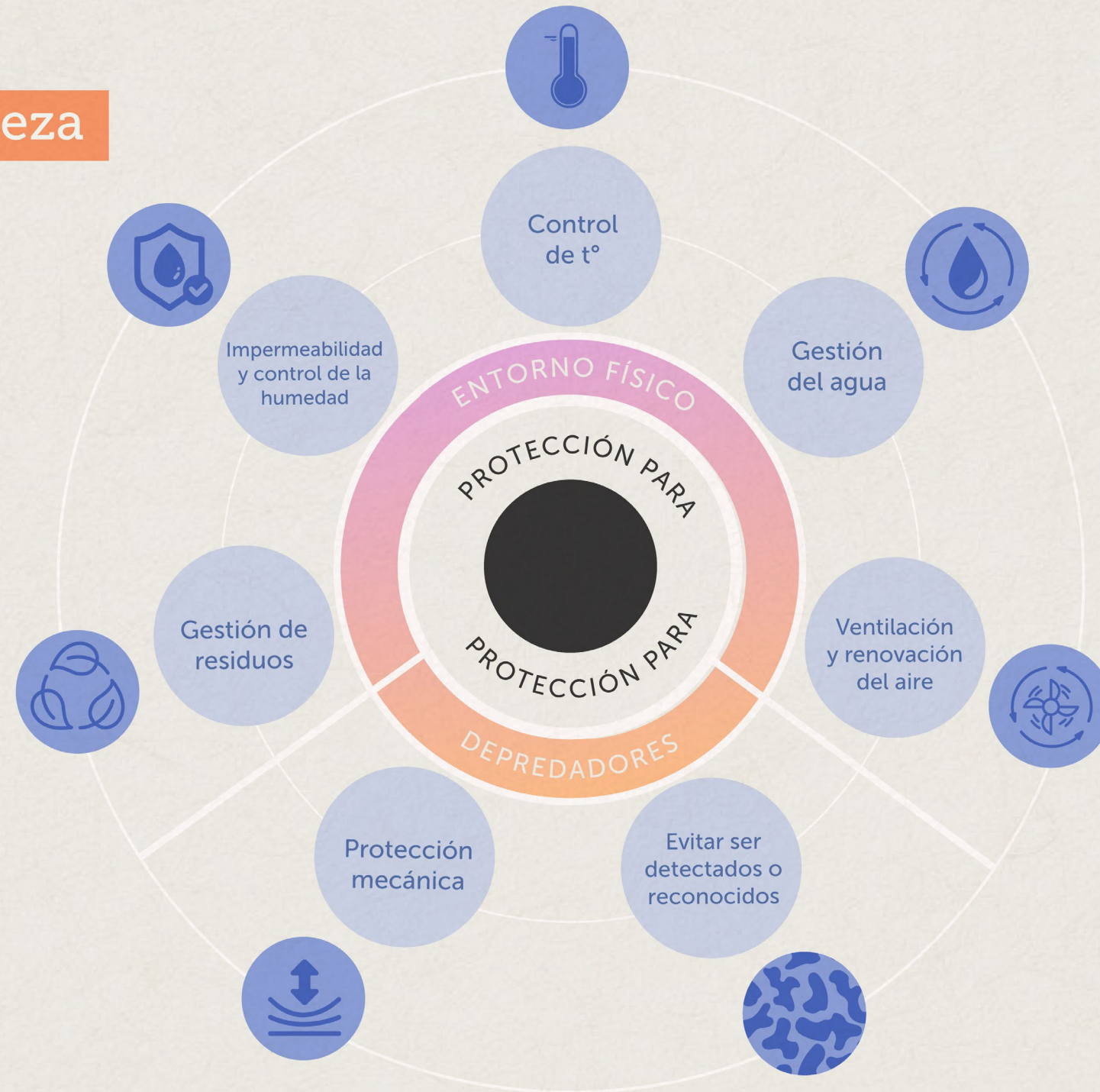
La gestión del agua: si bien el agua es un elemento esencial en la vida de los seres vivos, también puede convertirse en un factor de riesgo si no se controla, los habitáculos de los animales consideran la posible presencia de agua en sus refugios y cómo gestionarla de forma correcta.

Impermeabilización y control de humedad: los habitáculos consideran el control de humedad y la impermeabilización a través de capas protectoras que aíslan la lluvia y el rocío, buscan evitar deterioros en sus estructuras, la presencia de moho u otros parásitos que puedan afectar su equilibrio natural.

La ventilación y renovación de aire: se ha evidenciado en diversas obras de los animales como resuelven problemas asociados a la ventilación, aplicando técnicas para conservar y renovar este elemento vital, demostrando un dominio del aire.

Gestión de residuos: sabemos que todo ser vivo produce desechos, por ello existen diversas formas de cómo las especies abordan este criterio en la construcción de sus habitáculos para mantener su limpieza.

Funciones de un habitáculo en la naturaleza



◀ **Figura 10.** Funciones de un habitáculo en la naturaleza. Biodiseño "aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales" (García Santibáñez Saucedo, 2007).

Elaboración propia.

En cuanto a la “protección frente a los depredadores” nos encontramos con los siguientes requerimientos:

El evitar ser detectados o reconocidos: en la construcción de habitáculos también se emplean técnicas de ocultamiento, que se dividen en dos tipos, la primera se conoce como “cripsis” que consiste en confundir el organismo con el entorno, el segundo es el “mimetismo” que consiste en parecerse a otro elemento del entorno, ambas técnicas con el fin de protegerse de ser reconocidos por su depredador.

La protección mecánica: La elección de materiales y cómo emplearlos en la fabricación del habitáculo influyen enormemente en la seguridad que pueda brindar. Resistencia del material, la fortaleza de su estructura, la dureza al combinar elementos, la flexibilidad, son variables que ayudarán al requisito de que el refugio los proteja ante eventuales ataques de depredadores.

Para términos de esta investigación, cuando nos referimos a un sitio de nidificación “confortable”, estaremos haciendo alusión al cumplimiento de los criterios de “protección frente al entorno físico”, mientras que, cuando nos referimos a un espacio “seguro”, será en el cumplimiento de los criterios de “protección frente a los depredadores”.

Dentro de las técnicas más comunes empleadas en la naturaleza para la construcción de habitáculos, están: el cobijo preconstruido, el esculpido y el excavado; el apilamiento; el moldeado modelado y el moldeado extruido e hilado; el enrollado y plegado; el pegado; el tejido y el cosido. Ya pudimos constatar que las aves rapaces no suelen construir sus propios nidos, por lo que utilizan “cobijos preconstruidos”, estos nidos preconstruidos generalmente se forman a través del “esculpido y excavado” que hace referencia a la técnica de restar material en superficies como piedra o madera para crear cavidades.

Entonces la pregunta es evidente, ¿cómo integrar o simular de mejor manera las condiciones de protección que otorga un habitáculo en la naturaleza en el diseño y desarrollo de habitáculos artificiales, que buscan de la misma forma, no solo proteger y resguardar, si no también garantizar el éxito reproductivo? La respuesta no puede si no surgir del estudio de éstos, serán las mismas obras de los animales y las leyes de la naturaleza, las que entregarán los criterios de diseño.

HABITÁCULOS EN LAS AVES: NIDIFICACIÓN AVES RAPACES Y REPRODUCCIÓN

Resulta necesario comenzar este apartado con la definición de dos conceptos, nicho ecológico y hábitat. Entenderemos por nicho ecológico el conjunto de factores bióticos (e.g. alimento, competencia) y abióticos (e.g. elevación, precipitaciones, temperatura) que permiten que una especie haga uso de un ambiente en específico, y la forma (comportamiento) en que dicha especie interactúa con dicho ecosistema. Mientras que con hábitat nos referiremos al lugar que contiene los recursos necesarios para asegurar que la especie sobreviva y se desarrolle en ese medio (Block & Brennan, 1993). En otras palabras, hábitat es “todo tipo de formación vegetacional claramente distintiva (e.g. bosque, estepa, pastizal) o que forma parte de un gradiente estructural, ya sea natural (e.g. bosque antiguo, bosque secundario) o antropogénico (e.g. cultivos, centros urbanos)” (Alvarado Orellana et al., 2015, p.43)

Entonces, ¿cómo ocurre la selección de hábitat en las rapaces? Muchos factores subyacen a la selección y uso de un hábitat, conlleva un proceso de respuestas conductuales, adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten distinguir cómo influirá en su reproducción, desarrollo y supervivencia las características y

condiciones del entorno (Newton, 1979). Disponibilidad de sitios de descanso, estructura de sitios de nidificación, composición vegetativa, abundancia y distribución de alimento, interacción con otras especies, son solo algunos de los factores que influyen en la selección y uso de un hábitat (Block & Brennan, 1993). Esto se puede resumir en un solo concepto, “calidad de hábitat”, que tiene que ver con la capacidad del hábitat para asegurar y maximizar el crecimiento poblacional mediante el éxito reproductivo (Alvarado Orellana et al., 2015; Boulinier et al., 2008).

La nidificación en las aves es de los procesos más elementales, es un proceso, demandante complejo y frágil, intrínsecamente ligado a la etapa reproductiva; ambos procesos deben resultar en perfecta sincronía, el nido es el “centro de atención y cuidado”, siendo “pieza fundamental en el éxito reproductivo” (Tomás Alberto Altamirano et al., 2012).

Con respecto a la nidificación identificamos tres rangos espaciales: sitio de nido, territorio reproductivo y ámbito de hogar. El sitio de nidificación es el espacio que la pareja escoge para anidar y reproducirse, mientras que el territorio reproductivo se refiere a un área más extensa que en época reproductiva puede contener más de un nido. Por otro lado, el ámbito de hogar abarca todas las actividades de la pareja, incluyendo tanto el territorio reproductivo como las áreas de caza (Alvarado Orellana et al., 2015).

Llegada la temporada de reproducción, la gran mayoría de las aves construyen sus nidos para proteger sus huevos. Los nidos son estructuras posicionadas a distintas alturas y sobre variadas estructuras, con todo tipo de materiales de anidación y a través de diversas técnicas de construcción, según las necesidades de cada especie; todos estos elementos constructivos cumplen una función, pueden tornarse críticos y determinantes en el éxito reproductivo. Es en este espacio donde ocurren los procesos más elementales de la vida, la puesta de huevos, la incubación, crianzas, primeros vuelos, maduración y adaptación al medio necesaria para enfrentar

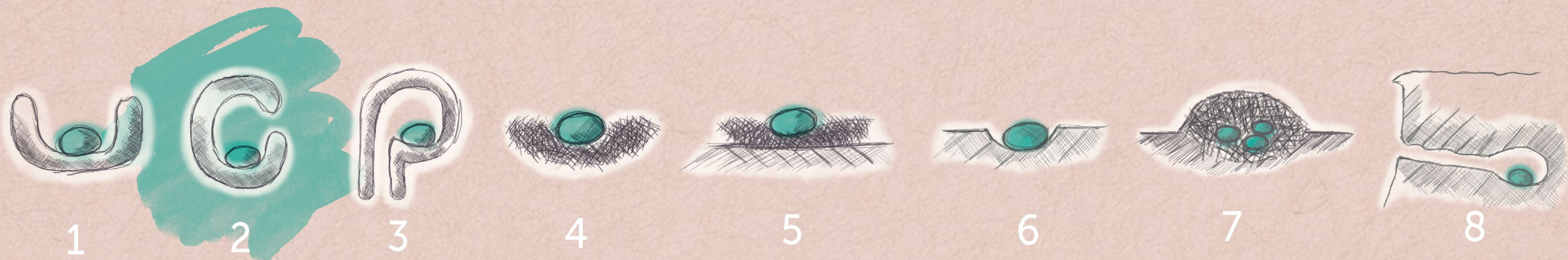
el mundo exterior. Durante todas estas etapas el sitio de nidificación y sus elementos estructurales deben poder otorgar un sitio seguro y protegido de las adversidades del exterior, como las condiciones climáticas y presencia de depredadores (principales causas de fracaso de nidadas), asegurando que la etapa reproductiva llegue exitosamente a su fin (Tomás Alberto Altamirano et al., 2012).

Diversos son los sustratos de anidación de las aves rapaces, ramas, cavidades en árboles, grietas en rocas, edificaciones, elevados, a nivel del suelo o bajo suelo. Algunas como el aguilucho común, el peuco, el tiuque, entre otros, construyen sus propios nidos, que generalmente consiste en una especie de “taza” ovalada creada a partir de ramas entrelazadas, en cambio otras como el chuncho, concón, tucúquere y lechuza, no construyen sus nidos, estableciéndose en espacios protegidos, generalmente dentro de cavidades preexistentes. (Alvarado Orellana et al., 2015). En la figura x podemos apreciar una representación conceptual de los diferentes nidos generados por las aves.

Una vez escogidos los sitios de nidificación comienza la etapa más crítica, la incubación de los huevos, determinante en el éxito reproductivo. Existen diversos factores que pueden incidir en el fracaso reproductivo, algunos de estos son, condiciones climáticas, como lluvias extremas, depredación de huevos, caídas del nido y perturbación humana. Camuflaje, sitios de nidificación protegidos, defensa territorial por parte del macho, son algunas de las estrategias que permiten hacer este proceso más seguro (Alvarado Orellana et al., 2015).

Tejer, pegar, superponer, excavar, anudar, clavar, rascar, amontonar, son algunas de las variadas técnicas utilizadas, y diversos son los materiales empleados en la construcción de nidos, los podremos ver sobre un árbol, bajo el suelo, en laderas de montañas, en el tejado de una casa; muchas son las posibilidades y dependerá de cada especie, pero todas apuntan a solucionar el mismo problema, cómo generar un habitáculo que les proteja de las adversidades del exterior y asegure el éxito reproductivo.

Representación conceptual de los nidos en cuanto a su forma



(1)Nidos de copa. (2)Nidos de bóveda. (3)Nidos de bóveda con tubo. (4)Nidos de plato.
(5)Nidos de cama. (6)Nidos rascados. (7)Nidos amontonados. (8)Nidos excavados.

▲
Figura 11. Bocetos de la visual interna de los nidos. Los tamaños de los huevos y los nidos no están proporcionados. Biodiseño “aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales” (García Santibáñez Saucedo, 2007). Elaboración propia.

NIDIFICACIÓN EN AVES RAPACES NOCTURNAS

En el apartado anterior ya conocimos los tipos de habitáculos presentes en las aves, ahora la pregunta es, ¿dónde anidan las aves rapaces nocturnas?, ¿cómo son sus habitáculos?, ¿cuáles son las técnicas empleadas en su construcción?

“Cada especie tiene sus propias preferencias de posición, altura, orientación, refugio, accesibilidad y visibilidad del sitio de anidación” (Tapia & Zuberogoitia, 2018, p.64). A diferencia de las aves rapaces diurnas, las Strigiformes por lo general no construyen sus nidos y la elección de sustratos para colocar sus huevos es muy variada; sus sitios de nidificación (sustratos) pueden ir de grietas en roquedos, cuevas, oquedades en árboles, hasta agujeros excavados en el suelo, o incluso, algunas aves, como la lechuza, dada su gran plasticidad y capacidad de adaptación a diversos ambientes, anida sin problemas en estructuras artificiales, como agujeros de muros y cornisas de construcciones abandonadas (Castillo i Borrás, 2011; Muñoz-Pedrerros et al., 2019). Usualmente también hacen uso de nidos abandonados por otras aves, y solo los amplían o modifican según sus necesidades, una estrategia que les permite ahorrar tiempo y energía para la época reproductiva. Algunos nidos son habitados repetidamente por décadas, incluso siglos, y solo van rotando de propietario (Tapia & Zuberogoitia, 2018), en la familia de los Strigiformes tenemos el ejemplo del pequén, la lechuza y el chuncho, quienes pueden ocupar el mismo sitio de nidificación durante años (Muñoz-Pedrerros et al. 2019).

Constatamos entonces que las rapaces nocturnas suelen recurrir a “cobijos pre-construidos”, es decir, habitáculos listos para habitar. En esta misma línea cabe preguntarse y para términos de esta investigación, ¿cómo se generan las oquedades en los árboles que rapaces nocturnas utilizan como sitios de nidificación?

CAVIDADES EN ÁRBOLES COMO SITIOS DE NIDIFICACIÓN

Un árbol, a lo largo de su vida, pasa por una serie de sucesos aleatorios, que van colaborando en la formación microhábitats, como lesiones por incendios, tormentas, relámpagos, caídas de rocas, exposición a la nieve, humedad, colonización de hongos o actividades de pájaros carpinteros, estos eventos son los que van dejando daños en la corteza, fisuras y formando las cavidades (Rita Bütler et al., 2021). Las oquedades en los árboles son “cavidades semi-cerradas que se forman por degradación (cavidades «naturales») o bien son excavadas por animales en el tronco y ramas principales” (Ojeda, et. al, 2011), que gracias al microclima amortiguado en el interior, brindan refugio o un lugar para la reproducción de muchas especies (Rita Bütler et al., 2021). En el primer caso refiere a un proceso natural de pudrición y senescencia que irá formando paulatinamente la cavidad, y en el segundo caso especies que excavan y forman sus propios habitáculos (T.A. Altamirano et al., 2012).

¿Quiénes son los grandes proveedores de cavidades? La respuesta está en la familia zoológica Picidae o los popularmente llamados pájaros carpinteros; estas aves se caracterizan por generar sus propios nidos en troncos de árboles, excavan y logran hacer una perforación interna en forma de cilindro, con una entrada circular u oval. Los carpinteros son usuarios primarios de oquedades arbóreas, pero no son los únicos, también están los usuarios secundarios, quienes no tienen la capacidad de generar cavidades, por lo que, hacen uso de las ya preexistentes. En estas oquedades, al igual que el carpintero, otras especies podrán anidar, refugiarse y reproducirse, tales como aves y mamíferos, entre ellos, loros, búhos (rapaces nocturnas), y marsupiales como el monito del monte. Dado el rol ecológico que cumplen los carpinteros, “ligados funcionalmente” a este conjunto de especies que hace uso de sus construcciones, es que son consideradas “especies claves”, “una especie clave

es aquella que influye en el ecosistema que ocupa de una forma desproporcionadamente significativa en relación con su abundancia o biomasa” (Ojeda et. al, 2011).

Entonces, las especies que utilizan estos sitios para nidificar se dividen en anidadores de cavidades primarios, como son el caso de los pájaros carpinteros, quienes excavan sus propias cavidades para anidar; y los anidadores de cavidades secundarios, que usan oquedades preexistentes, como sería el caso de la lechuza. (T.A. Altamirano et al., 2012; Remm, 2008)

Los procesos de formación de cavidades, incluidas las formas por excavación dependen en gran parte de los hongos descomponedores de madera, los cuales aceleran el proceso de pudrición de los árboles desde el interior ablandando el duramen del tronco, lo que facilita y hace más eficiente las labores de los excavadores, así la parte externa del árbol permanece dura proporcionando al nido fuertes paredes. Otros procesos que colaboran en la formación de cavidades en árboles en descomposición son: la caída de alguna rama del tronco, fisuras y roturas parciales de troncos ahuecados; estos procesos son vitales para la formación de sitios de nidificación para diversas especies. (Remm, 2008)

La diversidad y el número de especie que puede contener un árbol tendrá directa relación con aspectos como la edad, el diámetro del tronco y el espesor de la corteza, es decir son los árboles más viejos y gruesos los que poseen mayor cantidad de tipos de microhábitats, por lo tanto, albergan mayor biodiversidad. Esto significa que el valor ecológico de un árbol proveedor de microhábitat aumenta con la edad, siendo los árboles con mayor diámetro, ya sea vivo o muerto, los que tienen mayores probabilidades de formación de cavidades. Tal es el caso de Chile, en donde se ha comprobado que “un 63% de las cavidades usadas para nidificación en el bosque templado andino de Chile se encontraron en árboles muertos en pie y sólo un 37% en árboles vivos” (T.A. Altamirano et al., 2012, p.28), en donde las aves escogen principalmente cavidades disponibles en robles

(*Nothofagus obliqua*), coihues (*Nothofagus dombeyi*), avellanos (*Gevuina avellana*) y lengas (*Nothofagus pumilio*) para nidificar (T.A. Altamirano et al., 2012).

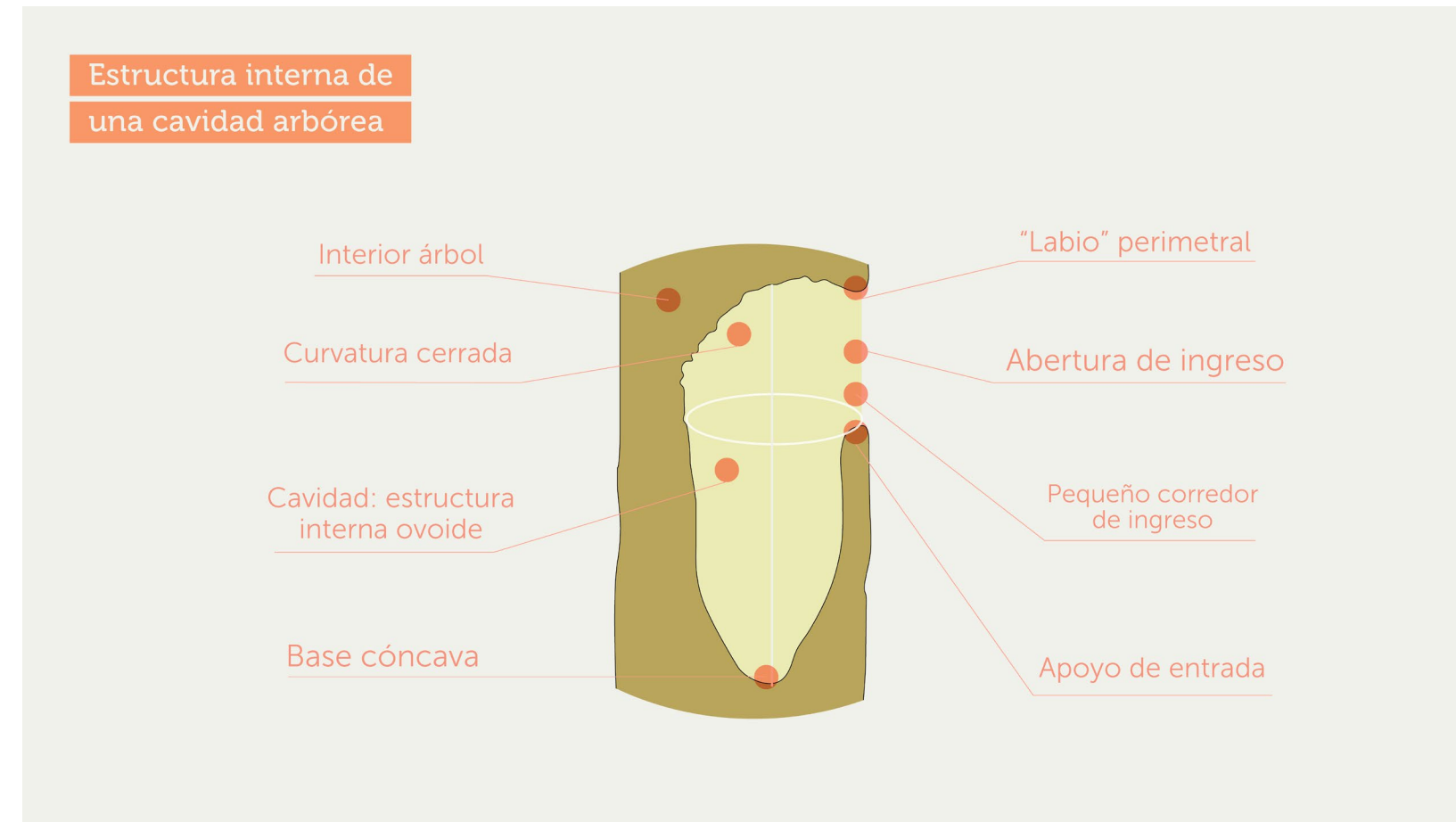
Saavedra M. (2015), llevó a cabo una caracterización de los sitios de nidificación del carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) específicamente en áreas silvestres protegida del Estado en la Región de la Araucanía; esto se debe a que las poblaciones del carpintero negro solo se encuentran bien representadas en áreas menos intervenidas por el humano, de bosques densos y adultos o adulto-renoval. Algunas de las especies que comparten hábitat con el carpintero negro y que se ven beneficiadas por sus labores como excavador primario de oquedades son el monito del monte (*Dromiciops gliroides*), chuncho (*Glaucidium nanum*), cachaña (*Enicognathus ferrugineus*), rayadito (*Aphrastura spinicauda*) y cometocino patagónico (*Phrygilus patagonicus*), entre otras.

El carpintero evidentemente construye un sitio que cubre sus necesidades, y las especies que pueden aprovecharse de ello, son las que consideran un tamaño similar o menor al del carpintero (Saavedra M., 2015), sin embargo, la lechuza, que es un ave de mayor tamaño y, por ende sus requisitos de nidificación en cuanto a espacialidad son distintos, también se puede ver perfectamente beneficiada por las labores de los excavadores primarios, teniendo en consideración que la formación de cavidades arbóreas de gran tamaño es el resultado de una combinación procesos. Por ello, haremos uso de la caracterización que está investigación realiza a nivel morfológico de una de las cavidades de carpintero negro encontrada en el Parque Nacional Huerquehue, específicamente en una especie de lenga, considerada como una cavidad concluida. Por lo tanto, no se hará uso de las referencias volumétricas, si no que, el análisis se centrará en identificar a nivel de estructura, las funciones de los componentes de una cavidad asociado a sus formas.

La **figura 12** nos muestra una sección vertical de la estructura interior de la cavidad del nido del carpintero negro, en donde se

pueden identificar ciertos rasgos y componentes. Se observa que la construcción del nido se extiende hacia abajo, creando una estructura ovoide interna (mucho más alta que ancha), que alcanza una gran profundidad haciéndose más cóncava hacia la base, la cual presenta una forma de “copa” para recibir a los huevos, una abertura de ingreso amplia que se prolonga formando un pequeño “corredor,” seguido hacia el interior por una curvatura con cierta altura que da la impresión que facilita el gesto del ingreso por parte de las aves, por último un perímetro a modo de “labio” que rodea el perímetro de la oquedad de ingreso que en su parte baja actúa como apoyo de la entrada.

Finalmente, a pesar de que existen aves rapaces consideradas “especialistas de hábitat” cabe destacar que la investigación no ha sido concluyente en determinar que “todas las especies típicamente asociadas a un determinado tipo de hábitat están restringidas comportamental o ecológicamente a él” (Muñoz-Pedreros et al. 2019, p. 251). En concordancia, podemos suponer que a pesar de que algunas aves más especialistas requieran de condiciones y requerimientos específicos a la hora de seleccionar sus sitios de nidificación, mientras haya disponibilidad y abundancia de presas podrían resultar lo suficientemente versátiles y plásticas para adaptarse a un hábitat determinado y considerar un sitio de nidificación apto para su reproducción. Está claro que, conocer los requerimientos de selección de hábitats y sitios de nidificación, resulta crucial a la hora de diseñar medidas y estrategias para la conservación tanto de la especie como para el ecosistema asociado a estas.



▲
Figura 12. Estructura interna y componentes de la cavidad del nido de un carpintero negro (*Campephilus magellanicus*). Modificado a partir Saavedra M. (2015). Elaboración propia.



CASAS ANIDERAS

Crédito: barnowlboxes.com vía
Pinterest. [https://www.pinterest.ch/
pin/845199055066092762/](https://www.pinterest.ch/pin/845199055066092762/) ◀



ARTIFICIOS PARA ATRAER AVES RAPACES

En Chile y el mundo existen diversos estudios que, a través del tiempo bien han documentado la eficacia de las casas anideras en la implementación de estrategias de control biológico de plagas silvoagropecuarias y zoonóticas (Huysman et al., 2018; Meyrom et al., 2009; Muñoz-Pedrerros, 2013; Roberto Murúa et al., 2006). Su aplicación es una respuesta a la alta reducción de ecosistemas boscosos, que va dejando una baja disponibilidad de árboles con cavidades de las que un montón de especies dependen, entre ellas, las aves rapaces. Las casas anideras en este tipo de iniciativas buscan potenciar el biocontrol ofreciéndoles a las aves rapaces sitios de nidificación alternativos para mitigar la falta de cavidades naturales de nidificación; artificios que no solo buscan atraer a la especie objetivo, sino también mejorar la calidad de su hábitat, con incidencia en la mantención, recuperación e incremento de sus poblaciones, una contribución a su conservación.

Entonces, según Muñoz-Pedrerros et al. (2019) “las casas anideras son artificios que se instalan para ofrecer huecos para nidificar”, es decir, “simulando, de mejor manera posible, las condiciones naturales se busca atraer a las aves objetivo para que puedan reproducirse de forma efectiva”.

De la misma forma, la implementación de casas anideras, puede tener más de una finalidad. El libro “Aves Rapaces de Chile” (Pedrerros et al., 2019) da cuenta de cuatro objetivos:

Conservacionistas: contribuyen en mitigar la falta de cavidades para la nidificación, las casas anideras buscan ofrecer un refugio alternativo efectivo y seguro en ecosistemas degradados. El objetivo es mejorar la calidad del hábitat de la especie objetivo, recuperando o reintroduciendo sus poblaciones en un área determinada.

Investigación: se utiliza como herramienta para investigaciones etológicas, estudios reproductivos y de dinámicas poblacionales de las especies.

Control de plagas: artificios que buscan atraer la especie objetivo a un área determinada para potenciar la estrategia de control biológico de plagas.

Educación: como instrumento para programas de educación ambiental, vinculando e integrando a la población en iniciativas que promuevan la conservación de estas especies.

Por lo que, en un plan de control biológico de plagas, consideraremos las casas anideras como artificios que buscan atraer la especie objetivo hasta el área en donde queremos que sea efectuado el control. Además de las casas anideras, se puede apoyar la estrategia en conjunto con otros artificios, como posaderos y/o comederos.

Cabe preguntarse, ¿qué tan efectivas son las casas anideras? Comenzar aclarando que la aceptación de estos nidos artificiales es multifactorial, puede depender tanto de aspectos constructivos de las casas como de atributos del hábitat, o una combinación de ambos. Para el caso de la lechuza, diversos estudios han documentado tasas de ocupación de casas anideras muy positivas, esto puede tener directa relación con la gran plasticidad de las lechuzas de adaptarse a todo tipo de hábitats, incluidos los urbanizados. “Para lechuzas blancas se ha documentado ocupación de casas anideras con proporciones de aceptación que van desde 29 a 96%”, cifra que corresponde a experiencias alrededor del mundo. Por otra parte, en Chile, en una iniciativa de control biológico de plagas de roedores con lechuza implementada en la Reserva Nacional del Lago Peñuelas, en la región de Valparaíso, en donde se instalaron 20 casas anideras en noviembre del 2001, se logró evaluar la efectividad de las casas anideras, obteniendo que para la tercera temporada reproductiva, es decir, 3 años después de su instalación, contaban con una tasa de

ocupación del 90,9% de las casas, y la población de lechuzas desde el primer censo que se efectuó previo a la instalación, había aumentado en un 439,2% (Muñoz-Pedreros et. al, 2019).

DISEÑOS DEFICIENTES Y RIESGOS ASOCIADOS

Las casasanideras pueden resultar más seguras que los nidos naturales, incluso pueden colaborar en la disminución de la depredación de los polluelos (Muñoz-Pedreros et al., 2019), esto, si se consideran todos criterios pertinentes en su diseño y construcción, de lo contrario las casasanideras pueden tornarse una verdadera trampa.

En este apartado evaluaremos los principales riesgos asociados a diseños deficientes de casasanideras. Tomaremos como referencia la vasta investigación y experiencia que tiene “The Barn Owl trust”, una organización de Inglaterra, dedicada hace más de 20 años a la conservación de la lechuza y sus ecosistemas. (The Barn Owl Trust, 2021e).

De esta investigación se desprende que los principales errores en el diseño de una casasanidera son:

Poca profundidad: un buen diseño debe contemplar una profundidad considerable entre la base y el orificio de entrada, en ningún caso la oquedad de ingreso y la base se deben encontrar al mismo nivel, y si la distancia es muy reducida puede conllevar en que los polluelos abandonen o caigan fuera del nido prematuramente, que, de ser así, existen muy pocas probabilidades de que ellos sobrevivan. Para las lechuzas un refugio con una profundidad deficiente considera una medida igual o menor 250 mm.

La pérdida de los pichones desde el nido se debe principalmente a la depredación, tanto de otras aves, como de mamíferos o animales

exóticos, como gatos domésticos. Las aves si se sienten demasiado amenazadas, pueden abandonar el nido, incluso el territorio (Muñoz-Pedreros et al., 2019). La profundidad correcta también colabora en mayor protección para los pichones, haciendo más difícil que los depredadores lleguen hasta ellos.

Materiales no resistentes al agua: evidentemente un diseño de refugio eficiente debe poder proteger de condiciones climáticas adversas, siendo la lluvia uno de los escenarios más complejos. Es imprescindible que el interior de la casa se mantenga seco, dado que el exceso de húmedo y frío, puede tener graves y letales consecuencias, principalmente durante la etapa reproductiva, como que la gestación no llegue a su fin por enfriamiento de huevos (no eclosionen), o la muerte de polluelos recién nacidos.

No considerar la gestión de residuos: un correcto diseño de casasanidera debe considerar el acceso al interior para realizar limpiezas periódicas. Durante la ocupación del refugio, se van acumulando residuos orgánicos en la base, que de no retirarlos después de cada etapa reproductiva provocan una excesiva acumulación que reduce la profundidad de la casa, lo que aumenta el riesgo de que los polluelos caigan o abandonen el nido antes de tiempo.

Anclaje poco seguro: un sistema de fijación al soporte poco seguro o con materiales de mala calidad puede derivar en que el artefacto se desprenda mucho antes de tiempo. Generalmente esta es una de las primeras razones que dejan no operativas las casasanideras, las que se caen porque el sistema de anclaje, que usualmente es de madera, se pudre.

La baja calidad de los sitios de nidificación incrementa la mortalidad principalmente de los pichones, incide en la ocupación de los nidos y afecta el éxito reproductivo. Por lo que, a través de diseños eficientes de refugios alternativos se pueden contribuir a mitigar los riesgos asociados a la etapa reproductiva, ofreciéndoles sitios de nidificación seguros y confortables.



▲ Familia de 7 lechuzas en el interior de una casasanidera. Recuperado de: <https://www.clawonline.org/shop/barn-owl-nesting-box>

CRITERIOS CONSTRUCTIVOS

Para esta investigación resulta imprescindible conocer las consideraciones, requerimientos, criterios y la toma de decisiones en la ideación y construcción de casas anideras desde una perspectiva ornitológica.

Muñoz-Pedrerros (2019) en el capítulo 6 “Aves rapaces y control biológico de plagas” del libro *Aves Rapaces de Chile* nos dice que el diseño y construcción de casas anideras dependerá de:

- Requisitos de hábitat de las especies
- Conducta
- Objetivo de la instalación
- Materiales disponibles
- Presupuesto

De forma transversal sea cual sea nuestra ave objetivo, existe una regla básica a considerar en los diseños, “la casa anidera se debe adecuar a los requerimientos del ave y no al revés”, buscando “la mayor semejanza posible con los nidos naturales”.

Algunos de los criterios a tomar en cuenta en el diseño de casas anideras que nos presenta Muñoz-Pedrerros (2019) son:

- Alta durabilidad
- Bajo peso
- Buena maniobrabilidad
- Estéticamente no agresivos con el ambiente natural
- Adecuada aislación térmica
- Ventilación
- Drenaje de agua

Tras la revisión bibliográfica sobre construcción de casas anideras, principalmente tomando en consideración fuentes de información

de organizaciones y entidades diversas con foco en la conservación de aves rapaces, se ha seleccionado hacer referencia a los criterios de diseño y construcción que nos expone “The Barn Owl Trust”, dado que resume y ofrece de manera muy completa y detallada recomendaciones y consideraciones para la construcción de casas anideras para lechuza. The Barn Owl Trust es una organización del Reino Unido fundada en 1988, y que desde entonces ha trabajado en la conservación de la lechuza y su entorno. Tiene más de 30 años de experiencia en investigación, educación y trabajos prácticos de conservación para crear hábitats ideales para la lechuza (The Barn Owl Trust, 2021a). Esta organización promociona la venta de sus casas anideras, pero también entrega las recomendaciones para construirlas por tu cuenta, es decir, ofrece planos, tutoriales completos de procesos constructivos, guía completa de materiales, dimensiones exactas, recomendaciones de instalación, monitoreo y un listado completo de requisitos mínimos para considerar en los diseños de casas anideras para lechuza.

Esta organización presenta tres modelos con consideraciones de diseño distintas; cada uno responde a los diversos tipos soporte de instalación, casas anideras que se instalan al interior de estructuras humanas, en árboles y en postes. Para términos de esta investigación haremos referencia a las casas nidos para árboles.

Debemos aclarar que esta organización que pertenece al Reino Unido, define todos sus parámetros en base al estudio de la lechuza presente en Europa, que difiere en tamaño a la lechuza presente en Chile (lechuza americana), que es 50% más pesada que la presente en Europa, con alas un 12% más grandes y de patas 25% más largas (The Barn Owl Trust, 2021b). Declaran que sus criterios se pueden adaptar a la lechuza americana, recomendando que algunas de las medidas definidas en sus diseños deberían aumentar aproximadamente en un 30%. Sin embargo, también se debe tener en cuenta que aumentar medidas podría comprometer otros aspectos y requisitos del diseño, como el peso de la estructura y su manejo.



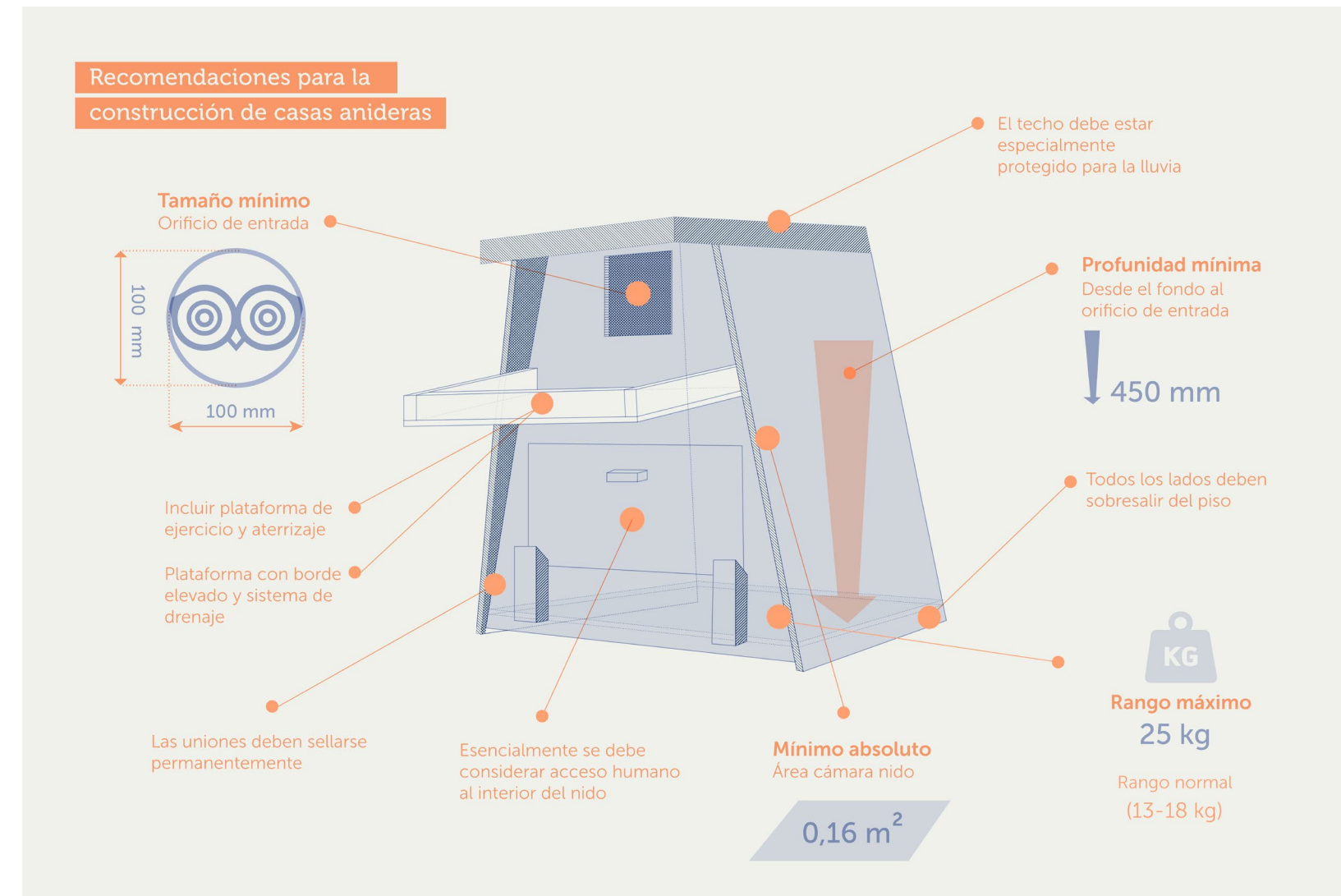
▲ **Figura 13.** Tipos de casas anideras. De arriba abajo: casa común, casa de dos aguas, casa tronco. Modificado de Yoakum et al. (1987). Muñoz Pedrerros et al. (2019)

Es por ello, que utilizaremos sus criterios y recomendaciones como una guía que debe ser evaluada según los requisitos de esta investigación, la información aquí expuesta nos permitirá definir algunos parámetros y variables mínimas a considerar, que serán complementados con un catastro más exhaustivo de casas anideras disponibles en el mercado, y por supuesto las consideraciones morfométricas de nuestra especie objetivo.

Las recomendaciones y criterios de construcción que “The Barn Owl Trust” nos entrega (**figura 14**) hacen referencia a un modelo de casas anideras convencional, por lo que presentaremos la guía intentando traducir sus pautas a requerimientos de la función de un refugio. La mayoría de las recomendaciones y criterios mínimos a considerar tienen que ver con dos aspectos de gran relevancia en la toma de decisiones de diseño, serán agrupados en dimensiones y materiales (The Barn Owl Trust, 2021c).

Dimensiones: las dimensiones más críticas y relevantes consideran la profundidad del artificio (desde la base al orificio de ingreso), el área de la base del nido y la dimensión del orificio de entrada. En la **figura 14**, podemos ver las medidas óptimas para estas variables consideradas como rangos mínimos. Lo óptimo no resulta siempre lo ideal, si habláramos de un tamaño ideal para, por ejemplo, el área de la superficie de la casa nido, consideraría un 1m² por 1m de profundidad, pero un artificio de este tamaño sería absolutamente poco práctico, tanto para construirlas como para montarlas. La medida de la profundidad de la casa es especialmente importante, dado que una buena profundidad podría evitar que los pichones caigan fuera del nido antes de tiempo durante la etapa de sus primeros ejercicios de vuelo.

Selección de materiales: en cuanto a la selección de materiales, varios de los criterios tienen que ver con la capacidad de resistir a las condiciones climáticas, se priorizan materiales resistentes a la putrefacción tratados con adhesivos impermeables, destinados para uso externo, utilización de uniones mecánicas antioxidantes y poner énfasis en las uniones de las piezas y el techo como las partes más críticas por donde podría ingresar agua dentro del refugio.



▲ **Figura 14.** Criterios constructivos de casas anideras para lechuzas, según “The Barn Owl Trust”. The Barn Owl Trust, (2021c). Elaboración propia.

INSTALACIÓN DE CASAS ANIDERAS

A continuación, se presentan aspectos que se deben considerar para la correcta instalación de casas anideras, tomaremos como referencia las recomendaciones que establece Muñoz-Pedrerros (2019) en “Aves rapaces y control biológico de plagas” del Libro Aves Rapaces de Chile (Muñoz-Pedrerros et al., 2019), pautas construidas tomando en consideración la investigación, educación, conservación y/o control biológico como los objetivos que motivan la implementación de estos artificios, estos son:

Época: siempre la época más idónea para instalar las casas anideras será por lo menos un mes previo al inicio de la temporada reproductiva. Considerando que las rapaces comienzan su periodo de reproducción en primavera, es entonces, durante el mes de agosto (en Chile), la época ideal para llevar a cabo la instalación.

Orientación y exposición: “las aves seleccionan sus nidos en lugares y orientaciones que maximicen sus posibilidades de reproducirse con éxito” (Muñoz-Pedrerros et al., 2019, p. 458). La orientación y disposición de la casa anidera sobre el árbol son temas muy relevantes; este punto dependerá también del clima del lugar y características del hábitat. En ambientes similares a nuestra posición geográfica, la recomendación es instalar la casa orientada hacia la salida del sol, esto permite que durante el día sea aprovechado el calor. Eso sí, se debe evitar la exposición directa a los rayos del sol, para ello escoger un árbol indiciado es crucial, con un dosel que permita dar sombra, pero a la vez no sea demasiado frondoso, para que no vaya a obstaculizar la visualización del refugio a la especie objetivo.

Altura: la altura de instalación (**figura 14**) de una casa anidera debe considerar tanto los requerimientos del ave objetivo como los requisitos del equipo a cargo de la instalación. Para la lechuza se recomienda considerar una altura de 5m, sin embargo, también se

debe priorizar un fácil acceso al artificio que permita su posterior monitoreo, dado que se ha constatado la instalación de casas con éxito a menor altura, este punto más bien queda a criterio de las personas a cargo del proceso de instalación.

Estética y seguridad: este punto considera como aspectos de seguridad se vinculan con criterios estéticos aplicados al proceso de instalación. Una buena instalación desde la “estética”, es aquella que no perturba el paisaje circundante, por ejemplo, a través de una ubicación estratégicamente discreta, que, a su vez, se relaciona con la seguridad de las aves de no quedar demasiado expuestas, pudiendo convertirse en blanco de posibles intromisiones y hostigamientos humanos.

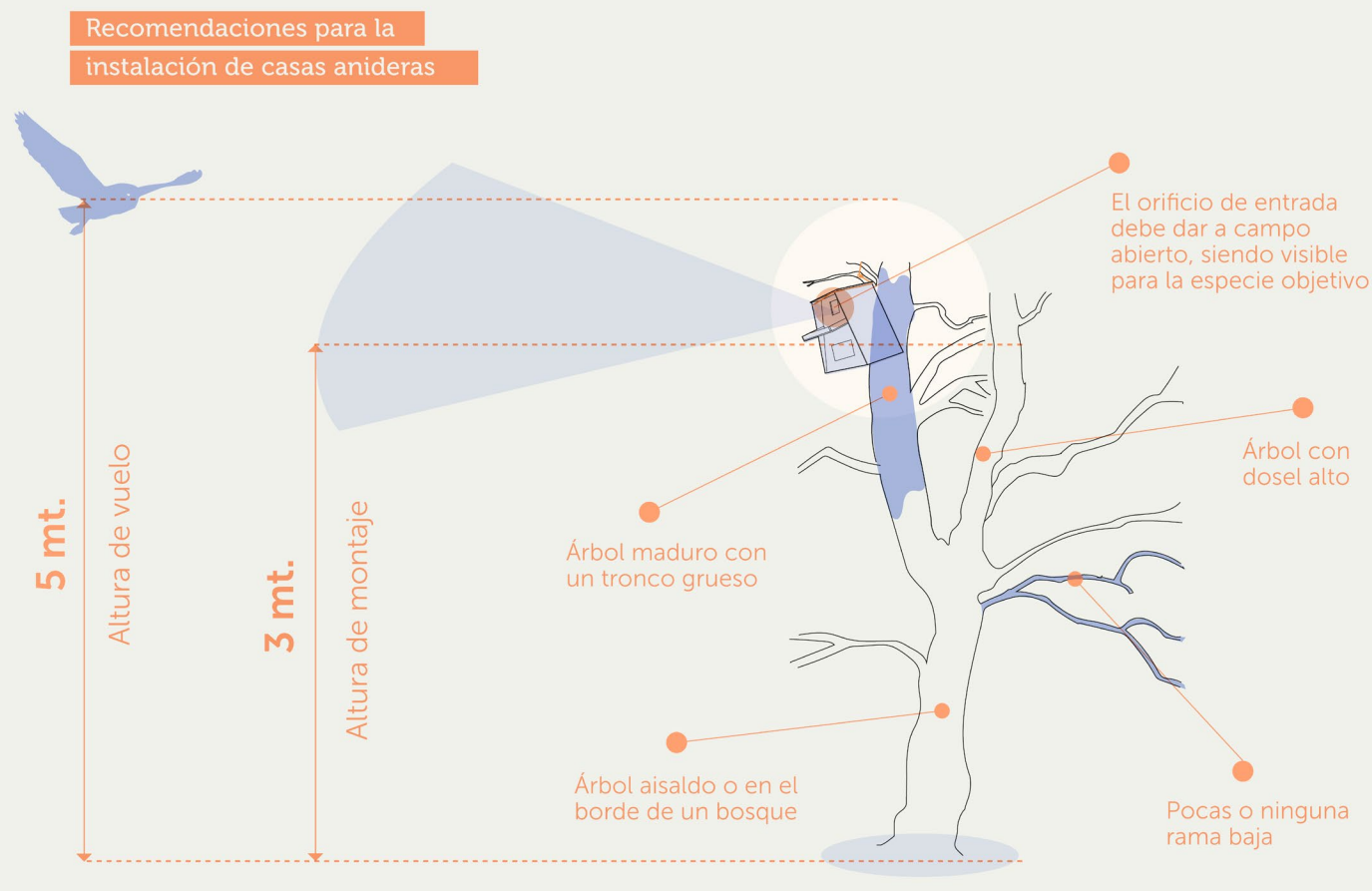
Marcaje: cada casa deberá tener su propio código de identificación, considera llevar un seguimiento y correcto monitoreo para la recaudación de antecedentes de forma sistemática y ordenada. Se recomienda geolocalizar las casas, registrar información sobre características del hábitat y en general cualquier dato que permita hacer un seguimiento temporal, como parte de un correcto posterior manejo y monitoreo de los artificios.

Densidad: el número de casas anideras a instalar en una determinada área dependerá de factores como, disponibilidad de alimento, características del hábitat, presencia de actividad humana, entre otros; sin embargo, se pueden entregar ciertas directrices. En casos en donde la oferta de presas es alta, correspondería a un número de hasta 5 casas anideras por hectárea, de lo contrario, si la densidad de presas es baja, no deberían ser más de 2 por hectárea, superar este número considerando el ámbito de hogar de las lechuzas, resulta innecesario. Otro método sería instalar inicialmente un número más grande de casas anideras y conforme pasa el tiempo, una vez se registre la ocupación de uno de los refugios, se puede proceder a sacar el resto, dado que cuando las casas anideras presentan una ocupación entre el 70 y 80% significa que ya se atrajo la mayoría de las aves rapaces susceptibles. La última recomendación es que cada casa anidera debe estar separada de la otra por una distancia entre 70 a 100 m.

Soporte arbóreo: el árbol ideal (**figura 15**) para ser utilizado como soporte de montaje debe ser maduro, de tronco grueso y dosel alto, con pocas o ninguna rama baja, para no facilitar que trepen depredadores, sin embargo, las ramas más altas sirven como sitios adicionales de descanso (perchas), evitar seleccionar un árbol con demasiado follaje que pudiese interferir con la visual de la oquedad por parte de las aves, por último, este debe estar preferentemente aislado o bordeando el bosque (The Barn Owl Trust, 2021c).

Podemos constatar la cantidad de consideraciones que se deben tener a la hora de instalar una casa anidera y que de las buenas decisiones depende gran parte del éxito en los objetivos de la implementación de estos artificios, es decir, una correcta instalación sopesa tanto como el diseño del refugio, aunque el refugio considere y responda de la mejor forma a todos los criterios de hábitculo de la especie objetivo, si la instalación es deficiente, una casa anidera podría convertirse en una trampa, implicando grandes riesgos para las aves, lo que evidentemente sería un despropósito para los objetivos en la implementación de estos nidos artificiales.

Figura 15. Recomendaciones para la instalación de casas anideras en árboles. The Barn Owl Trust, (2021c). Elaboración propia.



MONITOREO CASAS ANIDERAS

Monitorear las casas anideras es una forma eficiente de también hacer un seguimiento de las poblaciones de las aves, obtener tendencias demográficas, revelar tasas de ocupación del artificificio, evaluar éxito de su aplicación y comprobar hipótesis de investigación (Huysman et al., 2018).

Evaluación de la efectividad: para determinar el éxito de la ocupación, es necesario que desde que las casas se encuentren operacionales realizar controles de monitoreo periódicamente. Para facilitar el monitoreo y estandarizar el estudio, resulta imprescindible realizar una demografía de las casas anideras, es decir, censarlas y mapear sus ubicaciones puede resultar muy útil. El registro de la mayor cantidad de datos exactos, correctamente sistematizados, permitirá mejores resultados en la evaluación de la efectividad de las casas. Para ello, se recomienda considerar al menos la recaudación de los siguientes datos (Huysman et al., 2018; Muñoz-Pedrerros et al., 2019):

- Código casa anidera
- Georreferencia (coordenadas GPS)
- Localidad
- Fecha
- Clima
- Altura de instalación
- Orientación
- Resultados de la observación

Si la aplicación de las casas está destinada a la investigación y evaluación del éxito reproductivo, también se pueden ir registrando datos sobre esta etapa, como, por ejemplo, fecha de puesta de huevos, tamaño de la nidada, entre otras.

Control operativo: parte esencial del monitoreo consiste en constatar cada vez que se pueda que las casas anideras siguen operacionales, es decir que siguen en buenas condiciones y correctamente instaladas. Revisar la condición de los materiales, el estado del sistema de sujeción y también las condiciones del árbol, procurando que el mecanismo de anclaje no esté perturbando su crecimiento y desarrollo.

Precauciones: sea cual sea el objetivo en el monitoreo de las casas anideras, uno de los factores más importantes a tener en cuenta es la perturbación ejercida sobre el nido, una vez que la casa anidera evidencia ocupación, más aún, con presencia de polluelos, se debe poner especial énfasis en proceder en todo momento con el cuidado y la precaución de disminuir al mínimo la perturbación del nido. El procedimiento debe ser rápido y silencioso, evitando demasiado contacto visual con las aves, ya que existe el riesgo que ante situaciones de mucho estrés la madre abandone el nido.

Se debe considerar el mejor método para monitorear estos artificios, verificar manualmente el interior del nido o, a través de equipos de monitoreo de fauna, como cámaras de fototrampeo. Ambos métodos tienen sus ventajas y desventajas; evaluar los factores de limitaciones de tiempo, nivel de perturbación que se ejerce sobre las aves y la precisión de la información que deseo obtener, ayudará a escoger el método más idóneo.

Por último, se recomienda informar algunos de los datos que se van obteniendo del monitoreo a los beneficiarios o propietarios de los terrenos en donde se emplazaron las casa anideras.

MANTENCIÓN Y LIMPIEZA CASAS ANIDERAS

Las casas anideras siempre requerirán trabajos de mantención y limpieza. La frecuencia de estas labores dependerá en parte de la especie de ave que haya anidado, el tamaño del espacio interno, los niveles de ocupación y la ubicación de la casa anidera.

Reparaciones:

Evaluar el estado general de la casa anidera y sus componentes, es decir, revisar uniones, bisagras, estado del material, entre otros. Evaluar el recambio de alguna pieza y rrevisar con atención en comprobar el estado del sistema de sujeción del artificio, ya que es uno de los puntos más críticos y cruciales en la instalación segura de una casa anidera.

Limpieza:

La **figura 16** muestra un ave expulsando algo, pero ¿qué es? Este elemento ovoide son las egagrópilas, compuestas por todos los restos que tras la ingesta de alimento no se pueden digerir, como restos óseos y córneos, plumas, pelos, u otros elementos orgánicos e inorgánicos. Durante la digestión, estos restos, justamente indigeribles se separan del resto del alimento y forman esta

Figura 16. Lechuza regurgitando una egagrópila. Paul Riddle (2015). Recuperado de: <https://www.birdguides.com/gallery/birds/tyto-alba/604862/>



especie de bolo que denominamos egagrópila el cual es expulsada por vía oral (regurgitación) (Muñoz-Pedrerros et al., 2019, p.375).

Dos puntos que son relevantes a considerar de las egagrópilas para esta investigación son, primero que la egagrópila es un “residuo” que se genera diariamente, y lo segundo su proceso de degradación. Marti (1974) evalúa en su investigación sobre la ecología de la alimentación de búhos, el tiempo de descomposición de egagrópilas correspondiente a diferentes especies de rapaces nocturnas presentes en Colorado, EE.UU. Recolecta algunas y las reubica en distintos ambientes naturales para visitarlas cada cierto intervalo de tiempo, el resultado de cuenta que las egagrópilas de la lechuza después de 2 meses permanecían compactas pero en proceso de desintegración, finalmente pasado los 10 meses algunas ya se habían desintegrado, mientras que otras aún sobrevivían. Esta investigación constató que, considerando que el tiempo de desintegración de las egagrópilas varía según cada especie, son los factores ambientales y climáticos los que principalmente determinan la variabilidad durante el proceso de descomposición.

Figura 17. Una caja nido de lechuza común desmontada que muestra los escombros del nido compactados. Recuperado de: https://www.barnowltrust.org.uk/wp-content/uploads/signs_nest-debris.jpg



Entonces, ¿qué sucede con la acumulación de estos residuos en nidos artificiales, donde hay mayor protección hacia factores ambientales que van acelerando la descomposición? En la **figura 17** se puede observar el interior de una casa anidera, en el fondo un bloque de sedimentos con altura considerable formado por egagrópilas, heces y otros residuos que ya no mantienen su forma, compactados a través del tiempo por el constante uso del refugio.

La formación del sedimento dependerá del tipo de ave, nivel de ocupación



Figura 18. Caracterización biométrica de una egagrópila de lechuza. Trejo et al., (2002). Elaboración propia.

y el espacio interior. Independientemente de estos factores, y a pesar de que algunos autores no recomiendan la limpieza de las casas anideras, argumentando que las oquedades naturales no se “limpian”, las casas anideras aplicadas a objetivos de conservación siempre requerirán de limpieza y mantenimiento. De no efectuarse, puede producir una acumulación excesiva de residuos, que pueden afectar la funcionalidad del refugio además que, aplicar la remoción de residuos puede contribuir a la remoción de alguna parte de los ectoparásitos del nido. (Muñoz-Pedrerros et al., 2019).

Dos aspectos sobre la generación de este bloque de residuos son importantes de tener en cuenta; primero, el bloque sedimentado, debido a que en su contenido gran parte corresponde a pelos,



▲
Figura 19. Interior de una casa anidera, con huevos y crías. The Barn Owl Trust (2021). Recuperado de: <https://www.barnowltrust.org.uk/barn-owl-nestbox/clearing-out-barn-owl-nest-spaces/>

tiene buenas características de absorción, por un lado esto es positivo, dado que colabora en la absorción de la humedad del excremento de las aves, pero también resulta imprescindible que este bloque no absorba más humedad de la debida para que el interior del refugio se mantenga seco, dado que lechuzas evitan los sitios excesivamente húmedos, además un nido demasiado húmedo podría tener implicancias negativas en la etapa reproductiva, por ejemplo, huevos que no llegan a su término por enfriamiento. (The Barn Owl Trust, 2021d).

También la limpieza resulta crucial para mantener la profundidad del nido, es decir, que la distancia desde

la base al orificio de ingreso no se reduzca considerablemente, esto ayudará a evitar que los polluelos salgan o caigan fuera del nido prematuramente. (Muñoz-Pedrerros et al., 2019; The Barn Owl Trust, 2021d).

Sobre la mantención es importante tener en cuenta (The Barn Owl Trust, 2021d):

Frecuencia: la frecuencia estará determinada por la cantidad de crías y la cantidad de puestas, por ejemplo, una nidada con 3 a 4 crías debería limpiarse una vez al año, en cambio una familia con 2 a 3 crías, quizás la frecuencia podría extenderse de 2 a 3 años. Con mayor exactitud se recomienda realizar la limpieza de los residuos acumulados en la base cuando estos hayan alcanzado un espesor aproximado de 50 mm, esperar más significa la disminución del espacio interior (profundidad) para las aves.

Implementos: la capa de residuos que se genera es extremadamente compacta por lo que se recomienda asistirse con alguna herramienta, como un destornillador, que ayude a romper el bloque para removerlo.

Momento oportuno: difícilmente se puede establecer con exactitud el momento oportuno para realizar la limpieza, dado que las lechuzas

pueden tener más de una nidada al año. Si se debe tener en cuenta que el periodo de sensibilidad a las perturbaciones se puede extender más allá de las puestas de huevos, por lo que, se recomienda que esta se realice a mitad de invierno, que corresponde al momento menos probable para la reproducción, lo más importante es evitar perturbar el nido durante la etapa reproductiva y de crianza.

Seguridad: la limpieza en altura se recomienda que se lleve cabo por más de una persona, y para mayor seguridad, se deben utilizar elementos como guantes y mascarilla en la manipulación de residuos.

Bajo el contexto de que las casas anideras son aplicadas en una estrategia de control de plagas zoonóticas, es que se deben tomar resguardos adicionales durante las labores de mantenimiento. El ratón de cola larga, reservorio del Hantavirus, es una de las presas principales de la lechuza y aunque no hay estudios que hayan determinado el contagio del virus a través de la manipulación de residuos de aves rapaces, ante la exposición es mejor prevenir, por lo que, se insta a adoptar ciertas medidas de seguridad, como uso de guantes gruesos, mascarilla, y que las labores sean realizadas al aire libre. También se recomienda durante la limpieza hacer uso de algún líquido desinfectante mientras se esté manipulando esos residuos biológicos (Muñoz-Pedrerros et al., 2019).

Considerando que las rapaces producen por lo menos una eagrópila por día tras alimentarse, y el proceso de degradación se hace imprescindible que refugios alternativos consideren dentro del diseño una estrategia de mantención y limpieza, y de esta forma evitar el exceso de sedimentación que pudiese implicar riesgos para la sobrevivencia y reproducción de las aves.

ESTADO DEL ARTE

Crédito: NHBS. Recuperado de: ◀
<https://www.nhbs.com/barn-owl-nest-box>



Tipología casas anideras

Modelo B Abierta

Modelo con oquedad de ingreso amplia, considerado un modelo crítico para la seguridad de las aves.

Modelo D Caja

Modelo cuboide, estéticamente responde al símil de una "caja". Presenta división interna.

Modelo F Casa

Modelo grande, de profundidad considerable y sin divisiones internas. Comienza a aparecer la estética de la "casa".

Modelo A Improvisada

Modelo elaborado a partir de materiales de fácil acceso, reciclados y en desuso.

Modelo C Triangular

Modelo de gran tamaño y profundidad, sin división interna. De forma triangular, simula conceptualmente la estética de una "casa".

Modelo E Especial

Modelo elaborado a partir de materiales alternativos a la tradicional madera, generalmente de gama ecológica.



◀ **Figura 20.** Tipología casas anideras a partir de la búsqueda del estado del arte. Elaboración propia.

TIPOLOGÍA CASAS ANIDERAS PARA LECHUZAS

Arriba: Casas anideras a partir de barriles reciclados (modelo A). Andy Roberts (2020). Recuperado de: <https://twitter.com/handles4forks/status/1230795329370546176>

Abajo: Casa anidera de lechuza a partir de barril reciclado (modelo A). Phil Lavender (2021). Recuperado de: <http://www.davetidd.co.uk/owland-kestrel/#prettyPhoto>

La búsqueda de referencias de casas/cajas anideras se limita específicamente a refugios que respondan ante los requerimientos de nidificación de la familia *Tytonidae* (lechuzas) alrededor del mundo. La búsqueda no se amplió a aves rapaces nocturnas en general, ya que todos los modelos son muy similares, solo difieren aspectos morfométricos específicos de cada especie.

La búsqueda del estado del arte se resume en un catastro (anexo) de diseños disponibles en el mercado americano y europeo de casas/cajas anideras para lechuzas.

La mayoría de las propuestas aquí referenciadas provienen de organizaciones y agrupaciones dedicadas a la conservación y protección, ya sea de la lechuza o de aves rapaces en general, esto significa que los modelos han sido pensados y desarrollados por un equipo de expertos con años de experiencia en investigación y estrategias de conservación y que por sobre todo bien conocen los requisitos de la lechuza. Con respecto a aquello, debemos aclarar que en el mercado chileno no existen artificios a la venta para nuestra especie objetivo ni para aves rapaces en general, en cambio, en otros países, como EE.UU e Inglaterra, puedes adquirir una casa anidera para lechuza para instalar por ti mismo en el área que desees, usualmente estás empresas/organizaciones detallan las recomendaciones pertinentes para la implementación de los refugios, y algunas



de ellas ofrecen servicios de instalación y monitoreo. A partir de la búsqueda se pudo constatar que algunas de estas organizaciones ofrecen la información necesaria para que cualquier persona pueda construir sus modelos desde casa, a través de video tutoriales, planos, fichas técnicas y un gran detalle de especificidades en cuanto a criterios constructivos.

El catastro permitió identificar tipologías de refugios artificiales para lechuzas, agrupadas a partir de aspectos constructivos y estéticos (conceptuales), se presentan seis categorías (**figura 20**):

- El **“modelo A”** responde a refugios artificiales “improvisados”, contruidos a partir de materiales reciclados, de fácil acceso o en desuso que se les da una segunda utilidad.

- El **“modelo B”** son refugios “abiertos”, con oquedades de ingreso más amplias y abiertas, constituyendo un evidente riesgo para la seguridad de las aves, por lo que está clasificación corresponde al modelo más crítico.

- El **“modelo C”**, son refugios “triangulares”, por lo general de gran tamaño y una profundidad considerable, sin división interna, y en donde ya comienza aparecer la estética de la “casa”, con una marcada forma triangular.

- El **“modelo D”** corresponde a refugios que estética y conceptualmente responden al símil de una “caja”, es decir, diseños simples, rectos, cuboides, en donde el ancho, alto y la profundidad del artificio suelen corresponder a la misma medida, estos diseños por lo general tiene una división interna que separa el espacio de anidación en dos compartimientos.

- El **“modelo E”**, corresponde a refugios “especiales” que se destacan por el uso de materiales innovadores como alternativa a la tradicion-



▲ Casa anidera para lechuzas (modelo D). JCS Wildlife. Recuperado de: <https://www.jcswildlife.com/jcs-wildlife-barn-owl-box/>



al madera, generalmente de gama “ecológica”, reciclados, y con procesos productivos que permitan la serialización del producto.

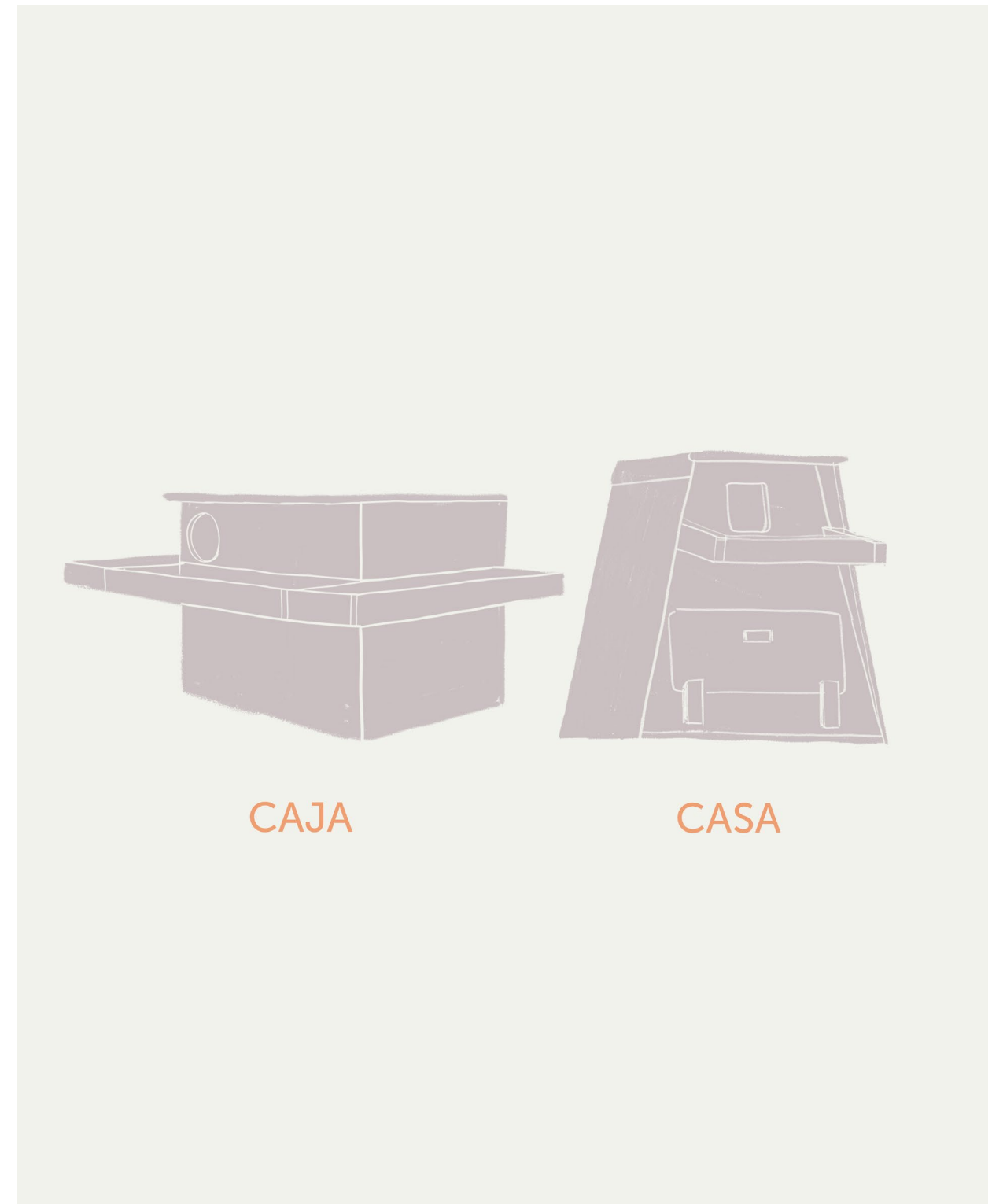
- El **“modelo F”**, corresponde a refugios amplios, más altos que anchos, conservan una profundidad considerable que pretende otorgar mayor seguridad a las aves, sin divisiones internas y generalmente incluye pista de aterrizaje. Estéticamente responden al concepto de “casa”.

Conocer la perspectiva ornitológica en la resolución de aspectos constructivos y de diseño de casas anideras resulta primordial para esta investigación. En la búsqueda del estado del arte, se advierte que las propuestas aquí consideradas muchas veces carecen del componente específico de diseño, en el manejo y conocimiento de procesos productivos, herramientas, tecnologías y materiales.

Las soluciones de casas anideras para lechuzas no han sufrido grandes modificaciones a través del tiempo, específicamente en el abordaje de aspectos morfológicos y/o estéticos, se evidencia escasa exploración fuera de los límites del concepto de “casa” o “caja” (**figura 21**). Esto resulta más interesante, si se considera que la bibliografía consultada realza que la solución constructiva de estos habitáculos debe ser en la semejanza a las condiciones naturales de nidificación. A pesar de ello, se ha constatado ampliamente a través del tiempo, la efectividad y funcionalidad de los modelos de casas anideras tradicionales.

▲
Arriba: “Eco Nest Box Barn Owl”. Casa anidera construida con tablero de polietileno de baja densidad fabricado con plástico de desecho 100% reciclado. Nestbox company. Recuperado de: <https://www.nestbox.co.uk/collections/owl-nest-boxes>

Abajo: casa anidera de lechuza (modelo C). Recuperado de: <https://www.birdfood.co.uk/barn-owl-nest-box>



▲
Figura 21. Tipología conceptual de casas anideras tradicionales. Elaboración propia.

HABITECH: REFUGIO PARA AVES APLICADO A LA CONSERVACIÓN

Habitech es una patente de casas anideras creadas con tecnología de impresión 3D, bajo el alero de investigadores de la Universidad Charles Sturt de Albury-Wodonga y Bathurst, de Australia. En palabras del investigador principal, el profesor ecologista David Watson, denomina la idea como la “primera revolución real en el diseño de cajas nido en 3.000 años” (Universidad Charles Sturt, 2021).

Este proyecto nace con enfoque en la conservación de aves amenazadas de Australia. Tras los incendios forestales registrados durante el 2019 y 2020 (“verano negro”) en Australia se estima que más de 3mil millones de especies sufrieron consecuencias letales o desplazamiento por pérdida de hábitat. Este proyecto con pretensiones de generar un gran impacto positivo y a largo plazo en la población de aves amenazadas dependientes de oquedades para nidificar, se propuso restaurar el hábitat de estas especies a través de la producción de sitios de nidificación artificiales a gran escala (Universidad Charles Sturt, 2021).

Para ello incorporaron el uso de la tecnología 3D. El uso del plástico como material principal, (que dice ser 100% reciclado) logró simular algunas de las condiciones de los sitios de nidificación naturales, como las propiedades térmicas (logran controlar la temperatura interna generando un microclima similar a la de una oquedad natural) y longevidad.

El Dr. Watson declaró que durante el desarrollo del diseño se puso mayor énfasis en aspectos de control de humedad, temperatura y función, más que aspectos formales. Esta es una de las grandes distinciones entre Habitech y los diseños tradicionales de madera, ya que



estos últimos ofrecen una solución a corto plazo, pero con el tiempo las materialidades que se emplean usualmente no soportan las condiciones climáticas, mientras que Habitech pretende tener larga vida útil (Universidad Charles Sturt, 2021).

Algunas de las características y atributos del modelo de casa anidera Habitech son (**figura 22**): diseño y sistema modular, lo que permite adaptarlo a una gama más amplia de especies., construida con tecnología de impresión 3D, carcasa exterior completamente de plástico reforzado 100% reciclado, protección UV, estabilidad térmica, cámara de anidación interna de madera y larga vida útil.

No se hace alusión a que tipo de polímero se está utilizando, ni los costos asociados al proceso productivo, pero para el mercado australiano tendrá un valor de \$115.000 en pesos chilenos.

Habitech es un proyecto para destacar dentro de esta investigación, que, si bien está pensada para aves objetivas con un tamaño considerablemente menor al de lechuza, es un proyecto aplicado a la conservación, que busca otorgar una alternativa ante la falta de sitios de nidificación, en este caso pone énfasis, en especies afectadas por catástrofes ecológicas que diezman su hábitat. Dado su objetivo de aplicación y contexto, el diseño da cuenta de la intencionalidad de buscar una estética natural inspirada en los sitios naturales de nidificación de la especie, esta es la verdadera “revolución”, una propuesta basada en las soluciones que entrega la misma naturaleza. No se constata colaboración con diseñadores industriales, es más, destacan como valor agregado del producto, que es un proyecto bajo el alero de ecologistas.



- ☞ Completely modular
- ☞ Thermally stable
- ☞ 100% recycled plastic outer
- ☞ Hardwood timber interior
- ☞ Extended field life
- ☞ Developed by ecologists

▲ **Figura 22.** Propuesta de cajas anideras de la compañía Habitech de Australia. Recuperado de: <https://m.facebook.com/Habitech.Australia/posts>

III. FASE PILOTO

LA ESTRATEGIA

Crédito: Christian Méndez ◀



Como pudimos constatar al inicio de esta investigación, en el escenario actual del evento masivo de floración de la quila, el proyecto Quilantún busca registrar y documentar su floración, para generar información altamente relevante y oportuna que permita apoyar la generación de iniciativas que promuevan la salud y seguridad de todos los habitantes del territorio en la prevención del contagio por hantavirus. En este escenario el programa Quilantún busca a través de la implementación de casas anideras abordar el problema de proliferación de roedores (plagas zoonóticas) en áreas asociadas al florecimiento de la quila, por medio de una estrategia de control biológico de plagas, que considera a la lechuza como agente controlador del daño (controlador de la plaga). Quilantún al ser un proyecto de ciencia ciudadana que nace desde una fundación dedicada a resguardar la biodiversidad, a través de la restauración y conservación de los bosques nativos, contempla de forma transversal dentro de la aplicación de su estrategia de control de plagas, objetivos de investigación, educación y conservación (**figura 23**).

Entonces, el equipo de Ética en los Bosques, busca a través de la creación de sitios de nidificación artificiales:

Atraer a lechuzas a áreas peri domiciliarias en zonas rurales para potenciar el control biológico de plagas de zoonóticas asociadas al florecimiento de la quila, con el propósito de mitigar la falta de cavidades naturales de nidificación en bosques degradados. Esta iniciativa contempla objetivos conservacionistas, de investigación, de control de plagas y educativos.

La solicitud desde Quilantún contempla la construcción de casas anideras para lechuzas, la cual se decide abordar de la forma más convencional posible, en consideración y supeditado a los tiempos establecidos, presupuesto, disponibilidad de materiales y acceso a procesos productivos. El encargo de Quilantún es la primera fase de una iniciativa que tiene proyecciones de ir expandiéndose a más territorios, por ello este proceso es tomado como una etapa de pilotaje, que en primera instancia desea atender la problemática

de un pequeño grupo de locatarios ubicados en la Cordillera de Nahuelbuta. Del mismo modo esta etapa constituye la base del trabajo de campo de esta investigación, a través del estudio, testeo y evaluación de dos diseños de casas anideras convencionales, en todas sus etapas, desde la construcción a la instalación y posterior monitoreo.

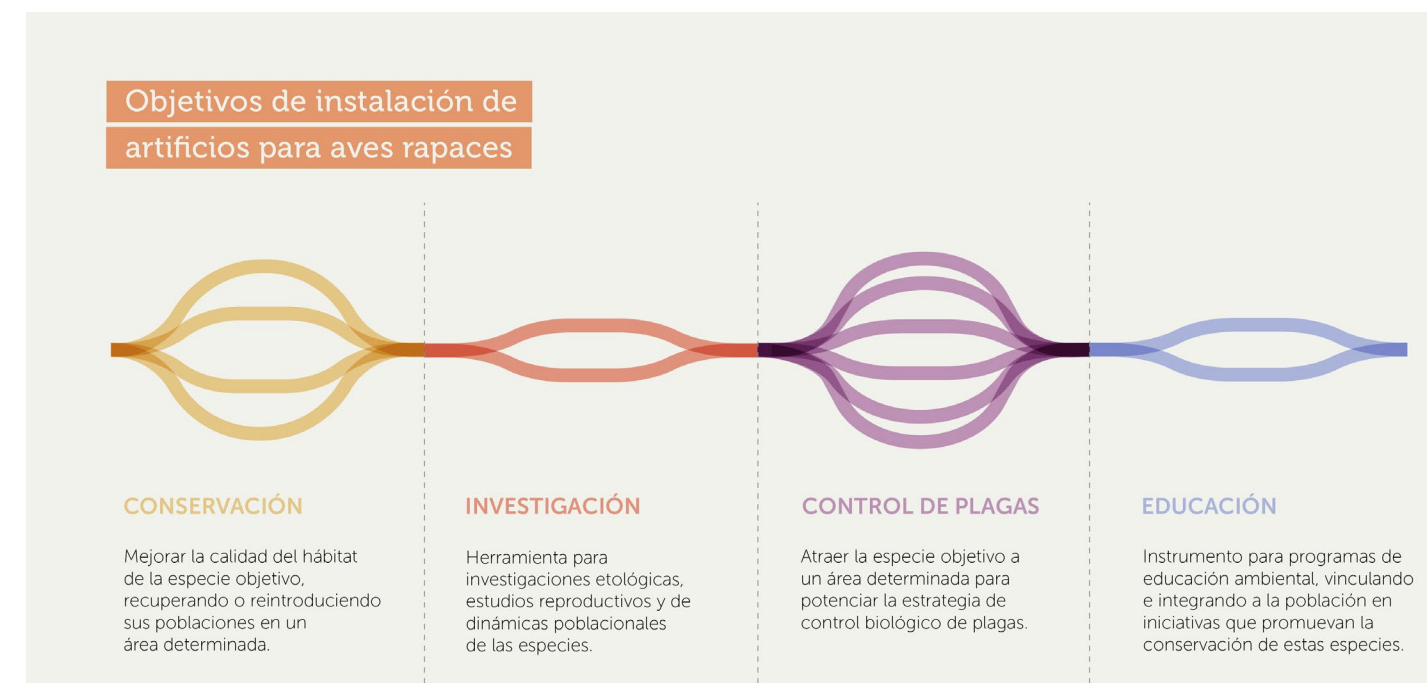
Entonces, la fase piloto tiene como objetivo evaluar en todas sus etapas, desde la construcción a la instalación, diseños de casas anideras tradicionales, con el fin de recabar información pertinente para la posterior toma de decisiones de diseño de esta investigación.

La fase piloto permitió recabar la siguiente información:

- Identificar las etapas y actividades en la implementación de casas anideras
- Identificación y análisis de problemáticas
- Identificar costos asociados
- Identificar falencias en los diseños convencionales
- Establecer requerimientos del equipo a cargo de la instalación y monitoreo

Todas las etapas y actividades de la fase piloto fueron ejecutadas en conjunto con Daniel Rivera, cetrero y ornitólogo de campo, miembro del proyecto Quilantún y en coordinación con el resto del equipo.

Figura 23. Objetivos de instalación de artificios para aves rapaces (aplicado a Quilantún). Elaboración propia.



DIRECTRICES PROYECTO PILOTO

Quilantún en el cumplimiento de sus objetivos y en consideración del contexto de urgencia sanitaria derivado del florecimiento de la quila, establece los siguientes lineamientos de proyecto:

- Agilidad en la respuesta, dado el contexto de emergencia sanitaria y en el cumplimiento de los tiempos internos establecidos por la organización.
- Agilidad en la respuesta en el cumplimiento de la fecha límite de instalación de los artificios que consideran la temporada reproductiva de la especie objetivo. Se establece que la instalación de las casas anideras debe concretarse durante el mes de agosto del 2020, dado que, las primeras puestas de la lechuza son durante el mes de octubre y noviembre.
- Las etapas de la fase piloto correspondientes a la construcción e instalación de los artificios, deben llevarse a cabo en un plazo de 3 semanas, iniciándose la primera semana de agosto del 2020. Cabe mencionar que, a estas etapas le antecede un extenso trabajo de meses correspondiente a actividades en terreno, vinculación con los locatarios, monitoreo de micromamíferos, evaluación del hábitat y más.
- La fase piloto abarca 6 terrenos de la Cordillera de Nahuelbuta y considera una casa anidera por terreno, las que deben instalarse en las áreas peridomiciliarias.
- Para efectuar la fase piloto se debe considerar un presupuesto límite de \$1.000.000, considerando los gastos directos de producción, así como los operacionales.



ÁREA DE ACCIÓN Y BENEFICIARIOS

En la selección de las áreas prioritarias para las acciones de control biológico de plagas zoonóticas, el equipo de Quilantún comienza un recorrido por la Cordillera de Nahuelbuta, unas de las primeras macrozonas en donde se identificó el florecimiento de la quila y que para la fecha (finales del 2019), urgía tomar acción, dado que esta planta ya se encontraba en pleno estado de semillación.

Así se da inicio a un exhaustivo trabajo de campo que contempla principalmente la observación del territorio, la búsqueda de saberes y los relatos de locatarios y locatarias, para constatar cómo estaban viviendo y afrontando la actual floración de la quila. A partir de ello, se aplica el primer filtro en la selección del área de acción para la implementación de la estrategia de control biológico de plagas zoonóticas, viviendas con presencia de quila en flor en su área permimetral.

Relato de Angélica Fernández sobre el actual florecimiento de la quila. Beneficiaria de la aplicación de estrategia de control biológico de plagas.



“ Mi crecimiento fue aledaña a las quilas, aquí en la cordillera eran muy útiles para los campesinos, para los que se dedicaban a la ganadería les servía de forraje para sus animales. ”

Angélica Fernández
Vegas Blancas / Cordillera de Nahuelbuta

El mapa (**figura 24**) muestra los predios seleccionados para dirigir los primeros esfuerzos de Quilantún, estos terrenos se ubican en la Cordillera de Nahuelbuta, formando una área de acción que abarca las comunas de Angol, Purén y Nacimiento, asociadas a las cuencas del Picoiquén, Boyeco y Nicodahue.

Los y las beneficiarias de la alternativa de control de plagas, corresponden a seis locatarios y locatarias específicamente de los sectores de Vegas Blancas, el Manzano, los Toldos y Chanleo. La mayoría de los beneficiarios, además de vivir en estos terrenos, los utiliza con fines de trabajo, es decir, ofrecen servicios del área recreacional y turística, como por ejemplo, zonas de camping y cabañas.

Las casas anideras deben instalarse en áreas peridomiciliarias de terrenos afectados por el florecimiento de la quila ¿Qué entendemos por área peridomiciliaria? El peridomicilio se define como el área circundante de una vivienda ya existente en un radio que no supera los 100 metros. El área peridomiciliar en residencias rurales o urbano marginales, es considerado un área de exposición frecuente y de mayor incidencia en el contagio de Hantavirus, por ende, las áreas circundantes a viviendas rurales implican un factor de riesgo sociodemográfico en el contagio de este virus (Vial C. et al., 2019). La implementación de casas anideras como alternativa al control de plagas, pretende ser una medida de amortiguación de contagios de hantavirus por exposición peridomiciliar. Esto significa que el área de acción para instalar las casas anideras contempla todo el perímetro colindante con la vivienda principal, sin embargo, se debe considerar una zona de amortiguamiento de bajo impacto antrópico alrededor de los sitios de anidamiento, evitando actividades perturbadoras en un radio protegido que va desde los 100 a 200 m en etapa reproductiva (Muñoz-Pedrerros et al., 2019), de esta forma la selección del sitio más óptimo para instalar los artificios debe considerar ambos criterios.

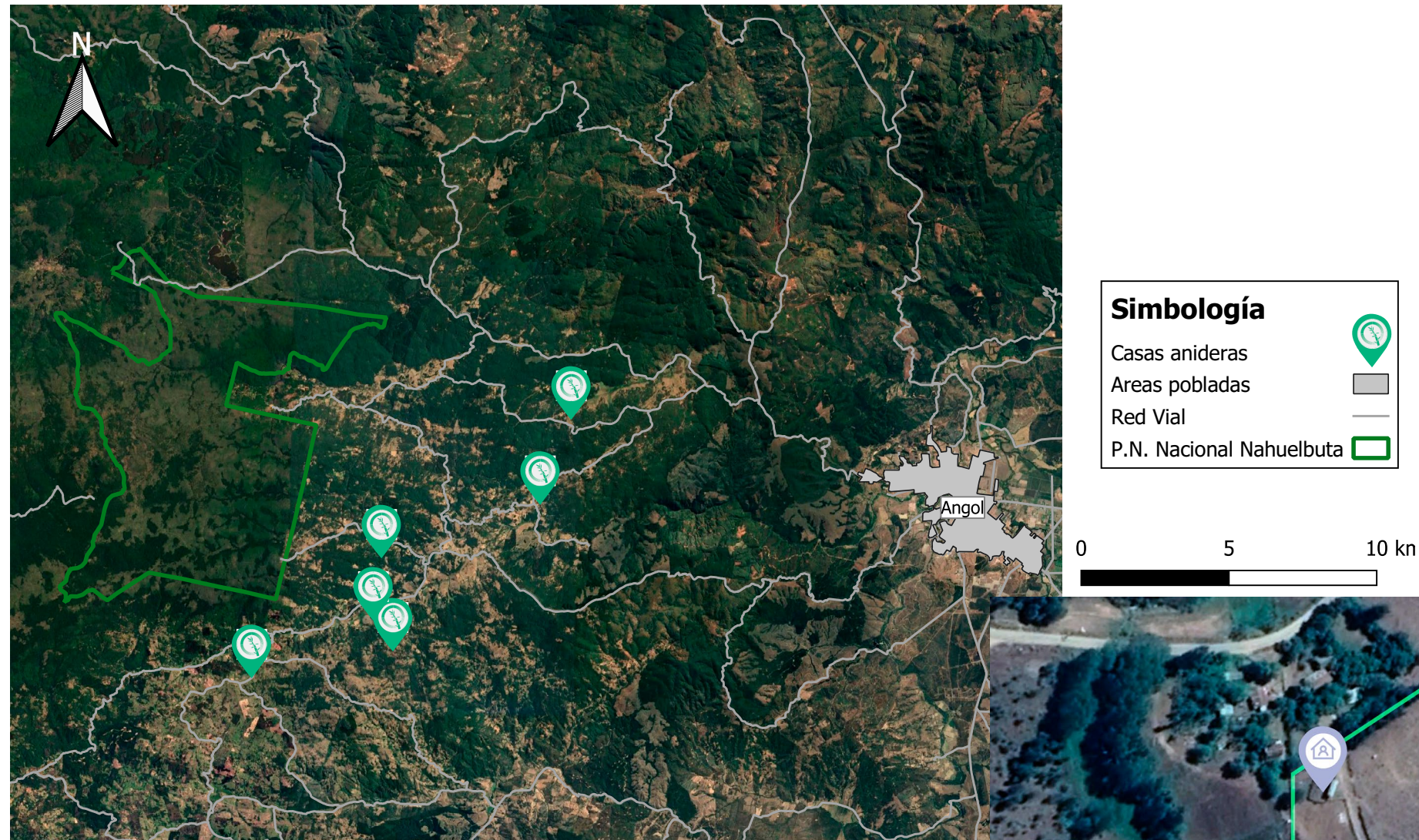
La **figura 25** nos muestra la configuración de uno de los terrenos seleccionados para la instalación de casas anideras, en donde podemos identificar las viviendas habitadas, otras construcciones humanas, el radio del área peridomiciliar de la vivienda principal, el entorno natural destacando la zona boscosa y la zona de pradera (abierta) y el sitio donde se instaló la casa anidera, que en este caso se encuentra inscrito (bordeando) el perímetro domiciliar de 100 m.



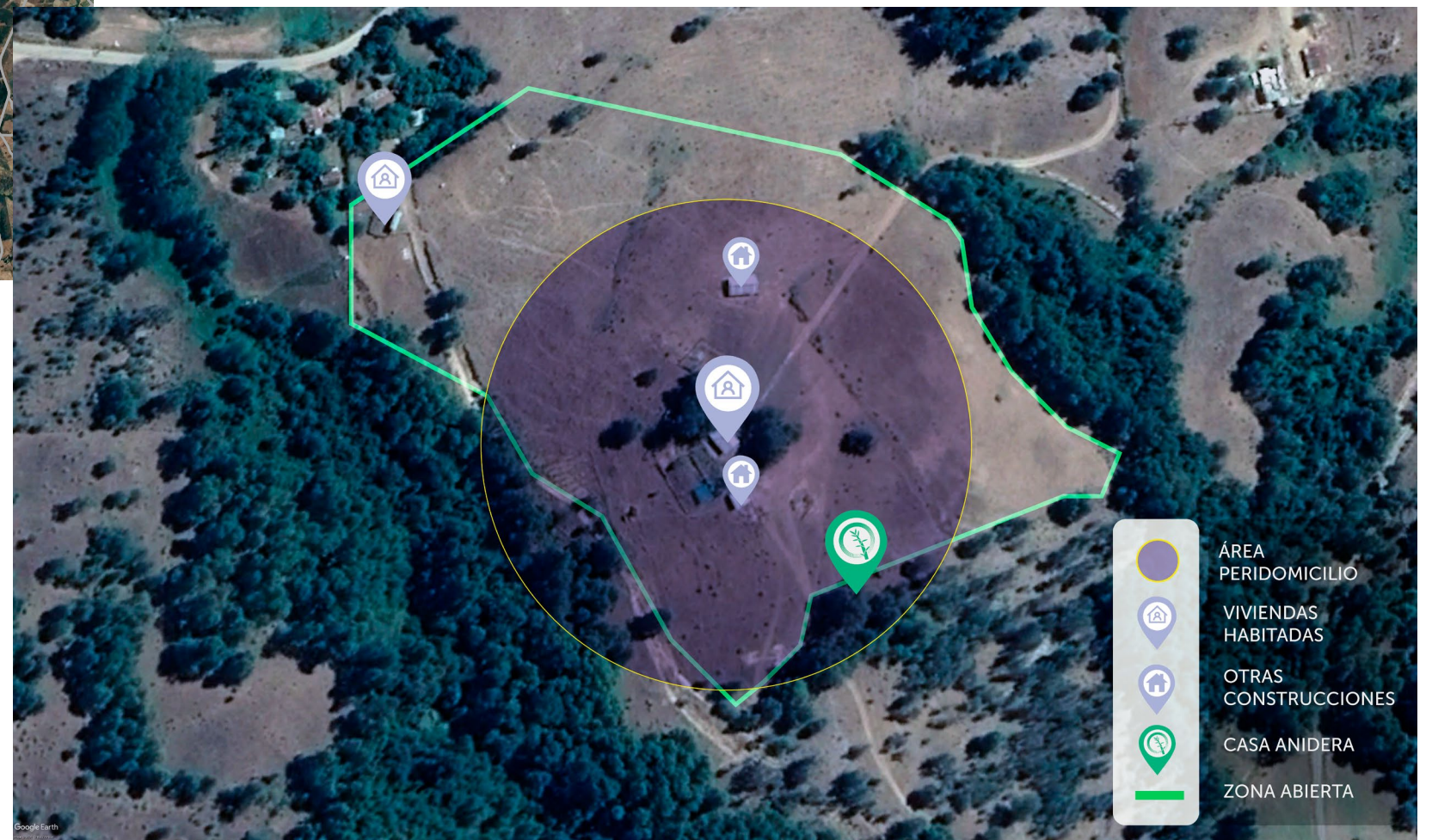
“ La última vez que vi florecer la quila fue hace 40 o 50 años, después de eso se podía ver una que otra matita, pero no como este año que floreció todo. Las plantas de la cuenca del río Picoiquén están todas con semillas. ”

Etelvina Soto
Vegas Blancas / Cordillera de Nahuelbuta

Relato de Etelvina Soto sobre el actual florecimiento de la quila. Beneficiaria de la aplicación de estrategia de control biológico de plagas.



▲ **Figura 24.** Mapa terrenos seleccionados para efectuar la estrategia de control biológico de plagas de Quilantún. **Crédito:** Roberto Larregla.



▼ **Figura 25.** Esquema de la configuración de uno de los terrenos en donde se instaló una casa anidera. Definición de área peridomiciliaria. **Elaboración propia.**

TRABAJO DE CAMPO

Crédito: Guiselle Torres G. ◀



El trabajo en terreno previo a la implementación de una estrategia de control biológico de plagas es uno de los procesos más cruciales para llevar a cabo este tipo de iniciativas de forma pertinente. Junto al equipo de Quilantún iniciamos el trabajo de campo a fines del año 2019, proceso que tuvo una extensión de aproximadamente 6 meses. El trabajo en terreno, de vinculación e investigación, permitió recuadar toda la información necesaria para la toma de decisiones oportunas y adecuadas, fundamental para la implementación de casas anideras con objetivos conservacionistas.

Se inicia esta etapa tomando como guía el programa de conservación de aves rapaces y control biológico de plagas con énfasis en el control del reservorio de Hantavirus, el ratón de cola larga, creado e implementado por el Centro de Estudios Agrarios y Ambientales (CEA) para el año 2001 (ver apartado “estrategia de control biológico de plagas” de esta investigación). Esta estrategia integra aspectos de manejo de hábitat de la especie objetivo, investigación, educación ambiental y capacitaciones.

Las principales etapas del programa de conservación para aves rapaces del CEA son:

1. Monitoreo de micromamíferos
2. Recolección y estudio de egagrópilas
3. Capacitaciones
4. Educación ambiental
5. Producción de materiales didácticos de difusión masiva
6. La evaluación del programa
7. Diseño del manejo del hábitat
8. Seguimiento de los artificios y poblaciones de aves rapaces

Cabe destacar que esta investigación sigue en curso y que el trabajo de campo es una labor constante y transversal a este proyecto. Destacaremos algunas de las etapas más significativas para la toma de decisiones en la implementación del proyecto piloto de casas anideras para control biológico de plagas zoonóticas propuesto por Quilantún.

MONITOREO DE MICROMAMÍFEROS

El monitoreo a través del uso de cámaras trampa, es una excelente herramienta para conocer más sobre la dinámica de las especies de un lugar, proporcionando los elementos necesarios para generar un correcto diseño del manejo de hábitat en donde se hará aplicación de la estrategia de control de plagas zoonóticas, por ejemplo, a través del fototrampeo podríamos registrar las poblaciones de roedores reservorios presentes en un determinado lugar y su probabilidad de ocurrencia. El conocimiento que entrega el trabajo de campo y la observación en terreno son etapas imprescindibles en el desarrollo de cualquier programa conservacionista.



▲ Registro de roedor en sotobosque de quila con cámara trampa, correspondiente al monitoreo de uno de los terrenos seleccionados para la instalación de casas anideras.

Tras la selección de los terrenos con presencia de quila en estado de semillación, se da paso a la segunda fase correspondiente al monitoreo de poblaciones de roedores asociados al sotobosque de quila. Estos registros buscaban determinar la abundancia y aumento de estos micromamíferos en una zona determinada, principalmente la presencia del colilargo, y con ello evaluar el nivel de exposición de las y los locatarios al Hantavirus.

Las cámaras trampa fueron estratégicamente instaladas en el sotobosque de quila presente en el área peridomiliar de las viviendas seleccionadas, fase que tuvo una extensión de aproximadamente 4 meses. Gracias al fototrampeo pudimos identificar la presencia de diversas especies que habitaban junto a la quila, entre ellas, carnívoros silvestres como zorros y quiques, y gran cantidad de especies granívoras (aves y roedores). Entre los ejemplares de roedores, se reconoce la presencia de ejemplares del género *Rattus*, *Abrothrix* y *Olygorizomys* (colilarga). Determinar la presencia y abundancia de

roedores es clave para la implementación de una estrategia de control de plagas zoonóticas con aves rapaces, que no solo justifica la aplicación de la misma, si no que determina la disponibilidad de alimento (presas), un importante criterio a evaluar antes de instalar cualquier artificio que busque atraer a aves rapaces a un determinado lugar.

EDUCACIÓN AMBIENTAL

La educación ambiental como herramienta de vinculación es parte fundamental del trabajo de campo de esta iniciativa. Los locatarios y locatarias no son solamente los dueños de los predios en donde se efectúa la instalación de las casas anideras, también son los beneficiarios de esta alternativa de control de plagas y con ello, forman parte de una iniciativa de conservación de aves rapaces, que en muchos casos resulta ser el primer acercamiento hacia estas especies. Este acercamiento parte por reconocer el beneficio mutuo de convivir con aves rapaces, a través de la comprensión de su rol ecológico como reguladores de plagas.

Dentro de las actividades de educación ambiental que se efectuaron para complementar la estrategia de control de plagas zoonótica, está la elaboración de material gráfico que les permite reconocer los distintos estados reproductivos de la quila y los riesgos asociados a su floración, material para reconocer especies de la zona con problemas de conservación, material con recomendaciones y medidas a adoptar en la prevención de contagios o como proceder en caso de exposición al Hantavirus. En complementación con talleres para promover el reconocimiento de la quila en flor y sus riesgos asociados para población de riesgo.

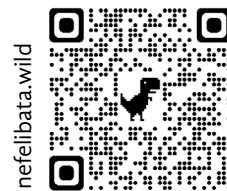
EVALUACIÓN DEL PROGRAMA Y MANEJO DEL HÁBITAT

El primer criterio para la selección de los terrenos en donde se aplicará la iniciativa depende de la problemática principal, en este caso, se da prioridad a los sectores que tengan problemas de aumento de roedores relacionado al florecimiento de la quila. Sin embargo, es imprescindible, evaluar las condiciones y el estado del hábitat antes de la implementación de cualquier tipo de artificio para aves rapaces. Independiente del objetivo de implementación de una casa anidera, se debe evaluar el programa de la estrategia a través del correcto manejo del hábitat de la especie objetivo, identificando factores que pudiesen incidir de forma negativa en la dinámica de estas aves.

Existen varios aspectos a evaluar previo a la instalación de los artificios, que permiten constatar que no existen situaciones en el entorno que pudiesen implicar un riesgo para la especie objetivo a atraer, algunos de estos son: identificar cercanía de caminos de vehículos, torres eólica y/o instalaciones eléctricas, presencia de especies exóticas (e.g: gatos), constatar el no uso de rodenticidas u otro tipo de plaguicida, conocer la percepción de locatarios y locatarias sobre las aves rapaces, no solamente de los dueños de los predios, si no también de los vecinos del sector, entre otras. Recaudar estos antecedentes permite construir una estrategia conservacionista pertinente.

CONSTRUCCIÓN CASAS ANIDERAS

Crédito: Francia Álvarez ◀



CONSTRUCCIÓN PROTOTIPO ALFA



A partir de las conclusiones obtenidas en el apartado del “estado del arte” de la presente investigación, se seleccionan dos tipos de modelos de nidos artificiales para lechuzas, que definiremos como “protitpos alfa”. Según las tipologías definidas en el estado del arte, el prototipo “alfa 1”, representará al “modelo D caja”, que corresponde al diseño de refugio cuboide con una pared interna que divide el espacio interior en dos compartimientos, y por el otro lado, tenemos al prototipo “alfa 2”, que corresponde al “modelo F casa”, caracterizado por ser un modelo amplio, de profundidad considerable y que no presenta pared divisora interna.



El prototipo “alfa 1” se selecciona por ser un modelo simple y tradicional utilizado en este tipo de iniciativas. Sin ir más lejos, Daniel Rivera, ornitólogo de campo de Quilantún, ya contaba con experiencia previa participando en la construcción e implementación de este modelo de casa anidera en particular a través de la empresa Rapaces Nahuelbuta, las que fueron aplicadas a una estrategia de control de plagas biológico con aves rapaces en huertos de cerezos. Este modelo corresponde a una adaptación del diseño original de Steve Simmons (Wade et al., 2012).

El prototipo “alfa 2” corresponde a un diseño original de “The Barn Owl Trust” una organización británica dedicada hace más de 20 años a la conservación de lechuzas. Como identificamos en el apartado de “casas anideras” de la presente investigación, este modelo comprende en su diseño, variables y atributos en base a una basta experiencia y conocimiento en la conservación de estas aves, sumado a que , la organización cuenta con material disponible como, planos, fichas técnicas, tutoriales e instructivos de construcción e instalación, todos de código abierto, lo que nos permite poder replicarlos.

El prototipo “alfa 2” no es totalmente fiel al diseño original de “The Barn Owl Trust”, esto se debe a, principalmente por los materiales que podíamos adquirir en la zona, límites en el presupuesto y la calendarización del proyecto, sin embargo, se buscó la mayor similitud al diseño original.

Previo a la etapa de manufactura de los prototipos, tenemos la etapa de planificación y logística, la cual contempla tareas como: revisión bibliográfica y referencias de modelos de casas anideras, evaluación de diseños seleccionados y posibles modificaciones, prototipado 3D, diseño de planimetrías, optimización de materiales y adquisición de los insumos.

Una vez seleccionados los modelos a prototipar, se modelaron ambas opciones en el programa SketchUp (software de modelado 3D de uso libre). A partir de los modelos 3D se pudo ejecutar las planimetrías de ambos diseños (anexo), y con ello el listado de insumos a utilizar y la optimización de los materiales (anexo).

La fase de construcción de las casas anideras tuvo una duración aproximada de 2 semanas, en donde se fabricaron aproximadamente dos casas por jornada laboral diaria a cargo de dos personas.

A continuación se detalla el paso a paso del proceso de manufactura de los prototipos, detallando los materiales, insumos, herramientas y maquinarias utilizadas en cada proceso. Además se desglosa y detalla los costos asociados a toda la fase de implementación de casas anideras, incluyendo, tanto los costos de mano de obra directa como los costos operacionales y de gestión.

▲
Arriba: Daniel Rivera participando de la instalación de casas anideras para control biológico de plagas por Rapaces Nahuelbuta. Recuperado de: <https://www.facebook.com/RapacesNahuelbuta>

Abajo: modelo de casa anidera de la organización “The Barn Owl Trust”. Recuperado: <https://www.barnowltrust.org.uk/product/barn-owl-nestbox-for-use-on-trees/>

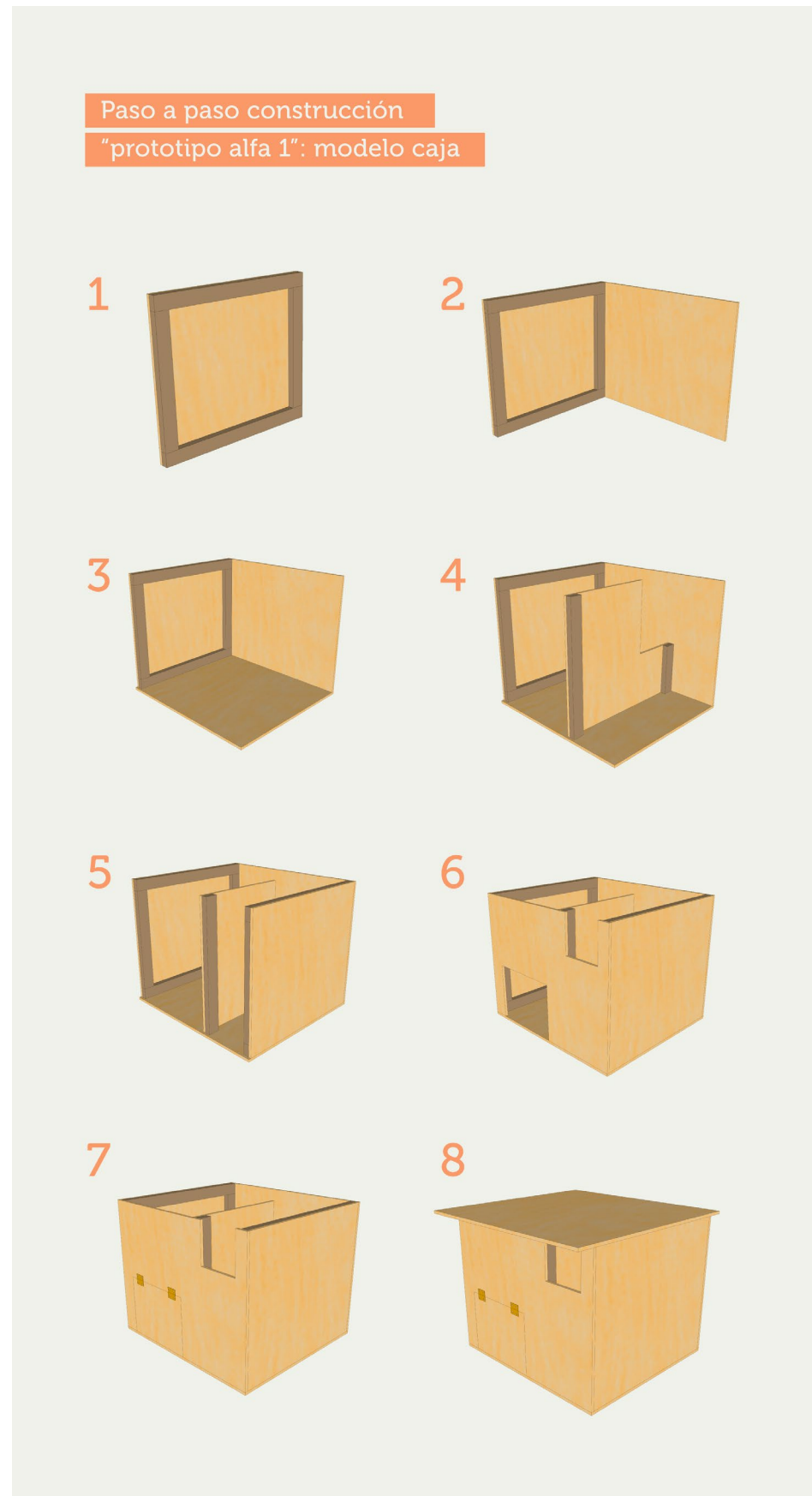


Figura 26. Secuencia de construcción del prototipo "alfa 1" (modelo "caja"), elaborado en SketchUp. Elaboración propia.

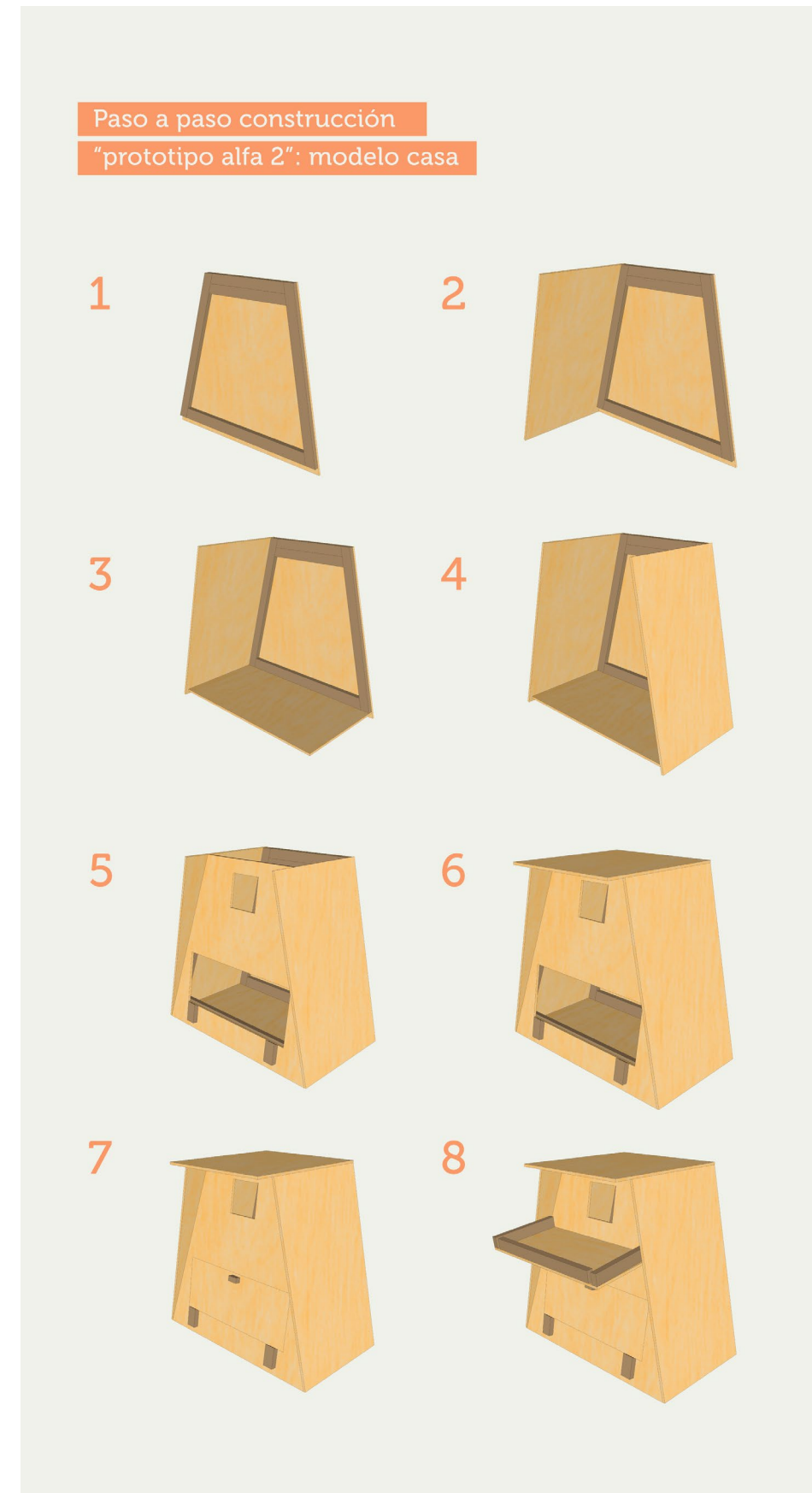


Figura 27. Secuencia de construcción del prototipo "alfa 2" (modelo "casa"), elaborado en SketchUp. Elaboración propia.

PROCESO MANUFACTURA CASA ANIDERA		
ACTIVIDADES	INSUMOS	HERRAMIENTAS
Optimización del material y dimensionado de las piezas principales (caras laterales, base, techo, frontal y posterior)	Terciado Estructural pino 9 mm 122 x 244 cm	Maquina dimensionadora vertical industrial
Ajustes de medidas finales, cortes en ángulo y calados.		- Caladora - Huincha de medir
Dimensionado de los listones utilizados para unir las piezas principales.	Pino cepillado seco 1" x 2" x 3,2 m	- Ingletadora - Escuadra escantillón
Unión de todas las partes y piezas con tornillos.	Tornillo Crs Volcanita 1 1/4"	Taladro eléctrico
De forma paralela, antes de proceder con el ensamblaje, se aplica adhesivo sellador en las uniones de las piezas para lograr mayor hermetismo.	Sikaflex 11 Fc+ Adhesivo Y Sellador Elástico Gris 300ml	Pistola calafatera
Se colocan las bisagras y el pestillo del compartimiento que da al interior del refugio.	- Picaporte sobrepuesto recto 2 1/2 Zincado Amarillo - Bisagra Acero Latonado 1 X 7/8 Truper	Atornillador
Se realizan perforaciones en la base del artefacto como mecanismo de drenaje, y perforaciones en la cara posterior para introducción del alambre como mecanismo de sujeción al árbol.	Broca para madera 10mm	Taladro
Aplicación de dos manos de protector de madera natural como acabado superficial, solo por el exterior del artefacto.	Protector de madera Danzke satin natural 1lt.	Brocha

COSTOS DE PRODUCTO (MATERIA PRIMA)			
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNI.	COSTO TOTAL
Terciado Estructural pino 9 mm 122 x 244 cm	5	12.900	64.500
Pino cepillado seco 1" x 2" x 3,2 m	10	1.300	13.000
Protector de madera Danzke satin natural 1lt.	2	9.800	19.600
Sikaflex 11 Fc+ Adhesivo Y Sellador Elástico Gris 300ml	1	8.900	8.900
Caja 100 uds. Tornillo Crs Volcanita 1 1/4"	3	1.500	4.500
Picaporte sobrepuesto recto 2 1/2 Zincado Amarillo	6	990	5.940
Bisagra Acero Latonado 1 X 7/8 Truper	12	230	2.760
Brocha 3"	2	2.150	4.300
Broca para madera 10mm	1	2.190	2.190
Punta de destornillador PH2 25mm	2	1.100	2.200
		TOTAL	127.890

COSTOS DE PRODUCTO (FABRICACIÓN)			
PROCESO	RR.HH	HH	COSTO TOTAL
Investigación y diseño	1	5.500	88.000
Planificación y logística	1	5.500	88.000
Construcción	2	5.500	352.000
		TOTAL	528.000

COSTOS OPERACIONALES DEL PROYECTO			
INSUMOS	CANTIDAD	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
Combustible (por día)	2	15.000	30.000
Arriendo vehículo (por día)	2	25.000	50.000
Instalador + equipo (por día)	2	70.000	140.000
Arriendo taller (por hora)	32	7.000	224.000
		TOTAL	444.000

COSTOS TOTALES DEL PROYECTO	
Costos de producto (materia prima)	127.890
Mano de obra directa	528.000
Costos de proyecto	440.000
TOTAL	1.099.890

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	6
COSTO UNITARIO	183.315



IMPLEMENTACIÓN CASAS ANIDERAS

Crédito: Christian Méndez ◀



La fase de implementación de las casas anideras estuvo a cargo del equipo de Quilantún, dirigido por Daniel Rivera, el ornitológico de campo de la organización. Se llevo a cabo en una jornada de trabajo de un fin de semana, logrando instalar 3 casas anideras por día. El tiempo invertido en la aplicación de cada refugio fue variable, esto dependía principalmente de la accesibilidad al árbol y altura de instalación, sin embargo se constata que nunca se invirtió menos de 1 hora, en algunos casos superando las 2 horas.

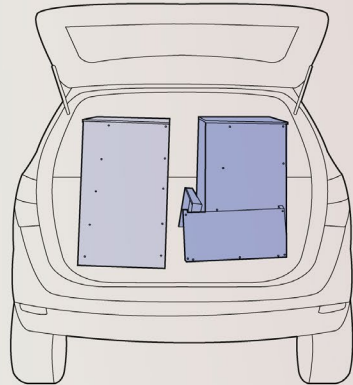
Para comprender mejor la fase de implementación de las casas anideras se elabora un storyboard del paso a paso desde la etapa de traslado de los artificios hasta dejarlos totalmente operativos en el árbol. El ejercicio del storyboard incluye las descripciones de cada paso, esto permite dar cuenta de las actividades y tareas durante en la implementación de una casa anidera, además se incluye el tiempo invertido durante cada tarea y cuantas personas participaron para llevarla a cabo.

La fase piloto permitió evaluar in situ las problemáticas y defectos de las casas anideras con efecto en las decisiones de instalación o posterior monitoreo, las problemáticas identificadas se incluyen en el esquema del storyboard marcadas con un signo de exclamación. La información recaudada se tradujo en los requerimientos del equipo que estará a cargo de las fases de instalación y monitoreo (ver tabla de requerimientos y atributos del capítulo proyecto de diseño).



Storyboard fase piloto

ETAPA: TRASLADO

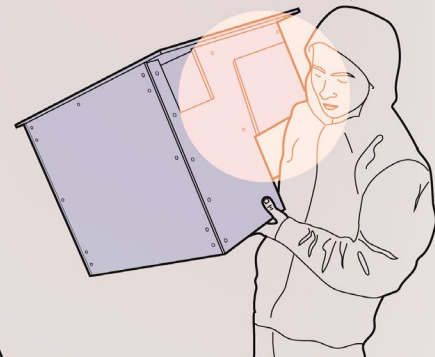
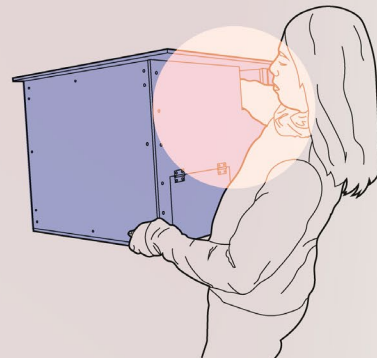


Traslado al sitio de instalación

El traslado de los artificios (seis unidades) se efectuó en dos viajes, por falta de espacio.

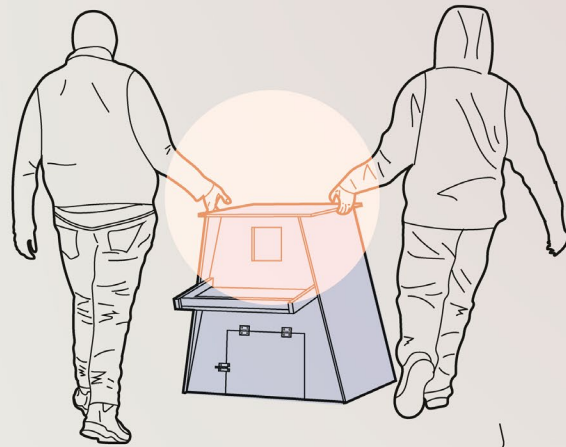
Manipulación

Los artificios de menor tamaño se pueden manipular por una persona. El agarre se efectúa a través del orificio de ingreso y escotilla de limpieza.



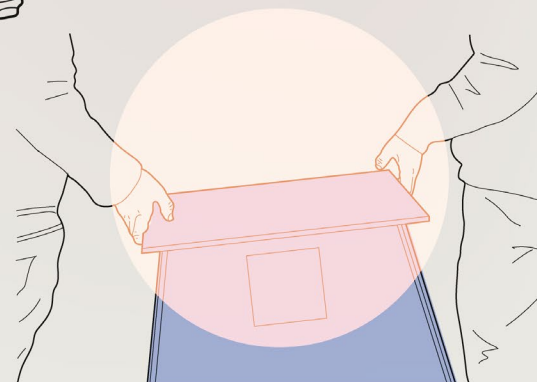
Agrupación de las estructuras para traslado

Para optimizar el espacio en el vehículo, se debe desmontar una parte del artificio, lo que permitió mejor agrupación de las estructuras.



Manipulación

La manipulación de la casa anidera de mayor tamaño se debe realizar por dos personas. Se utiliza como asa el alero del techo.



Sin mecanismo para manipular artificio.

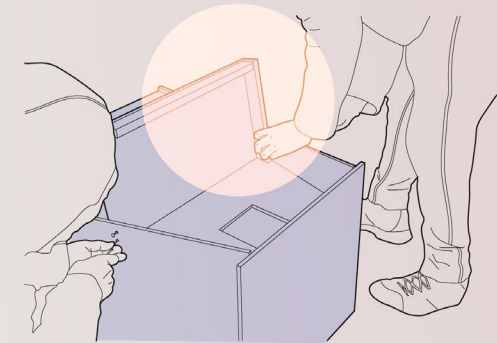
La sección del alero no está destinada para ser utilizada como asa, lo que podría debilitar las uniones mecánicas del techo.

ETAPA: INSTALACIÓN

01

Montaje plataforma de aterrizaje

Se atornilla la plataforma de aterrizaje (única pieza adyacente desmontable).

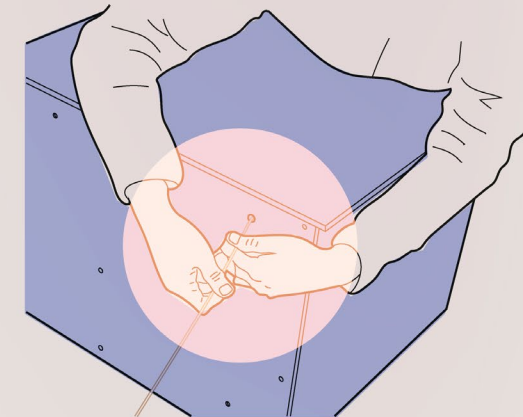


min. 10 2

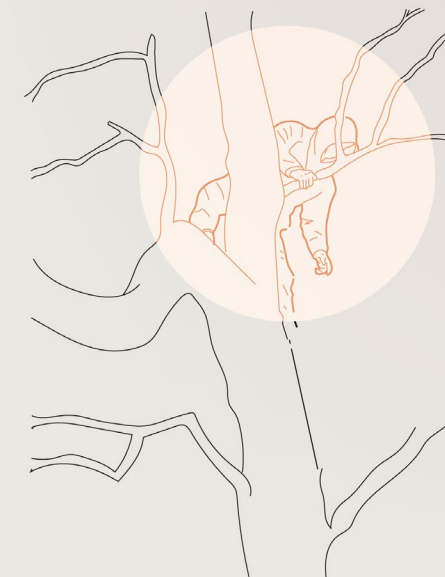
02

Introducción del mecanismo de anclaje

Dimensionado e introducción del alambre por la cara posterior de la casa anidera. El alambre se utilizó como elemento de sujeción del artificio al árbol.



min. 15 1



03

Encargado una escala el árbol

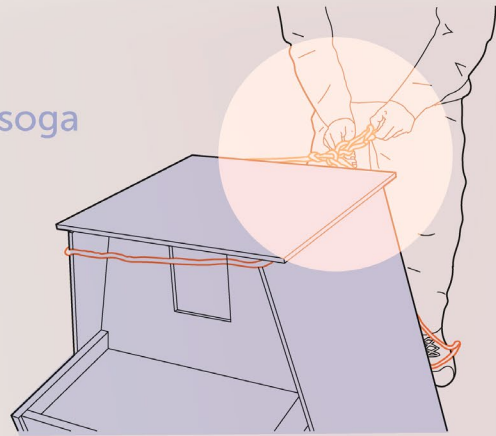
Encargado una trepa el árbol y se dispone a recibir la casa anidera.

min. 15 1

04 Encargado dos ensoga la casa anidera

La cuerda se dispone alrededor del techo (alero) de la casa anidera.

min.  
 5 1



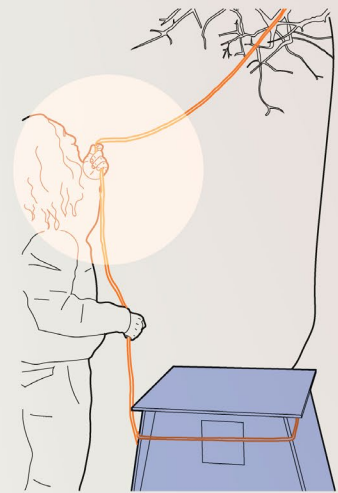
Sin mecanismo de elevación

Mecanismo de elevación poco seguro, dado que la sección del alero no está destinada para recibir la cuerda.

05 Mecanismo de polea con cuerda

Encargado uno amarra la cuerda a una rama simulando un mecanismo de polea que permita elevar la casa anidera.

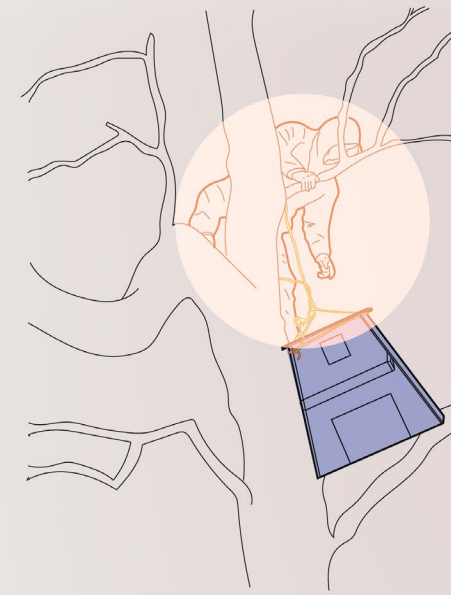
min.  
 5 2



06 Elevación del arteficio

Un segundo encargado tira la cuerda desde el suelo y mantiene suspendida la casa para que el sujeto del árbol la acomode provisoriamente.

min.  
 5 3



07 Se situa la casa provisoriamente

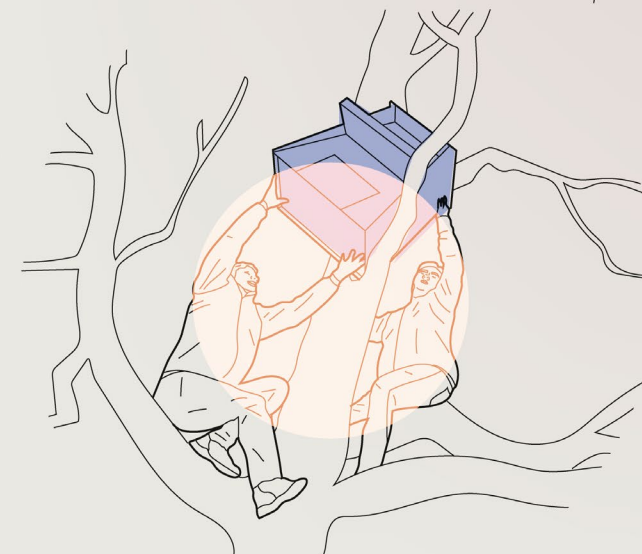
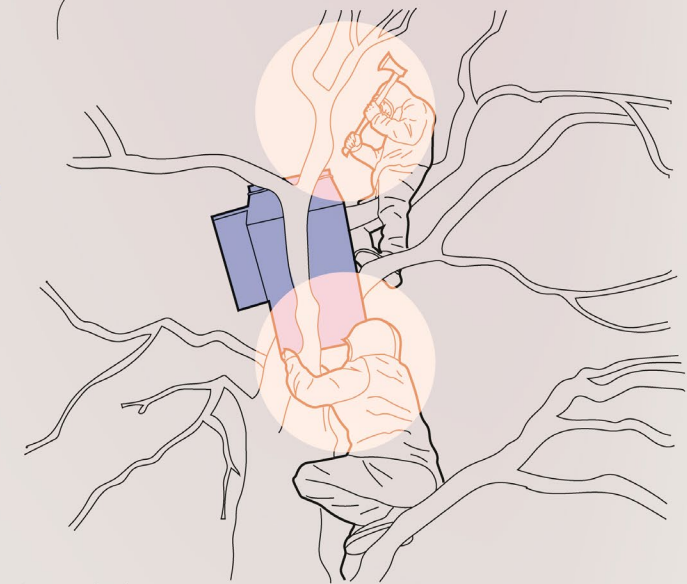
Antes de buscar el sitio ideal para instalar, se asegura la casa para trabajar libremente.

min.  
 5 1

08 Sube una segunda persona al árbol

Se hace necesario el apoyo de una segunda persona en el árbol.

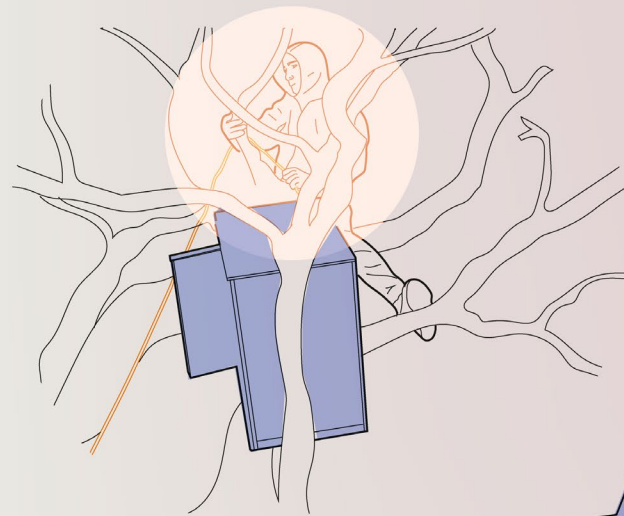
min.  
 5 2



09 Buscan la orientación final

Ambos encargados buscan la mejor posición y orientación de la casa anidera.

min.  
 15 2



10 Amarre provisorio

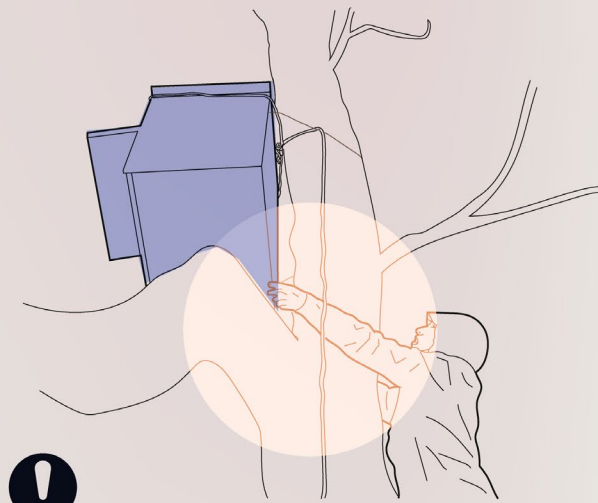
Se vuelve a amarrar la casa provisoriamente con la cuerda, para trabajar libremente en la sujeción definitiva.

min. 10 2

11 Sujeción final

Se procede a realizar los amarres finales. El alambre pasa por dos perforaciones ubicadas en la cara posterior de la casa anidera para luego rodear el árbol con pasada doble.

min. 30 2



El alambre es un material demasiado maleable y se fractura constantemente.



Adaptabilidad

La cara posterior plana de la casa anidera que entra en contacto con el árbol no se adapta a las formas irregulares del tronco.

12 Tensionar la sujeción

Para asegurar la fijación, se tensiona el apoyo ubicando pedazos de tronco entre la cara posterior de la casa anidera y el soporte arbóreo.

min. 15 2



Difícil acceso al compartimiento que da con el interior del refugio, dado que la escotilla se ubica por el frente de la casa, y el alcance seguro y cómodo es por las laterales.



Uniones mecánicas y fijaciones que pudiesen corroerse, como tornillos y bisagras.



La puerta de la escotilla de limpieza se posiciona de cara al viento lo que podría producir movimientos y ruidos molestos para las aves.



Materiales con compuestos tóxicos producen olores que pueden repeler a las aves, evitando la temprana ocupación de las casas anideras.



▲
Crédito: Christian Méndez C.



▲
Crédito: Christian Méndez C.

MONITOREO CASAS ANIDERAS



Transcurrido un año desde la instalación de casas anideras, se visitan los terrenos para constatar ocupación y estado de los artificios.

En ninguna de las 6 casas anideras hubo ocupación, debido a esto, se pudo monitorear las estructuras fácilmente. El estado de las casas anideras entre unas y otras era variable, se concluye en terreno que tal observación estaba relacionado con el árbol que las sostenía, en donde algunos contaban con un dosel más abundante que otorgaba mayor protección a las estructuras frente a factores climáticos.

El exterior de las casas anideras lucía mas deteriorado, principalmente debido a la lluvia; el interior por su parte daba señales de haber recibido mucha humedad, sin embargo, se encontraba en buenas condiciones. No se percibe desprendimiento de piezas, ni material deslaminado. El anclaje por su parte aún se encontraba tensionado y resistente. Se concluye que tras un año, las casas anideras expuestas a la interperie aún se encuentran operativas pero con señales de que el interior (espacio de anidación) recibió constante humedad.





IV. PROYECTO DE DISEÑO

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Tyto furcata (lechuza) ◀
Crédito: Mark Broadhurst



ENCARGO DE DISEÑO

Entonces, el equipo de Ética en los Bosques, en el cumplimiento de los objetivos del proyecto de ciencia ciudadana “Quilantún”, tiene la necesidad de:

¿Qué?: atraer aves rapaces a áreas peri domiciliarias rurales para potenciar el control biológico de plagas de zoonóticas asociadas al florecimiento de la quila.

¿Cómo?: a través de la implementación de casas anideras que entreguen sitios de nidificación alternativos para aves rapaces.

¿Para qué?: para mitigar la falta de cavidades naturales de nidificación, problema asociado a hábitats boscosos degradados.

La solicitud de diseño que nace desde el proyecto es: “diseño y construcción de casas anideras para lechuzas”.

Para términos de esta investigación, esta solicitud se replantea a través del siguiente **encargo de diseño**:

Diseño de un habitáculo para una familia de lechuzas, de acuerdo con las condiciones naturales de nidificación, aplicado a una estrategia de control biológico de plagas zoonóticas en bosques degradados.

OBJETIVOS DE PRODUCTO

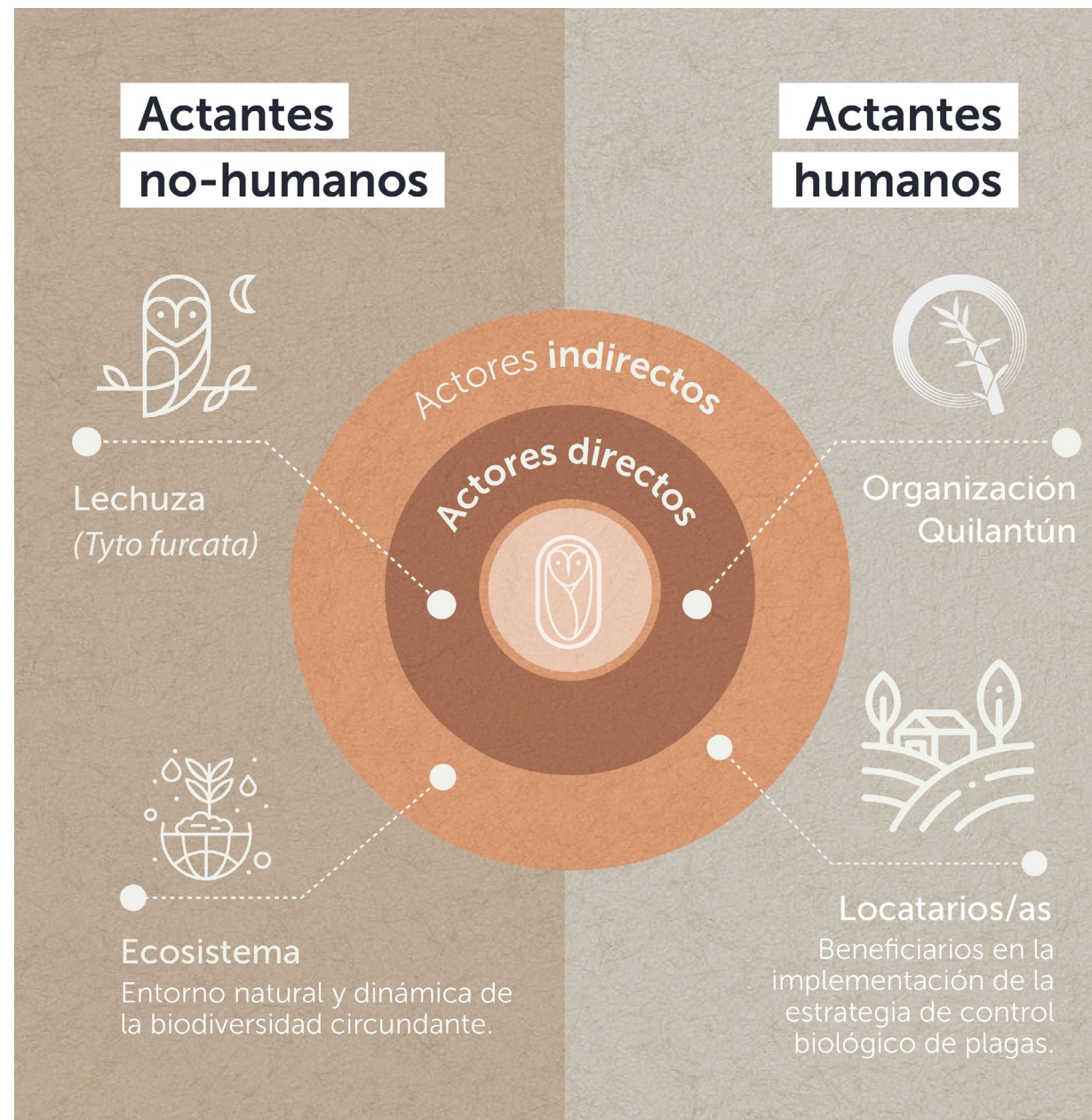
OBJETIVO GENERAL DE PRODUCTO:

Proveer un **habitáculo** para lechuzas, que simule las condiciones naturales de nidificación en cavidades arbóreas, con el fin de mitigar los riesgos asociados a la etapa reproductiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE PRODUCTO:

1. Habilitar un espacio de anidación para una familia de hasta 8 lechuzas, seguro y aislado del exterior que entregue protección frente a las condiciones climáticas y la presencia de depredadores.
2. Habilitar un soporte a modo de percha que permita el aterrizaje y descanso de las lechuzas desde el interior del refugio.
3. Integrar un sistema de anclaje no invasivo para la sujeción del refugio al soporte arbóreo, que facilite y minimice los esfuerzos durante el proceso de instalación.
4. Optimizar el mantenimiento del refugio a través de un sistema de limpieza que permita deshacerse de la sedimentación de los residuos orgánicos de forma fácil y expedita.

MAPA DE ACTANTES



▲
Figura 28. Mapa de actantes humanos y no-humanos involucrados en este proyecto.

Una de las herramientas implementadas en la fase inicial de la realización de un proyecto de diseño, es la identificación de los usuarios involucrados, a través del “mapa de partes interesadas” (diseño centrado en el humano). Desde la metodología del diseño centrado en la naturaleza, Monika Sznel (2020) nos propone la herramienta de lienzo de mapeo de actantes (“Actant Mapping Canvas”), la particularidad con herramientas convencionales, es que esta permite identificar las partes interesadas tanto humanas como no humanas, utilizada como un recurso de empatía, que permite abordar la toma de decisiones de diseño considerando las limitaciones, preferencias y necesidades de todos los afectados (actantes), esto incluye, especies, paisajes, agua, suelo y nosotros mismos (actante es un término de la semiótica que involucra a su vez a los humanos y los no-humanos).

Para el presente proyecto los actantes involucrados, divididos en actantes directos e indirectos, son: la lechuga (*Tyto furcata*) como actante directo no humano y su ecosistema circundante, es decir, paisaje y biodiversidad, como actante indirecto no humano. Del mismo modo, este proyecto atiende las necesidades de la organización Ética en los Bosques en el proyecto Quilantún, como actante directo humano, esto involucra los requerimientos del equipo involucrado durante la etapa de implementación y monitoreo de los refugios y por último los locatarios como actantes indirectos humanos, dueños de los terrenos en donde se efectúa la instalación de los refugios, descritos como los beneficiarios de la estrategia de control biológico de plagas.

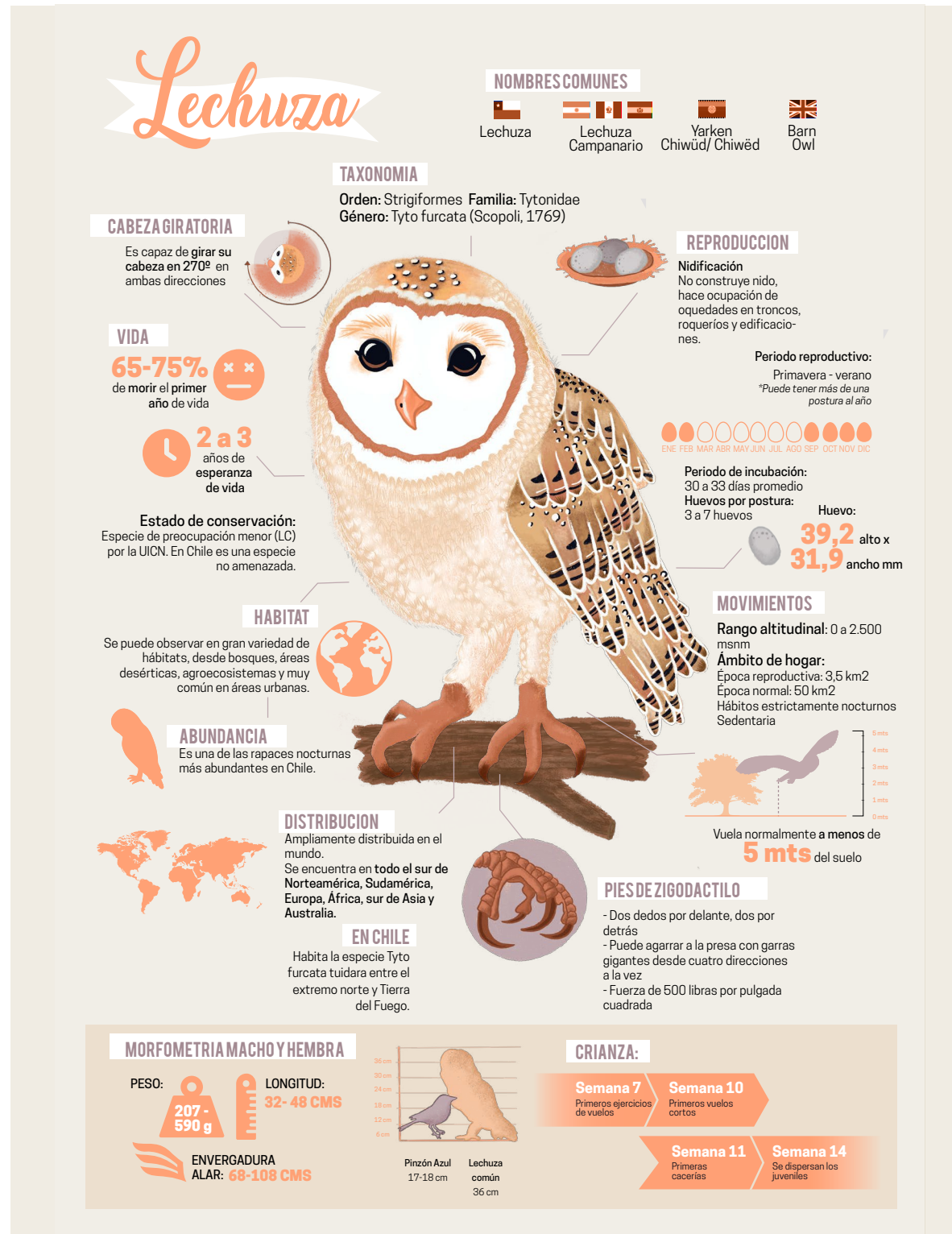
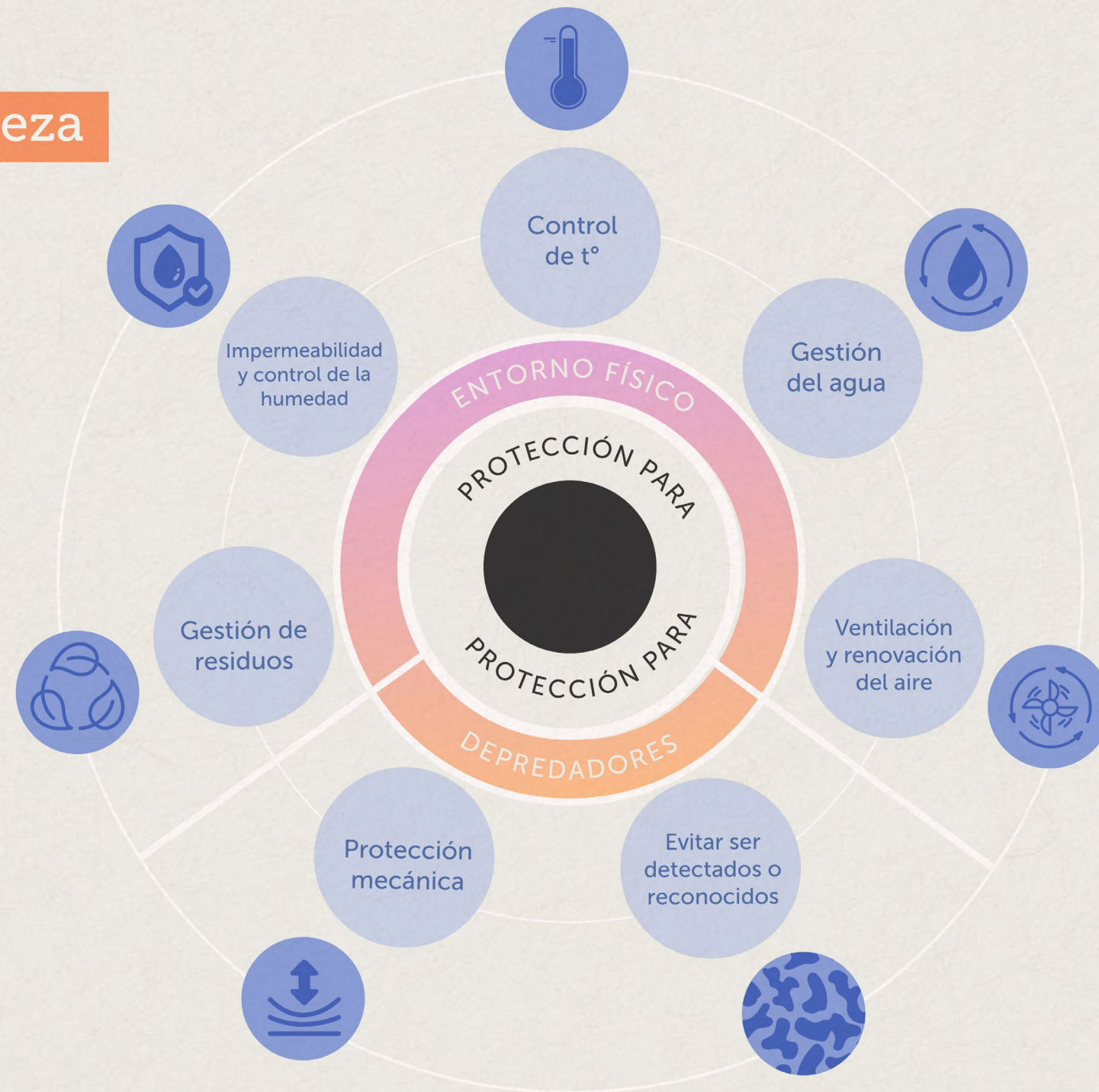


Figura 29. Infografía resumen de las características ecológicas y biológicas más importantes de la lechuza. Elaboración propia.

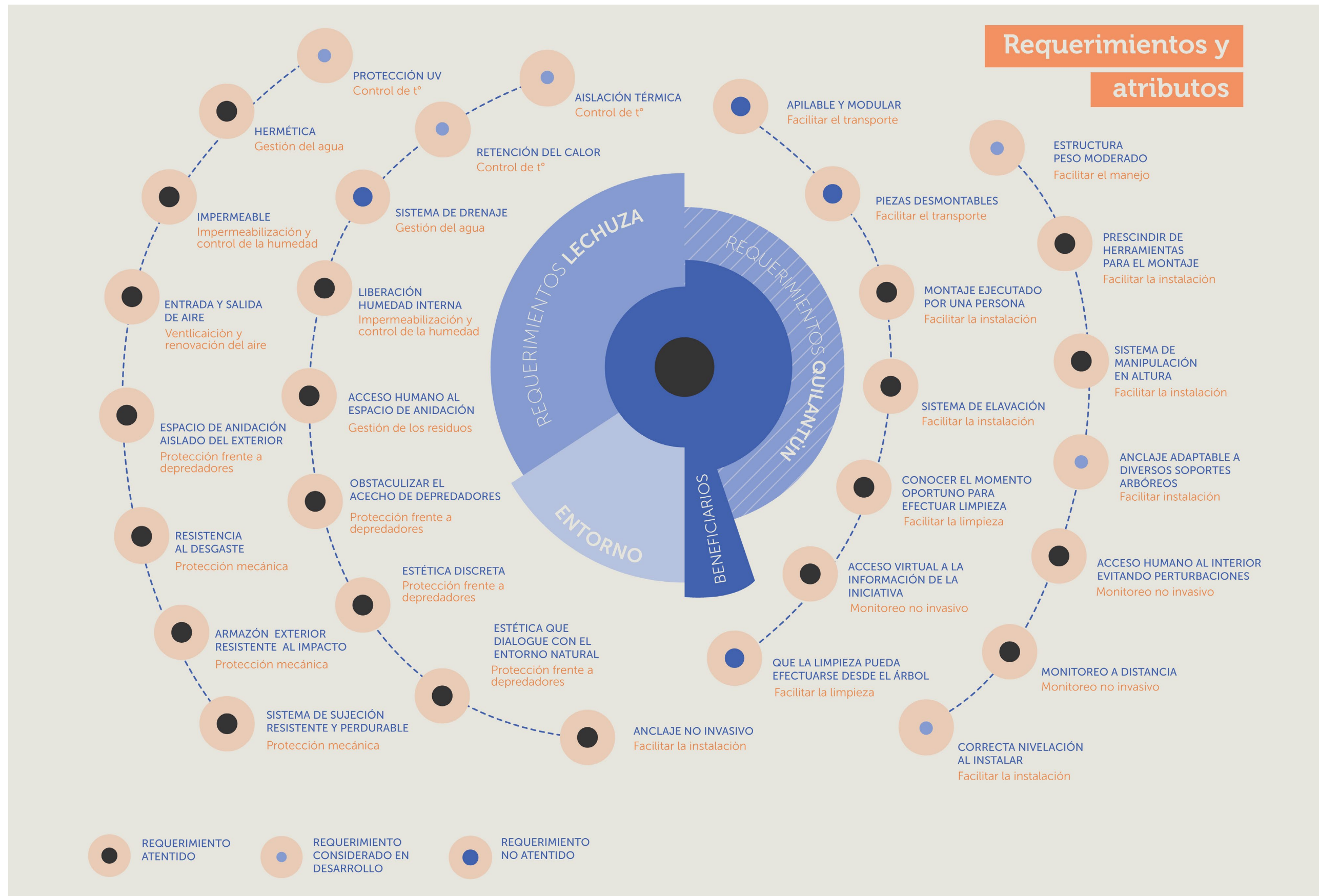
MORFOMETRÍA LECHUZA (*Tyto furcata*)



Funciones de un habitáculo en la naturaleza



◀ **Figura 10.** Funciones de un habitáculo en la naturaleza. Biodiseño "aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales" (García Santibáñez Saucedo, 2007). Elaboración propia.



◀ **Figura 30.** Tabla de requerimientos y atributos correspondiente a los cuatro actantes involucrados en el proyecto. Elaboración propia.

PROPUESTA CONCEPTUAL

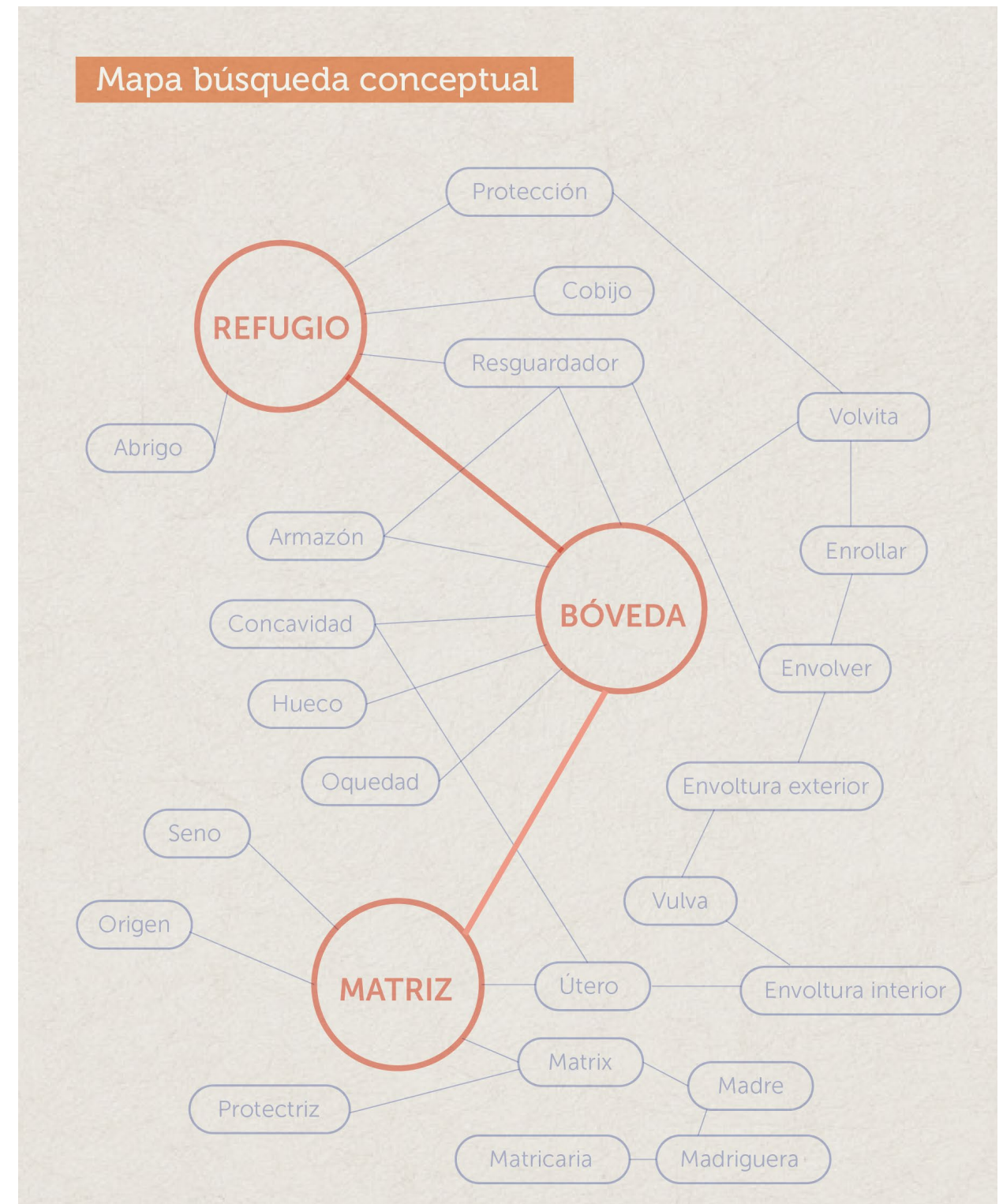
Para el desarrollo morfológico de la propuesta, antecede definir la propuesta conceptual, que guiará hacia un marco de acción, en cuanto a las decisiones sobre las cualidades formales, funcionales y estéticas de la propuesta.

La propuesta conceptual, nace de un listado de conceptos asociados a la función y forma de los habitáculos en la naturaleza, guiados por la siguiente pregunta: ¿qué conceptos encierran las obras de los animales en la construcción de habitáculos? García, H (2007) responde a esta cuestionante a lo largo de su investigación en “BioDiseño: aportes conceptuales de diseño en las obras de los animales”, en donde hace referencia a la representación conceptual de los nidos en cuanto a su forma y función. El entramado de conceptos (**figura 31**), comienza a desglosarse desde el concepto de “bóveda”, que clasifica entre los tipos de nidos (lenguaje formal) que utilizan las aves rapaces nocturnas como la lechuza.

De esta forma se define “matriz de bosque” como la propuesta conceptual, que para términos de esta investigación se referirá a un: “espacio abovedado y ahuecado, inmerso en el bosque, que protege, abriga, envuelve y asegura la fase reproductiva”. Por lo que, la propuesta de este habitáculo debe ofrecer protección a la especie objetivo ante posibles amenazas o adversidades del exterior, a través de formas envolventes y contenedoras, a su vez que, la propuesta debe evocar un lenguaje formal que no perturbe el entorno natural circundante, logrando una integración del habitáculo al paisaje.

MATRIZ DE BOSQUE

“Espacio abovedado y ahuecado, inmerso en el bosque, que protege, abriga, envuelve y asegura la fase reproductiva.”



▲
Figura 31. Mapa mental búsqueda de la propuesta conceptual. Elaboración propia.

MORFOGÉNESIS

El ecosistema circundante es también una de las partes de interés para esta investigación. En la búsqueda de proponer un diseño que no perturbe la estética natural del paisaje circundante, se llevan a cabo dos tipos de exploraciones para definir el “diálogo” entre el producto y el lenguaje de la naturaleza. Desde lo morfológico en la definición de la línea del producto, se abstraen las líneas de estructuras inmersas en el bosque, para interpretar y definir cuales de estas logran un “diálogo” con el paisaje natural y cuales líneas, de forma contraria, “interrumpen” la estética circundante. Del mismo modo se analiza la estructura de la casa anidera de diseño convencional con la composición formada por las ramas del árbol a nivel del dosel



Figura 32. Comparativa entre las líneas presentes en los artificios y las de los árboles.

(figura 32). Se puede apreciar que las formas y líneas presentes en el artefacto, que podríamos definir como rectas y angulosas, se destacan a tal punto que rompen con la estética del conjunto de ramas, las cuales presentan líneas orgánicas, irregulares, asimétricas y curvadas.

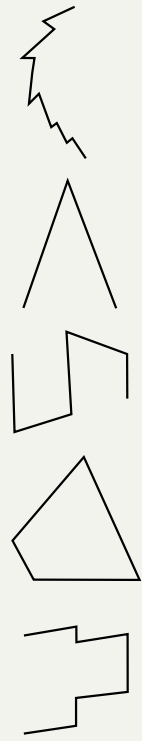
Lograr la inmersión del producto en el paisaje natural se intenta con el propósito de no incorporar un elemento, que aunque artificial, se perciba como ajeno al hábitat, respetando la dinámica del ecosistema. Esto nos lleva a reunir distintas visuales del bosque de Nahuelbuta. Todas las fotografías que conforman el moodboard (figura 33) corresponden a encuadres de vegetación aleatoria a las zonas en donde se instalaron las casas anideras durante la fase piloto. La estética del paisaje se percibe principalmente con tonalidades cálidas y presencia de diversas texturas y patrones.

Figura 33. Moodboard entorno natural en Nahuelbuta.



MORFOGÉNESIS

Líneas que interrumpen la estética del entorno natural.

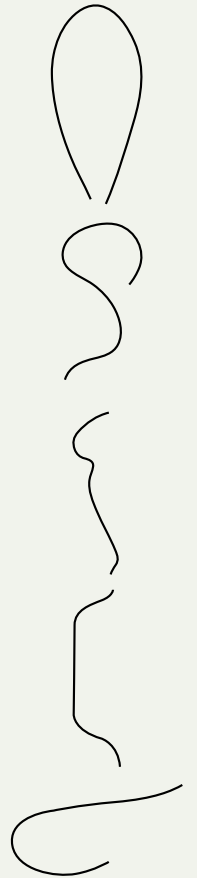


INTERRUMPEN

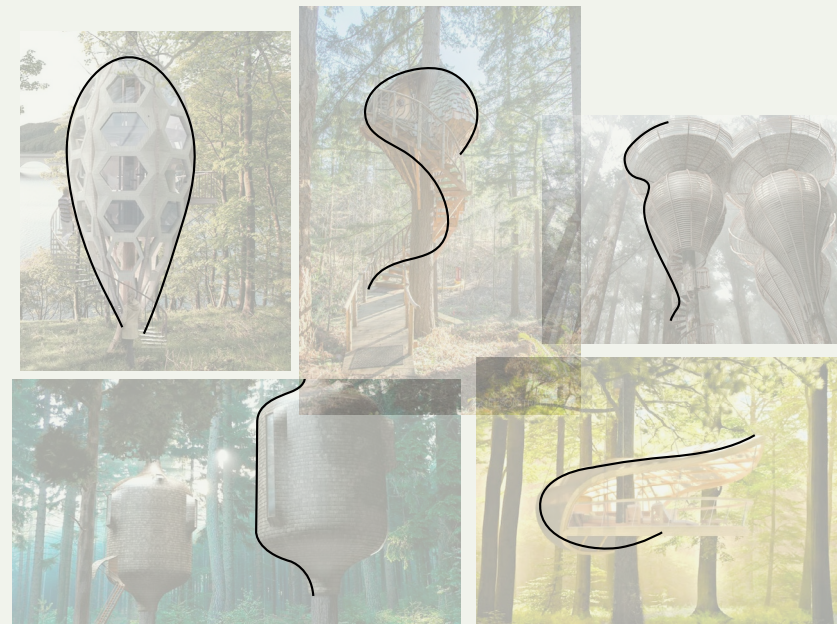


MORFOGÉNESIS

Líneas que dialogan con la estética del entorno natural.



DIALOGAN





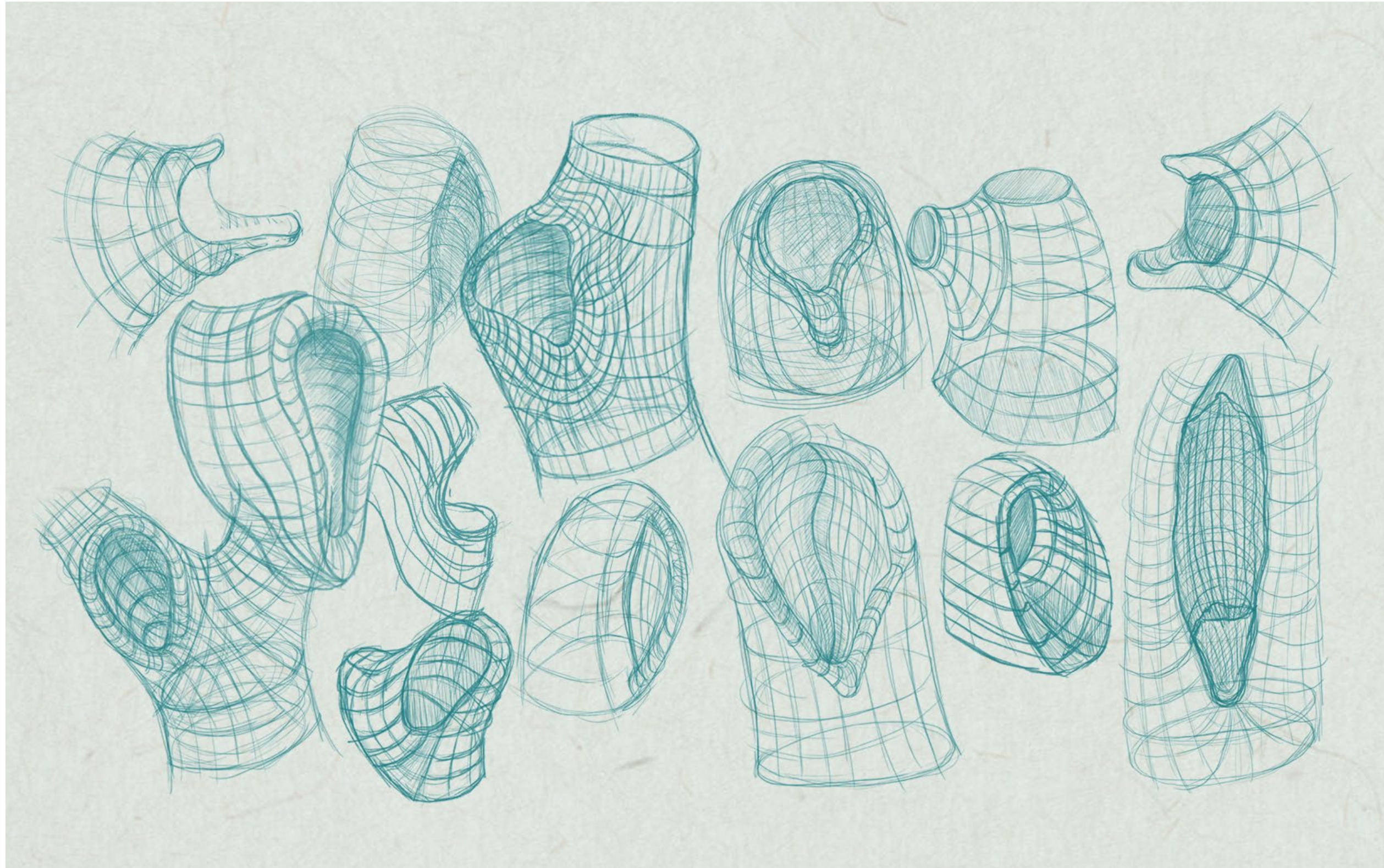
EXPLORACIÓN FORMAL A TRAVÉS DEL BOCETO

A continuación se muestra parte de la exploración formal a partir de la funcionalidad ecológica de la morfología de las oquedades como sitios de nidificación, para ello se elabora un moodboard (figura 34) con distintos tipos de nidos de lechuzas. A través del boceto se exploran las primeras propuestas morfológicas, poniendo énfasis en la forma de la oquedad de ingreso, siendo este el elemento de mayor variabilidad en las cavidades de los árboles.

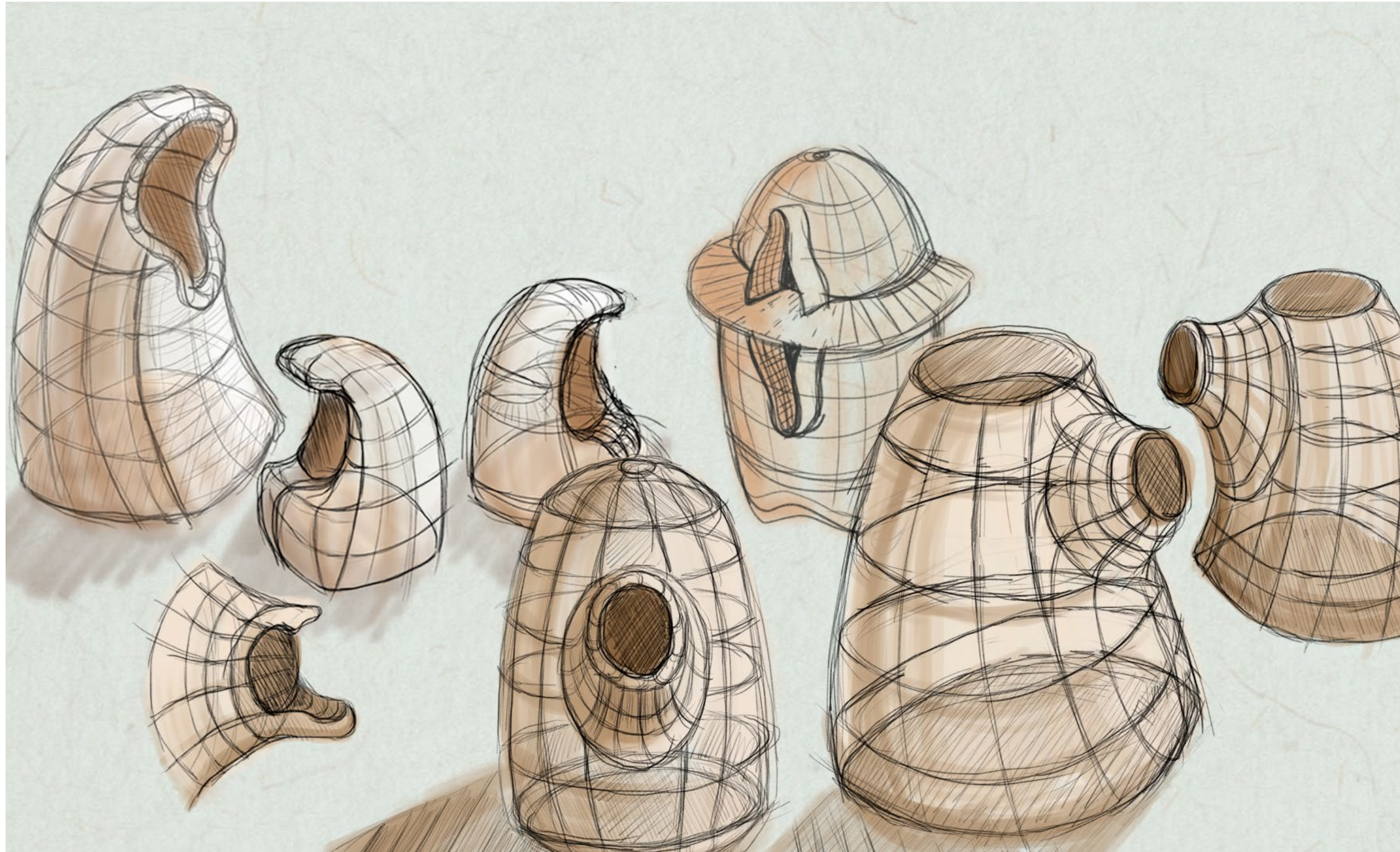
A partir de este primer acercamiento, se continúa con el proceso de génesis formal ahora incorporando la propuesta conceptual de “matriz de bosque”, buscando responder a su definición, la que se refiere a un “espacio abovedado”, esto permite descartar propuestas formales que consideraban oquedades muy expuestas, que a pesar de que son habitables, constituyen un factor que incide en la funcionalidad del habitáculo como espacio que protege de las adversidades del exterior. Este primer acercamiento en conjunto con la definición del espacio óptimo de anidación, da paso a la construcción del primer prototipo formal.

▲
Figura 34. Moodboard de cavidades arbóreas como sitios de nidificación de la lechuza.

EXPLORACIÓN MORFOLÓGICA



◀ **Figura 35.** Primera exploración formal a través del boceto.



◀ **Figura 36.** Evolución morfológica a partir de cavidades arbóreas como sitios de nidificación de lechuzas.

ESPACIO DE ANIDACIÓN ÓPTIMO

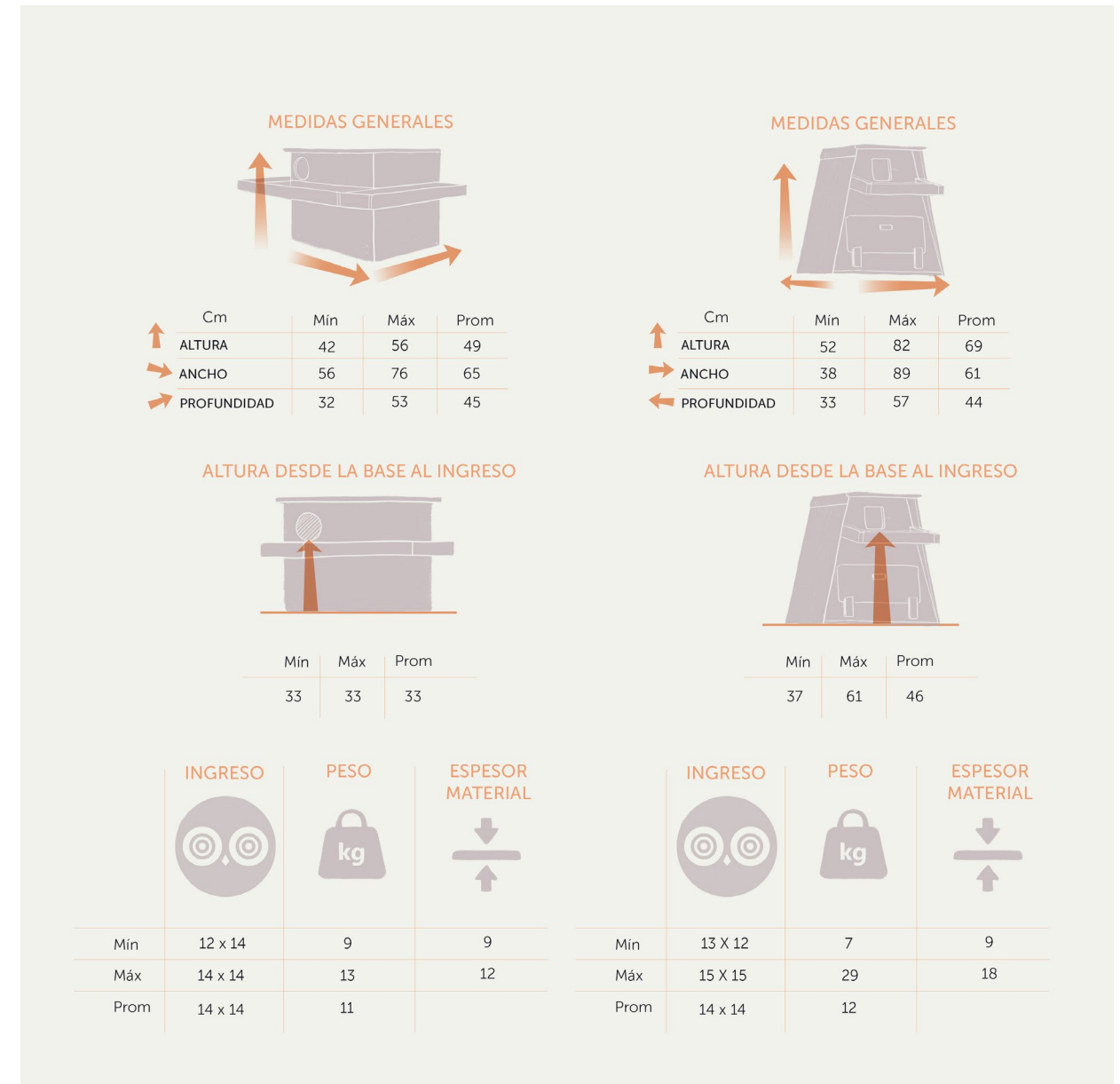
Para establecer las medidas del espacio de anidación más óptimo para las lechuzas, se realiza en primera instancia un catastro de casas anideras disponibles en el mercado, el listado de modelos fue dividido en dos tipologías, la primera corresponde a los refugios tipo “caja”, es decir, todos los modelos de forma cuboide, más anchos que altos, generalmente con una división interna que divide el espacio en dos compartimientos (el espacio de anidación y un corredor de ingreso) y la segunda categoría corresponde a los refugios tipo “casa”, sin división interna, más altos que anchos, caracterizados por mayor profundidad. A partir del catastro se identifican los parámetros más críticos de las casas anideras, entre ellos, las medidas generales (alto, ancho, profundidad), la altura desde la base a la oquedad de ingreso y diámetro del agujero de entrada, de las cuales se obtuvieron los promedios que serán utilizados como rangos referenciales.

Figura 37. Representación de las tipologías de refugios anideros tipo “casa” y “caja”. Elaboración propia.



Cabe mencionar que, con respecto a las medidas generales, algunas de estas consideran el volúmen del conjunto completo, es decir, por ejemplo en la medida de los anchos, incluye la extensión de las pistas de aterrizaje, por lo que, no es posible determinar con exactitud la medida de la base del espacio de anidación que ofrecen estos modelos.

Figura 38. Promedios obtenidos a partir de un catastro realizado de casas anideras presentes en el mercado. Elaboración propia.

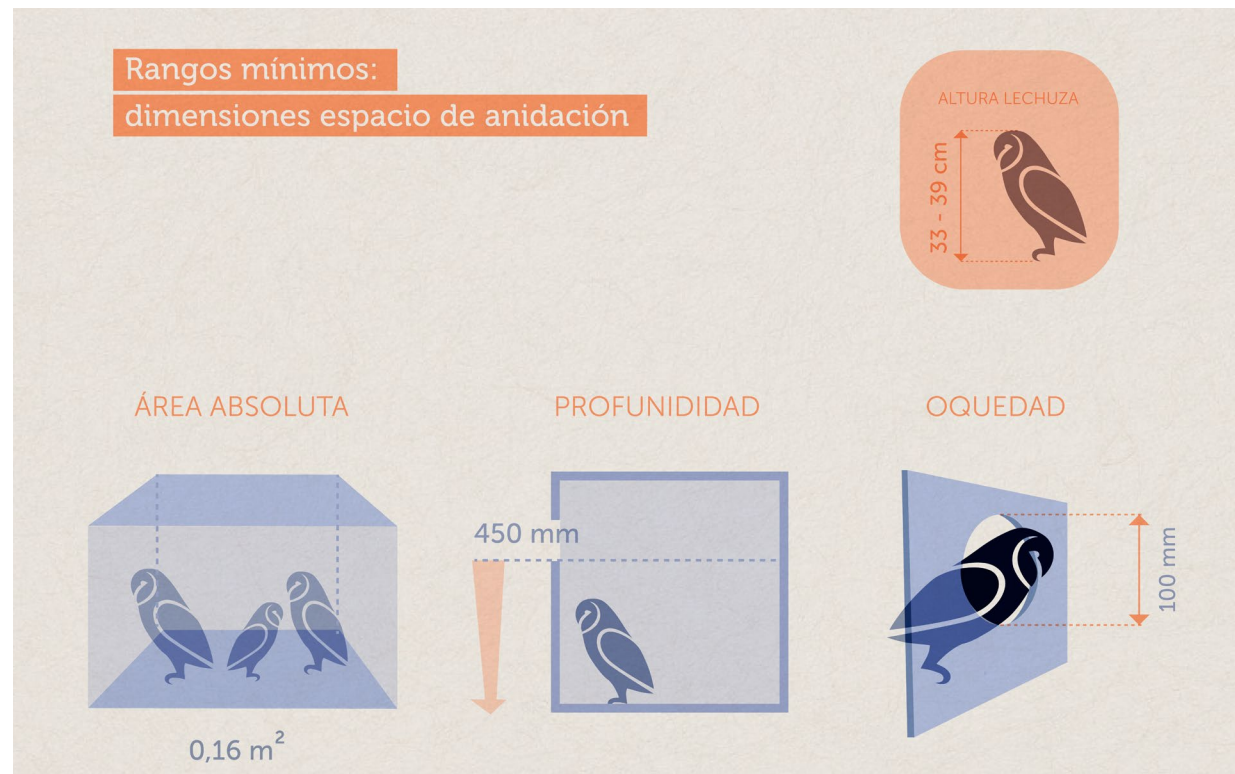


Los rangos obtenidos a partir del catastro son considerados en conjunto con los parámetros que establece “The Barn Owl Trust”, como medidas mínimas a tener en cuenta en la construcción de casas anideras.

Las medidas más críticas a considerar en un refugio de anidación son: el área absoluta de la base del nido, la profundidad, que considera desde la base hasta el principio de la oquedad de ingreso, y finalmente el diámetro de la oquedad. “The Barn Owl Trust” nos dice que el área absoluta mínima a considerar como espacio de anidación son $0,16\text{m}^2$, con una profundidad mínima de 450 mm, esta medida es considerada desde la base hasta la entrada, y que la oquedad de ingreso no debe considerar un diámetro menor a 100 mm (**figura 39**)

Una familia de lechuzas pone entre 4 a 7 huevos, que en condiciones naturales de nidificación es normal que existan pérdidas, tanto en la incubación, como en los primeros días de crianza, ahora bien, las condiciones de seguridad en un refugio artificial son distintas a las

Figura 39. Rangos mínimos para las dimensiones del espacio de anidación según “The Barn Owl Trust”. (The Barn Owl Trust, 2021c). Elaboración propia.



de un nido natural, dado que en el primer existe mayor protección frente a factores ambientales y de depredación, por lo tanto se debe prever que la sobrevivencia de las lechuzas durante la etapa reproductiva en un nido artificial podría ser mayor. Por consiguiente los cálculos de espacialidad del nido se harán en referencia a una familia de 8 lechuzas, es decir, dos adultos y 6 polluelos habitando el espacio de anidación.

Entonces, si consideramos a 8 lechuzas nidificando en un espacio que posee el área absoluta mínima propuesta por “The Barn Owl Trust”, a cada lechuza le correspondería un espacio de área de $0,02\text{m}^2$, es decir, inscritas en un espacio de 140 mm x 140 mm (**figura 40**). Ahora bien, resulta pertinente otorgarle algo de holgura al espacio de anidación sin comprometer la funcionalidad y practicidad del refugio, (sobredimensionar el artefacto, implica mayor peso, lo que podría interferir en las tareas de instalación).



Figura 40. Área mínima para considerar en la base del espacio de anidación, según “The Barn Owl Trust”. (The Barn Owl Trust, 2021c). Elaboración propia.

CRITERIOS CONSTRUCTIVOS

PROTECCIÓN PARA DEPREDADORES

A través de las geometrías del refugio se busca abordar el criterio constructivo de protección para depredadores. La pérdida de polluelos directamente del nido se debe principalmente a la acción depredadora de animales que tienen la capacidad de trepar los árboles, como por ejemplo, guiñas, gatos domésticos y culebras. Este punto es importante de atender, dado que si la depredación es demasiada, existe el riesgo de que las aves abandonen el nido, incluso el territorio. Muñoz Pedreros (2019) expone algunas formulas (figura 42) que se pueden utilizar en la protección de casas anideras, las cuales todas están dirigidas a evitar que el animales pueda trepar hasta llegar a la oquedad de ingreso del refugio. Las primeras tres referencias, collar de latas, anillo de ramas y anillo de malla, funcionan a modo de tope, instalados justo en la porción de árbol debajo de la casa anidera, por su parte, la “envoltura de plástico es un tubo plástico que abraza el árbol y que funciona reemplazando la superficie de la corteza por una superficie lisa y antiadherente que imposibilita el agarre de animales trepadores.

Este requerimiento se atenderá en base a la morfología de la estructura, es decir, evitar secciones o tramos del arteficio planos o angulosos, que pudiesen significar un punto de apoyo y agarre para depredadores que trepan, a su vez, el tipo de materialidad utilizada también puede contribuir, tal como el mecanismo de envoltura plástica, a crear una superficie que evite que depredadores se puedan aferrar al refugio.

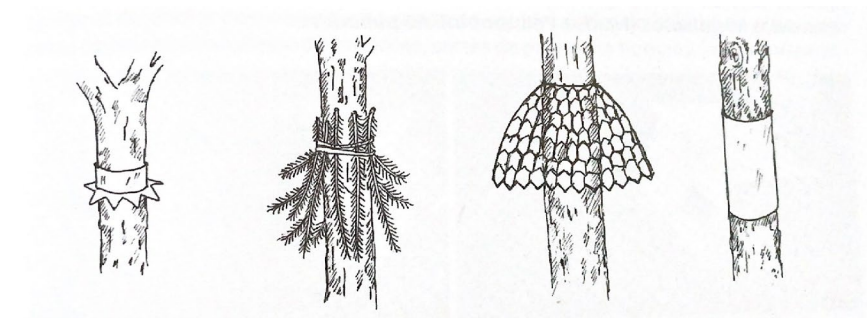


Figura 41. Mecanismos de protección para depredadores. Recuperado de: <https://nestwatch.org/connect/blog/predator-guards-carry-their-weight/>

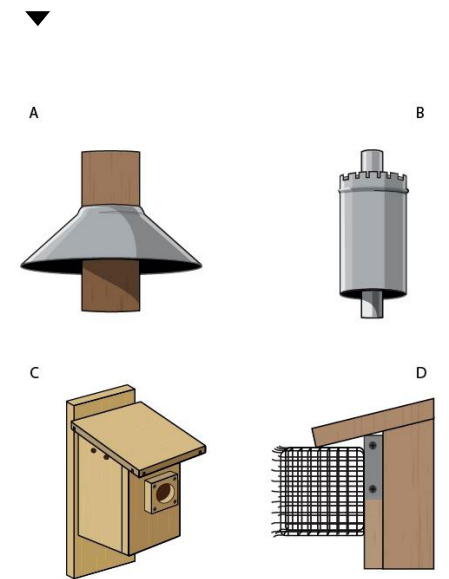


Figura 42. Tipos de protectores de nidos de aves rapaces. De izquierda a derecha: collar de latas, anillo de ramas, anillo de malla y envoltura de plástico. Muñoz-Pedreros et. al, (2019).

OQUEDAD DE INGRESO

En el moodboard (figura 43) podemos apreciar de que forma las lechuzas interactúan con la estructura de la casa anidera, el análisis se centra en leer las diversas posturas que adopta dentro y fuera del artefacto con el fin de asociar la interacción con una función del refugio.

Podemos apreciar que las lechuzas se asoman por la oquedad buscando un espacio que les permita observar y obtener información de su entorno, sin embargo, es evidente que en las referencias expuestas no existe tal espacio que permita el aperchamiento desde la seguridad del interior del nido, en tales casos la oquedad solo cumple una función y es la de permitir la entrada y salida de las aves. Es interesante analizar como en algunas de las referencias se ve macho y hembra con la necesidad de contemplar lo que está pasando fuera del refugio, pero en ningún caso ambos se encuentran fuera de este, dado que durante la etapa reproductiva, la hembra siempre estará en el nido, aún así con la necesidad de poder ver que está ocurriendo fuera, sin abandonar a sus polluelos.

El diámetro de la oquedad de ingreso está bien determinado por los estudios y tal como pudimos obtener a través del catastro de casas anideras, este fluctúa entre los 12 a 15 cm de diámetro. Estas medidas responden a requerimientos morfológicos y de seguridad de la lechuza, dado que, las medidas establecidas para las oquedad permiten el ingreso de la lechuza, pero además buscan evitar el posible ingreso de otras especies depredadoras de mayor tamaño. Por lo que, si se considera ampliar la abertura, esta debe considerar atender la problemática de la depredación a través de otras formas.



▲
Figura 43. Moodboard de interacciones de la lechuza con los nidos artificiales.

Es importante aclarar que existen algunos modelos que presentan pistas de aterrizaje independientes de la oquedad de ingreso, y que también funcionan como área de aperchamiento, sin embargo, estas plataformas podrían considerarse un factor que facilite la intromisión de depredadores, al ser una estructura que se ubica inmediatamente debajo de la oquedad de ingreso, permitiendo que otras especies trepen por ella hasta llegar a la entrada. Se puede prescindir de la estructura de la plataforma de aterrizaje, más no de su funcionalidad, por ende, se evalúa considerar la oquedad de ingreso como una zona que a su vez permita el aterrizaje, el aperchamiento, descanso, y de contemplación de su entorno circundante, todo esto desde la seguridad del refugio (aún estando en el interior).

En la **figura 44** vemos una secuencia de posturas del vuelo de descenso en donde se observa que la postura final de aterrizaje exige un grado de compensación, es decir, el cuerpo de la lechuza se balancea hacia adelante antes de encontrar la postura de descanso final.

Si consideramos las interacciones de la lechuza con el artefacto y el análisis de sus posturas en tales interacciones, podemos definir que, la oquedad, hasta ahora definida solo como una abertura que permite la entrada y salida de las aves, también debe funcionar como:

- Zona de aterrizaje
- Zona de aperchamiento / descanso
- Zona de información (contemplación del entorno circundante)

Esta decisión implica aumentar el tamaño de la abertura, lo que a su vez podría implicar un riesgo para la seguridad de las aves, con ello se procede a evaluar como a través del diseño se puede contribuir a minimizar el riesgo de ataques de depredadores (ver apartado anterior de “protección para depredadores”).



▲ **Figura 44.** Secuencia de aterrizaje de la lechuza, en el análisis de posturas. Elaboración propia.

INSTALACIÓN DEL ARTIFICIO: SISTEMA DE ANCLAJE

Para facilitar la implementación del refugio durante su fase de instalación, se desea integrar a la propuesta un sistema de anclaje no invasivo para la sujeción del refugio al soporte arbóreo en conjunto con un mecanismo para la manipulación del artefacto durante el traslado y en altura (sistema de elevación), atributos que buscan facilitar y minimizar los esfuerzos del equipo a cargo del proceso de instalación.

La exploración comienza analizando a los pájaros carpinteros, los cuales poseen una serie de características y adaptaciones anatómicas muy particulares que hace que las reconozcamos como las “aves trepadoras”. El análisis se centrará en el mecanismo que utilizan para mantenerse ancladas al árbol.

La primera adaptación de estas aves especializadas en trepar árboles son sus patas con dos garras dispuestas hacia adelante y dos hacia atrás (en forma de “X”), conocida como la pata “zigodáctila”. Las garras de los dedos de los pies en los pájaros carpinteros se presentan fuertemente curvadas y puntiagudas para penetrar en la corteza cuando el ave trepa a los árboles. La segunda adaptación es su cola, la que generalmente presenta un par de plumas centrales fuertes y rígidas, con puntas reforzadas y concavas, estas plumas actúan como eje central de apoyo que colabora en la función escaladora de estas aves. En la **figura 46**, podemos apreciar como la punta de la cola actúa como una especie de cuña que hace palanca otorgando apoyo y estabilidad, siendo junto con las garras los únicos 3 puntos del cuerpo del ave que tocan el árbol, por ende los 3 puntos de apoyo que permiten el anclaje (López De Aquino, n.d, Bock, 2015).

Figura 45. Morfología de una pata de ave trepadora (zigodáctila)

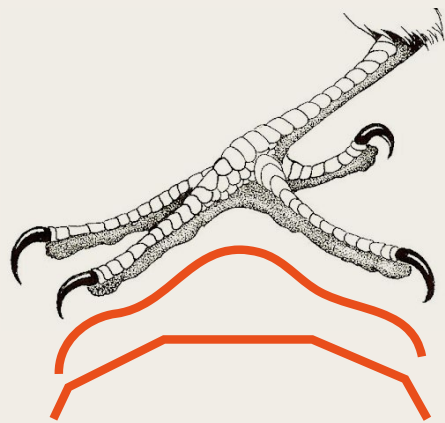


Figura 46. Análisis del mecanismo biológico de las aves trepadoras. Elaboración propia.



▲
Figura 47 (Arriba). Detalle de anclaje de una casa anidera durante la fase piloto de esta investigación.

Figura 48 (Abajo). Vista posterior casa anidera y detalle de mecanismo de anclaje. Modelo de casa de "The Barn Owl Trust". Recuperado de: <https://www.barnowltrust.org.uk/product/barn-owl-nestbox-for-use-on-trees/>

Este análisis da respuesta a la problemática que se identificó durante la fase piloto, en donde las casas anideras no lograban, por su forma, adaptarse al soporte arbóreo, esto sucede porque se busca apoyo entre dos superficies formalmente muy distintas, por un lado tenemos la cara posterior del artificio que es totalmente plana y, por el otro lado, el tronco que presenta una forma cilíndrica y con irregularidades. Al empalmar ambas superficies, estas solo se logran tocarse en determinados puntos de apoyo que logran dar estabilidad al montaje. Durante la instalación el problema se resolvió posicionando trozos de tronco entre ambas caras (**figura 47**), buscando crear tensión y aumentar el área de apoyo entre ambas estructuras para una sujeción más segura.

Entre los mecanismos de instalación de casas anieras convencionales, es bastante común que se utilicen clavos forestales para el montaje. Los clavos forestales, de aluminio, tienen una oxidación más retardada, esto evita que el árbol contraiga alguna enfermedad que pudiese dañar el árbol. Introducir cuerpos extraños en los árboles puede provocar heridas que los dejan más susceptibles a la entrada de hongos que pudiesen producir eventualmente su muerte. Evidentemente considerar el daño que pudiese ocasionar el sistema de sujeción del artificio al árbol es crucial para esta investigación, ya que, de la salud del árbol, como soporte estructural, dependerá la seguridad del anclaje, y con ello la seguridad de las aves. Por lo que, el sistema de vinculación del refugio al soporte arbóreo, no solo debe ser seguro y resistente, si no que, debe solucionarse a través de un método no invasivo.

Tal como se muestra en el modelo de casa anidera que ofrece "The Barn Owl Trust" (**figura 48**), en donde podemos ver que la parte superior e inferior se encuentran estas "perchas" de plástico atornilladas de forma permanente a la estructura. El sistema de anclaje de este modelo consiste en atornillar y clavar al árbol, por ello, dentro de las recomendaciones que entrega esta organización para la instalación, es seleccionar un árbol muerto como soporte, justamente para evitar eventuales daños a árboles vivos.

Como podemos ver en la **figura 49**, el uso de alambre envolvente, se incrusta en la corteza provocando daño en los árboles que se encuentran en crecimiento. Un método utilizado para evitar tal situación es pasar el alambre por un trozo de manguera de goma, con el objetivo de proteger el árbol de eventuales cortes. Del mismo modo, también se utilizan tacos de madera entre el alambre y el árbol, con el fin de que sean estos los que reciban toda la fuerza del alambre (**figura 50**).



▲
Figura 49 (Arriba). Alambre incrustado en árbol. Recuperado de: <http://espiritudearbol.blogspot.com/2012/06/liberado.html>

Figura 50 (Abajo). Uso de bloques de madera entre la corteza y el cable para evitar daños en el árbol. Recuperado de: <https://blog.romankharkovski.com/2012/03/backyard-zip-line-project.html>



▲
Figura 51. Moodboard de estructuras que se instalan en árboles provisoriamente.

Se inicia una búsqueda de estructuras que están diseñadas para montarse en árboles, entre las que destacamos las plataformas y sillas para cazadores que se posicionan en árboles para llevar a cabo la cacería al acecho, por ende, estructuras que deben soportar pesos superiores a los 200 kg, además las referencias expuestas corresponden a estructuras no fijas, que se montan en el árbol por un determinado tiempo, este es un punto a destacar, dado que, al ser estructuras que se deben montar y desmontar, no contemplan sujeciones invasivas.

Tal como en el caso de las trepadoras, estas estructuras están diseñadas de tal forma que se fijan al árbol a través de puntos de apoyo específicos, en algunos casos 3, en otros 4, en donde existe el contacto entre ambas superficies, pero la estructura en todas las referencias se separa del árbol dejando un espacio entre ambas estructuras.

Dentro de las referencias destacan dos sistemas, uno es lo que llamaremos el “arnés” (figura 52), correspondiente a la pieza que recibe todo el peso de la estructura, fijada al árbol por lo general por medio de correas o cuerdas. Esta pieza es adyacente al resto del conjunto y es la primera pieza que se fija para proceder a la instalación.

La segunda pieza corresponde al mecanismo para nivelar la estructura al árbol, que llamaremos “taco nivelador” (figura 53), es la pieza que “apuntala” y apoya, y con ello distribuye el esfuerzo que realiza la pieza central superior (“arnés”), por lo general es la que abarca más espacio, buscando más superficie de apoyo, por lo que conserva una forma de arco que sigue la forma radial del árbol, también se puede concluir que estas piezas presentan una morfología tipo “garra”, en donde destacan unas piezas a modo de “dientes” que buscan generar puntos de “agarre” entre ambas superficies, sin llegar a ser un anclaje invasivo, un mecanismo especial para cortezas de árboles.



▲
Figura 52 . Secuencia sistema de anclaje Treestand en árbol. Recuperado de: <https://huntrtnt.com/fr/products/tnt-p1100s?variant=31752081145952>



▲
Figura 53 . Soporte de climbing stick Recuperado de: <https://www.thesouthernoutdoorsmen.com/gear-reviews/2017/11/14/gear-review-muddy-aerolite-climbing-sticks>

Las referencias aquí expuestas se toman como modelo que, en complementación con el análisis morfológico y biomecánico de las aves trepadoras, permite el prototipar un mecanismo de anclaje. Este prototipo se logra evaluar haciendo el ejercicio de la instalación en las mismas condiciones en que se instalaron las casas anideras durante la fase piloto.

El prototipo fue elaborado a partir de metales y fierros, piezas mecanizadas manualmente y uniones con soldaduras. Para poder testear el prototipo, se utiliza un basurero para simular la estructura de la casa anidera, en donde se adosó la pieza central del sistema de anclaje. Del mismo modo, el prototipo contempla un sistema para elevar el refugio a través del uso de correas que también fue testeado. La simulación del proceso de instalación se lleva cabo en uno de los árboles contiguos al árbol en donde se instaló la casa anidera en la fase piloto con la misma persona a cargo de la instalación.

Con respecto a los resultados de la evaluación, se concluye que:

- El paso a paso de la instalación fue mucho más expedito que el realizado durante la fase piloto, en cuanto a tiempo invertido y en cuanto a número de tareas para dejar la estructura anclada.
- El taco con forma de garra inferior por su forma logra adaptarse correctamente a la estructura cilíndrica del árbol, sin embargo al ser una pieza fija, su tamaño importunaba a la hora de realizar el primer enganche, por lo que se debe considerar que esta pieza se encuentre “guardada” a la hora del montaje.
- El artificio que debe buscar la paralela con el árbol, queda desnivelado, dado las irregularidades del tronco. El prototipo se diseñó con un sistema de telescópica para modificar la distancia entre la estructura y el árbol, pero el mecanismo no se pudo llevar a cabo.



LIMPIEZA

Durante la ocupación del refugio, se van acumulando residuos orgánicos en la base, que de no retirarlos después de cada etapa reproductiva provocan una excesiva acumulación que reduce la profundidad de la casa, lo que aumenta el riesgo de que los polluelos caigan o abandonen el nido antes de tiempo.

Esta capa de sedimentación de residuos queda extremadamente compacta lo que dificulta enormemente su extracción, considerando además que muchas veces el acceso al interior del nido no es el más adecuado y que debe llevarse a cabo en altura. Algunas de las técnicas que se emplean para la limpieza es asistirse con herramientas, como un destornillador, que ayude a romper el bloque para removerlo.



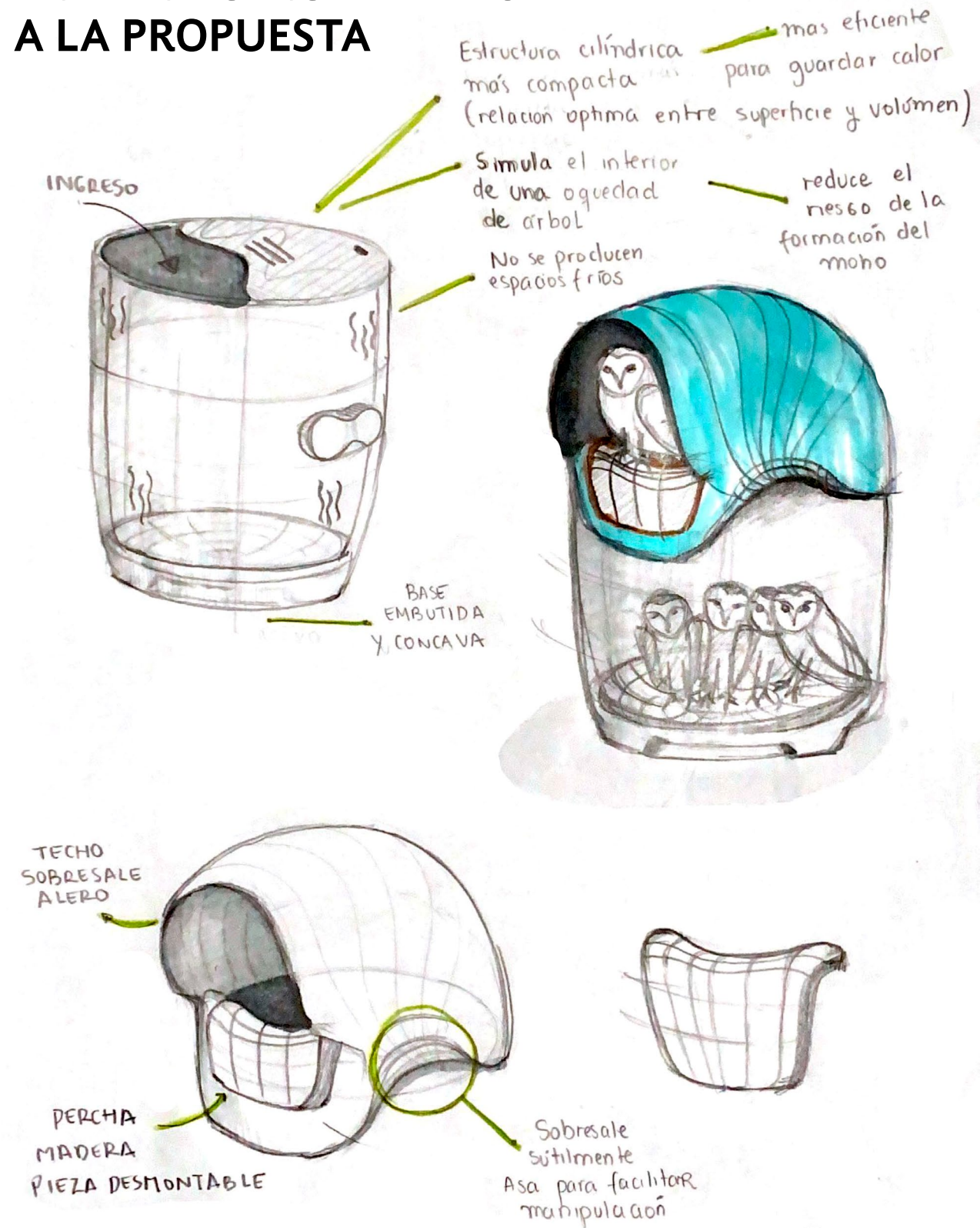
Una caja nido de lechuza común desmontada que muestra los escombros del nido compactados. Recuperado de: https://www.barnowltrust.org.uk/wp-content/uploads/signs_nest-debris.jpg

Estos pasos parecen ser de gran complejidad y riesgosos para las personas a cargo, si consideramos que esta tarea debe llevarse a cabo desde el árbol, por lo que, se considera un sistema de limpieza que no implique más tareas que solo la remoción de todo el conjunto de sedimentación de residuos. Para ello, contemplaremos piezas fijas y piezas recambiables como parte del conjunto, de esta forma, la cámara de reproducción, que es la que va acumulando en su base los desechos, será parte de los componentes de uno uso, extraíble, recambiable y desechable.

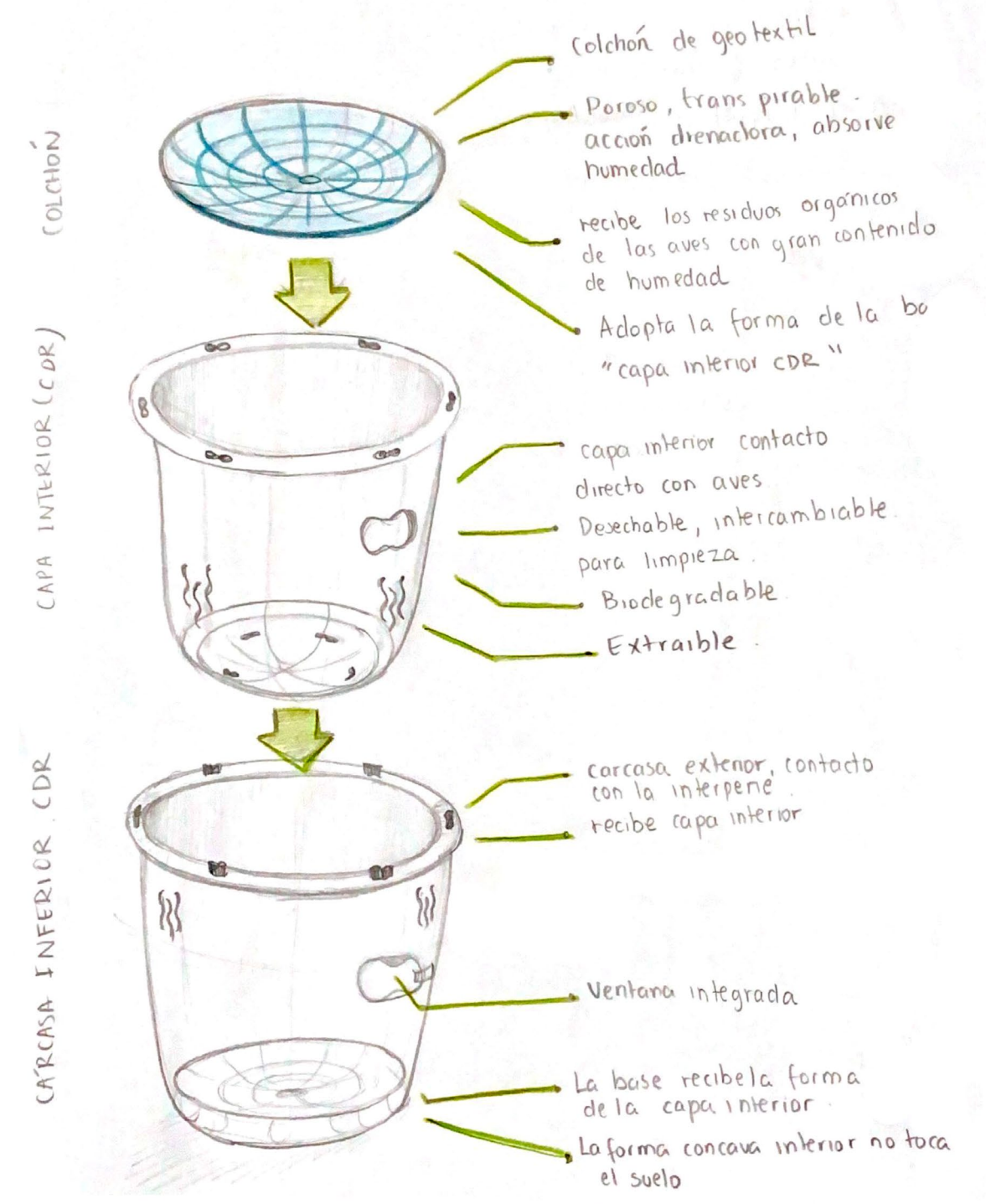
El momento oportuno para realizar la limpieza difícilmente se puede establecer con exactitud y la frecuencia estará determinada por la cantidad de crías y la cantidad de puestas, por ejemplo, una nidada con 3 a 4 crías debería limpiarse una vez al año, en cambio una familia con 2 a 3 crías, quizás la frecuencia podría extenderse de 2 a 3 años. La recomendación con respecto al momento oportuno para llevar a cabo la limpieza considera evitar que los residuos acumulados en la base superen un espesor aproximado de 50 mm, esperar más significa la disminución del espacio interior (profundidad) para las aves. Esto nos lleva a considerar de que forma se puede advertir a los monitores a través del diseño que el momento para la limpieza ha llegado.

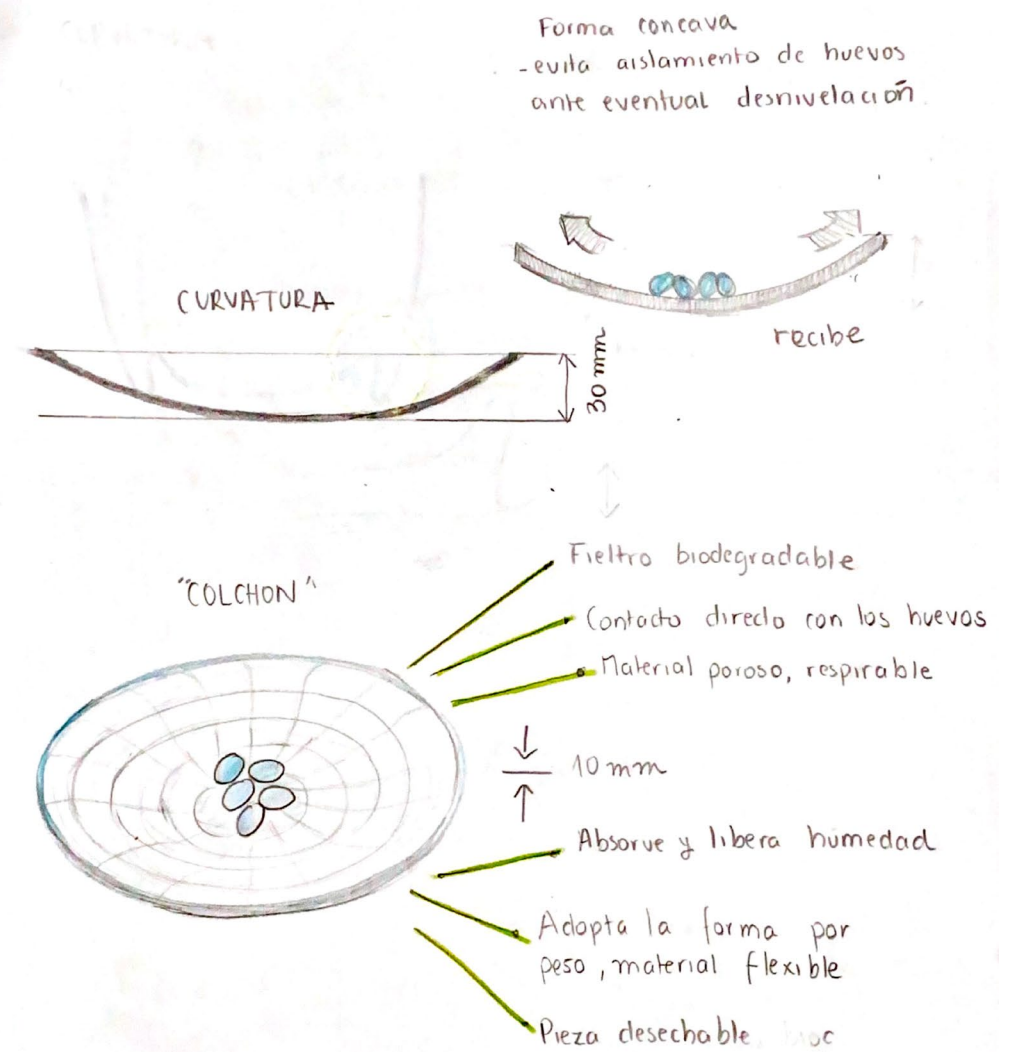
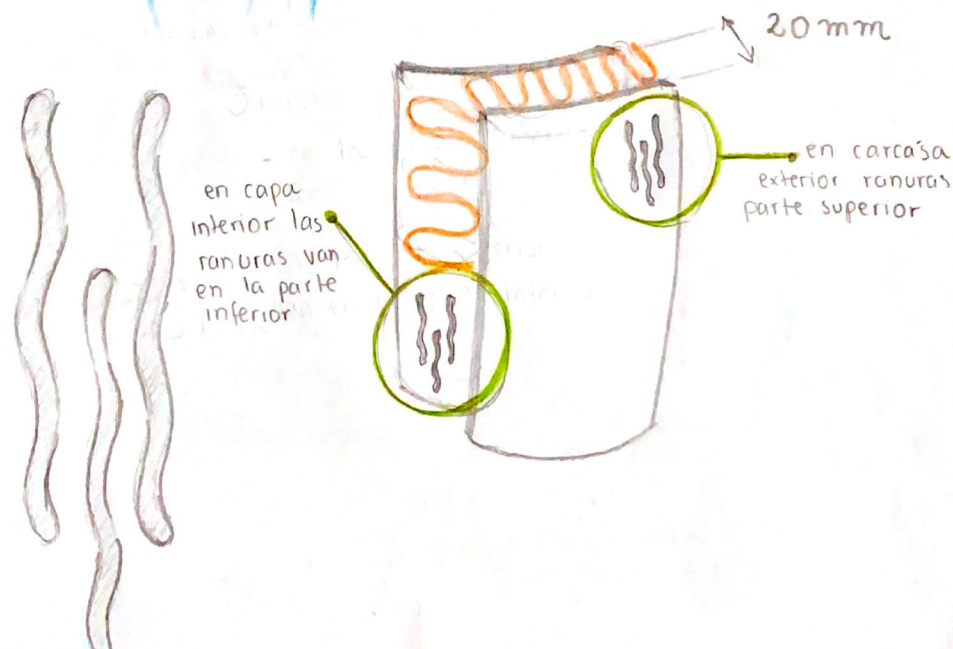
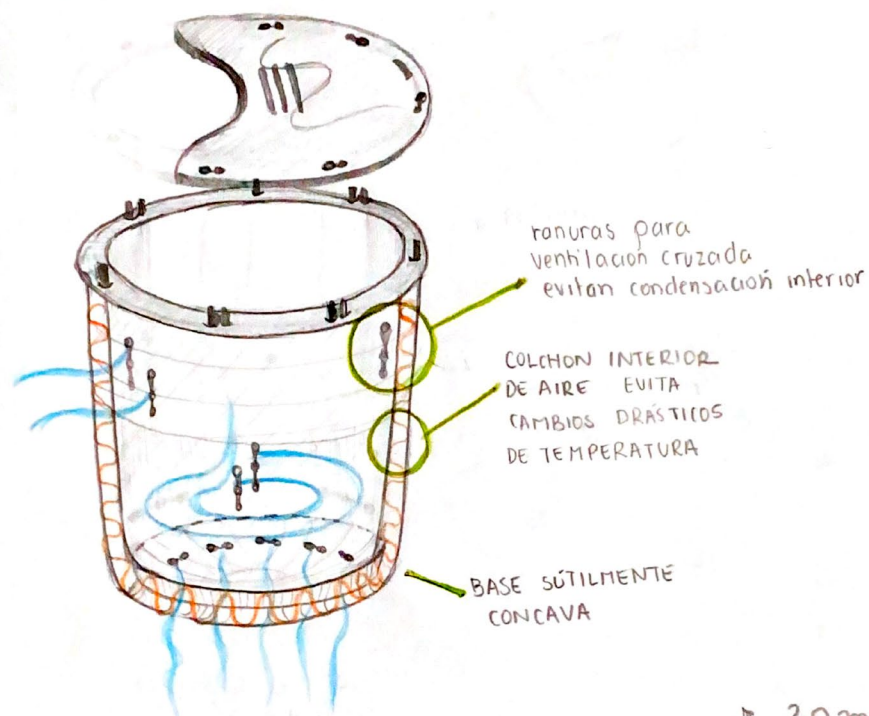
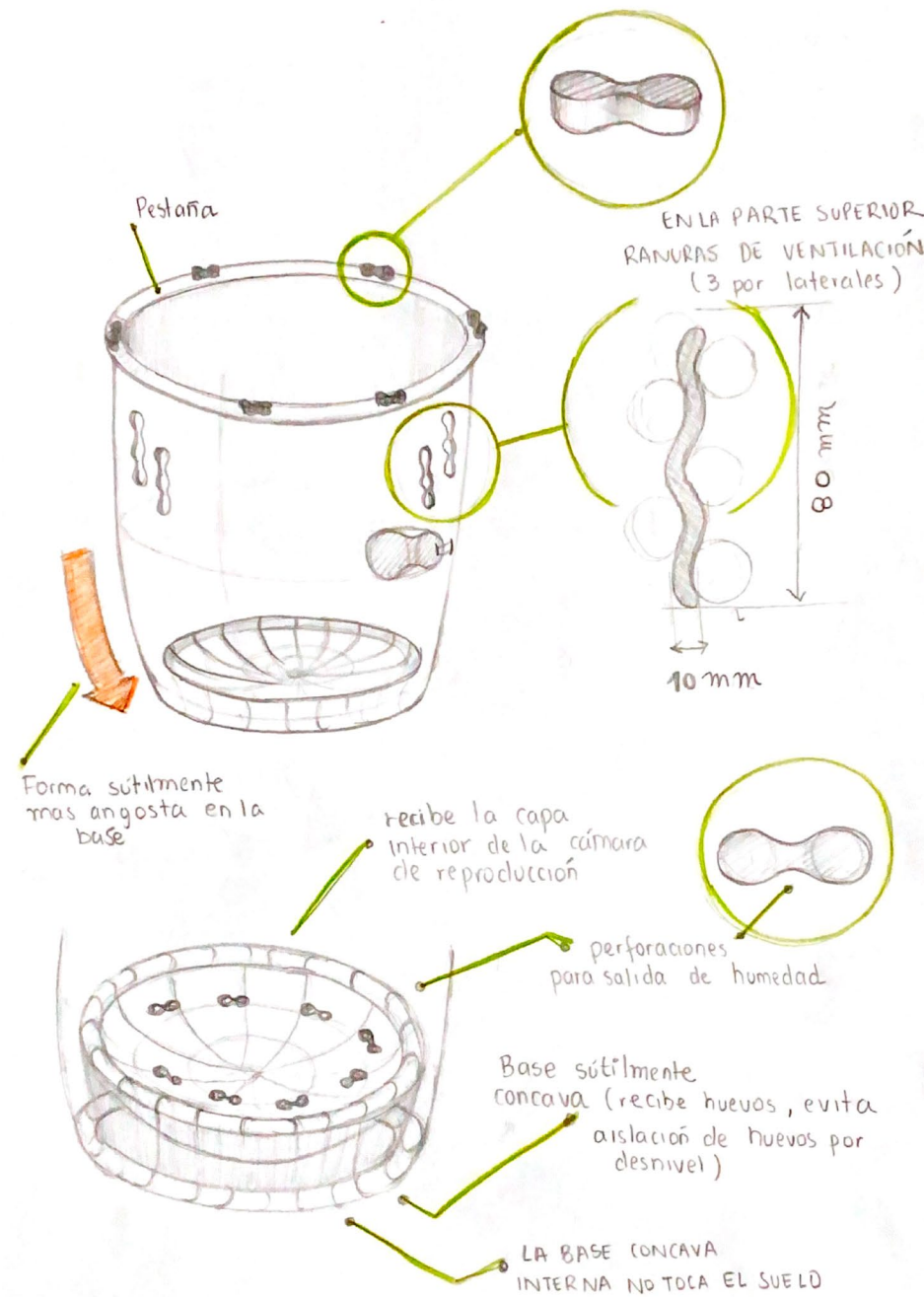
Para ello se determina que la cámara de reproducción debe contemplar alguna marca indicadora visual que les permita a los monitores saber cuando la acumulación de residuos a superado el tope permitido.

PRIMER ACERCAMIENTO A LA PROPUESTA



DESPIECE CÁMARA DE REPRODUCCIÓN (CDR)







A partir de la génesis formal se elabora un prototipo para evaluar decisiones formales antes de proceder al diseño al protitpo 3D.

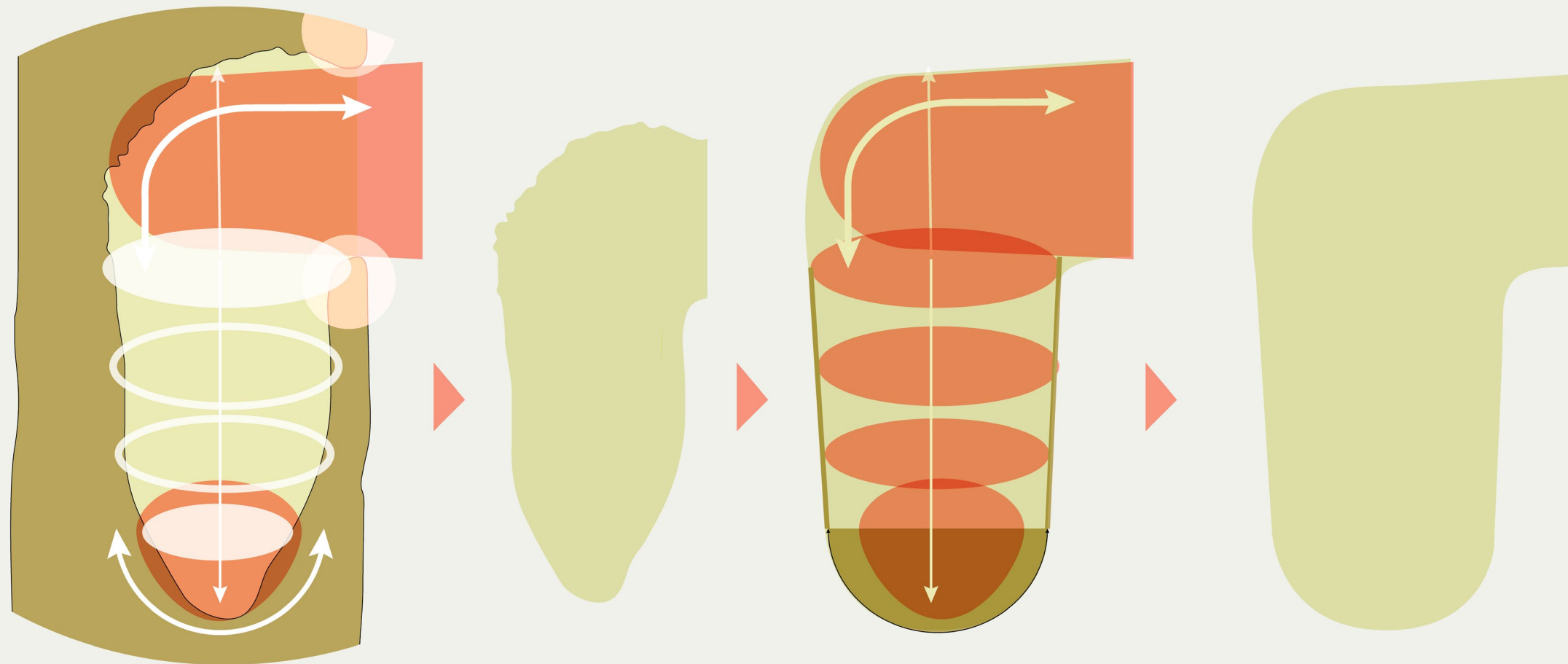
Este prototipo se construye en consideración con los rangos mínimos que propone “The Barn Owl Trust” antes mencionados, es decir, la base del nido contempla una medida de 400 mm de diámetro con una profundidad de 460 mm. Para evaluar de mejor manera el espacio de anidación, se simulan los huevos con las medidas reales fabricados en porcelana en frío, por consiguiente, también se simula el cuerpo de una lechuza con la técnica de papercraft.

El prototipo se realizó a partir de cartón en distintas densidades. Para conseguir la curvatura deseada la cúpula se realiza con listones de cartón de bajo espesor más una estructura de alambre. La base construida a partir de planos seriados elaborados con corte láser para conseguir la concavidad deseada.

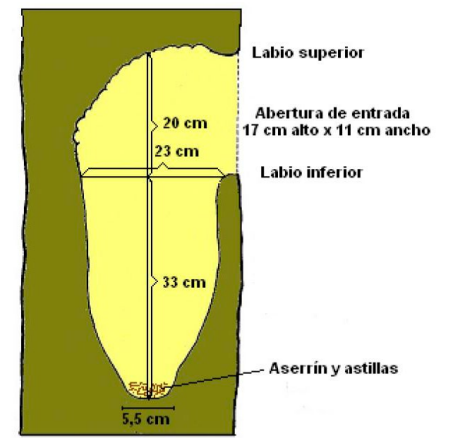
Se concluye que el espacio de anidación aún sigue siendo reducido si se considera una familia de lechuzas de 8 integrantes. Sin embargo también se advierte que la estructura ya alcanza un volúmen considerable. En cuanto a la oquedad de ingreso, esta resulta ser demasiado amplia considerando los criterios de protección frente a depredadores, una apertura demasiado amplia deja más expuesto el interior del nido. Finalmente la concavidad que se le da a la base del nido, logra el propósito de receptáculo que dado su forma reúne los huevos en el centro.



Morfología de un nido en una cavidad arbórea

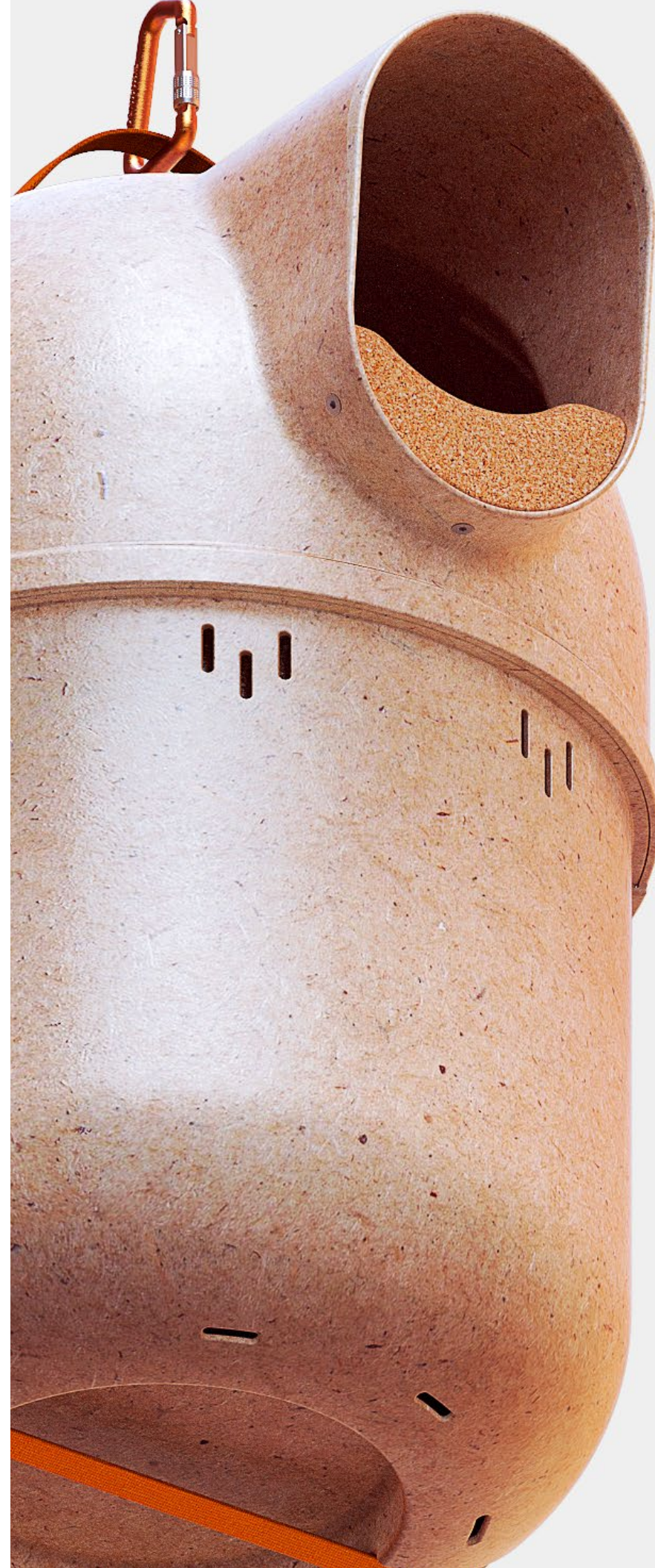
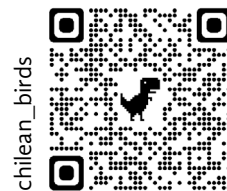


◀ **Figura 54.** Estudio y abstracción de la morfología interna de una cavidad arbórea. Este resultado es aplicado en la próxima iteración de diseño en el prototipado 3D. Elaboración propia a partir del esquema que realiza Saavedra M. en "Caracterización de nidos de Carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) en la Areas Silvestres Protegidas en (2015).

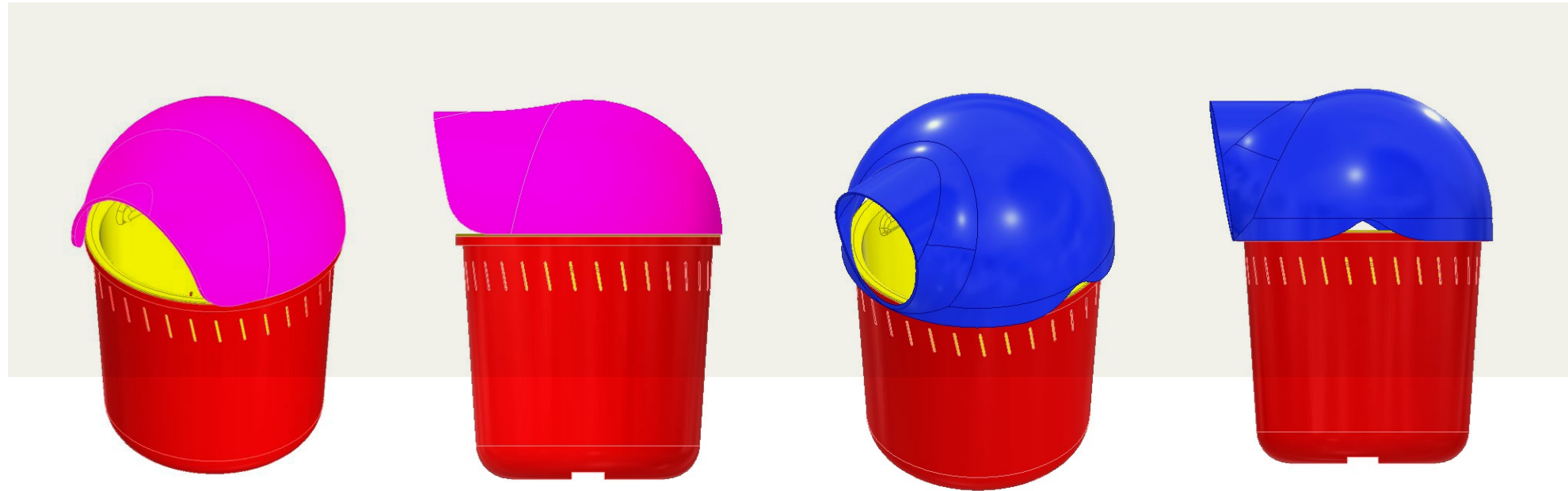


DESARROLLO DE LA PROPUESTA

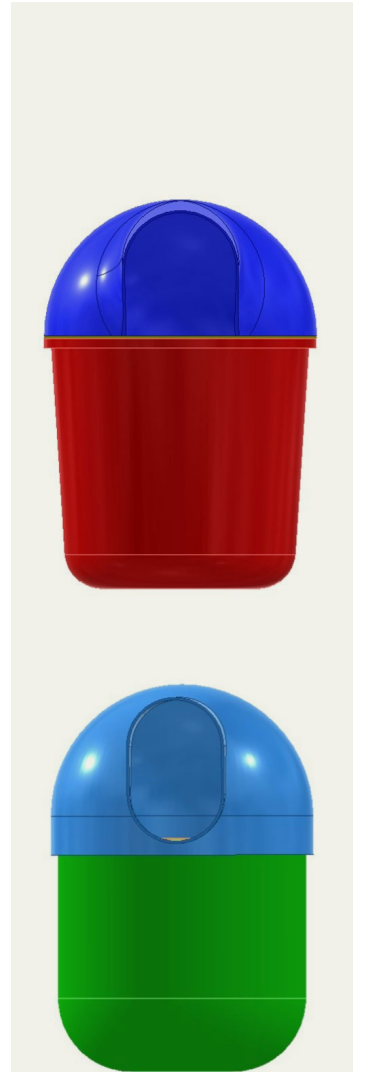
Athene cunicularia (pequén) ◀
Crédito: Joel Cabezas S.



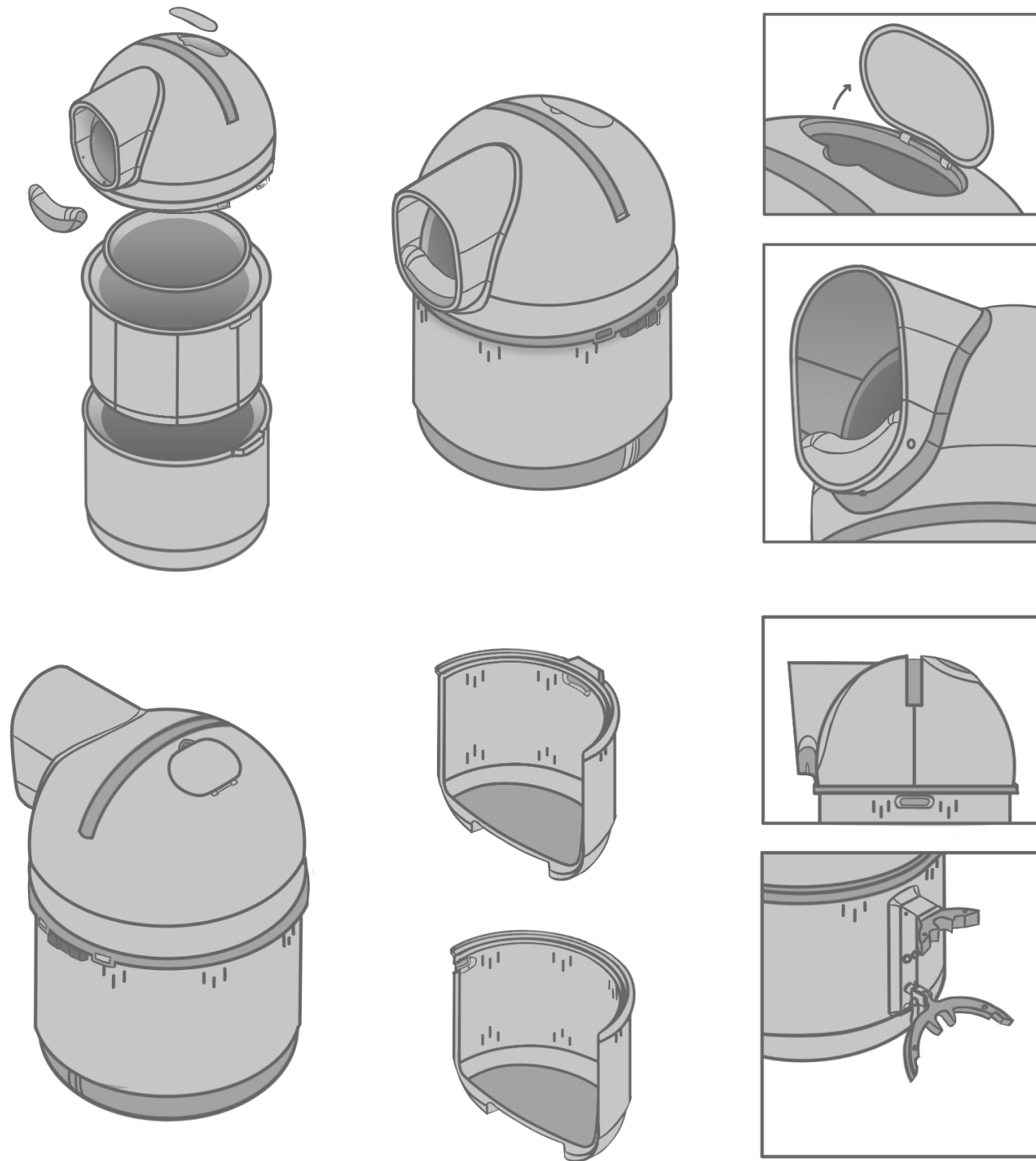
PROTOTIPADO 3D



Continúa la exploración morfológica, ahora en prototipado 3D, dos versiones que conservan el mismo espacio inferior, correspondiente al espacio de anidación, pero buscando variaciones en la carcasa superior. La modificación principal se concentra en la forma de la oquedad de ingreso, en donde se va buscado el concepto de “espacio abovedado” a través de curvas más cerradas.

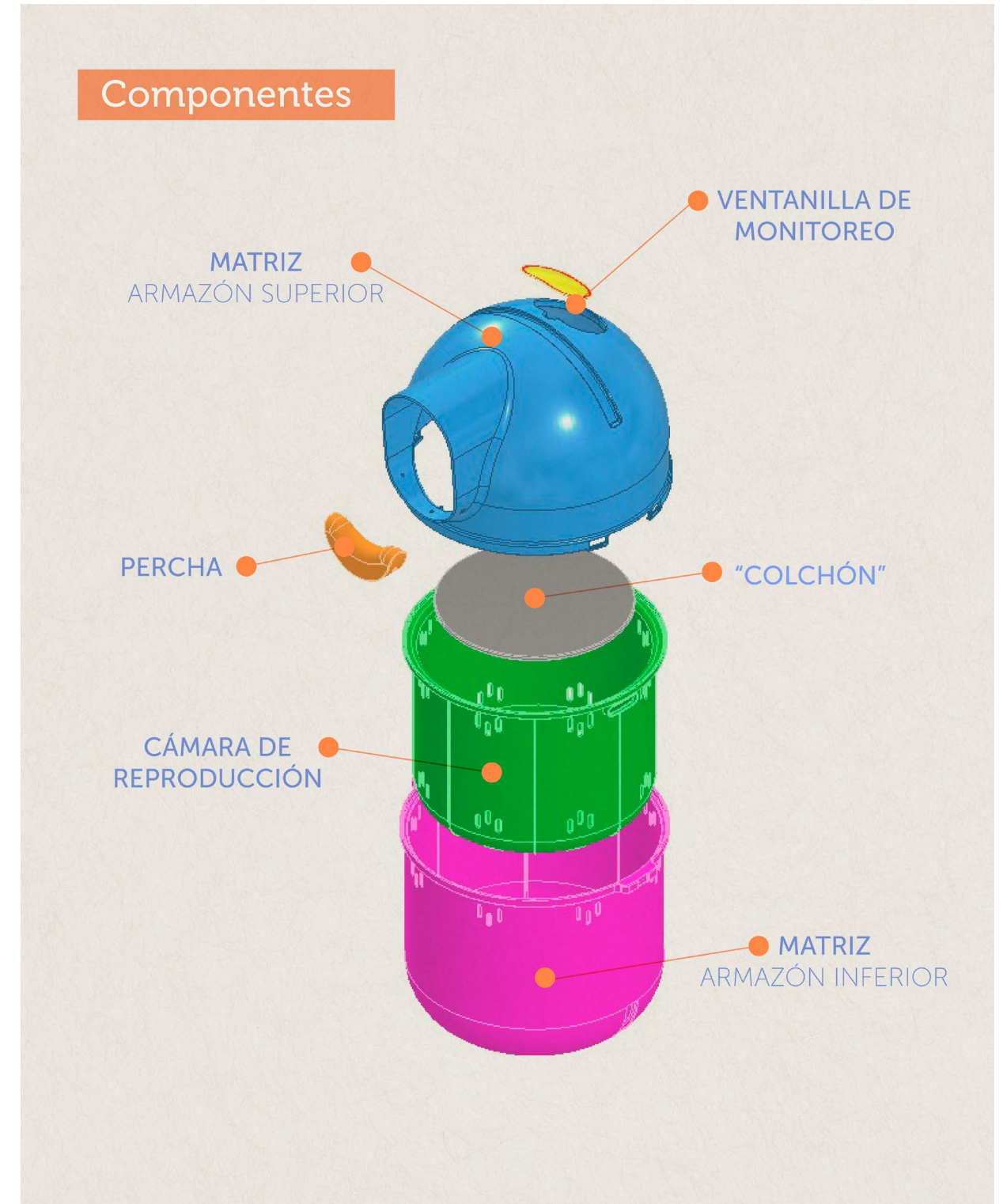


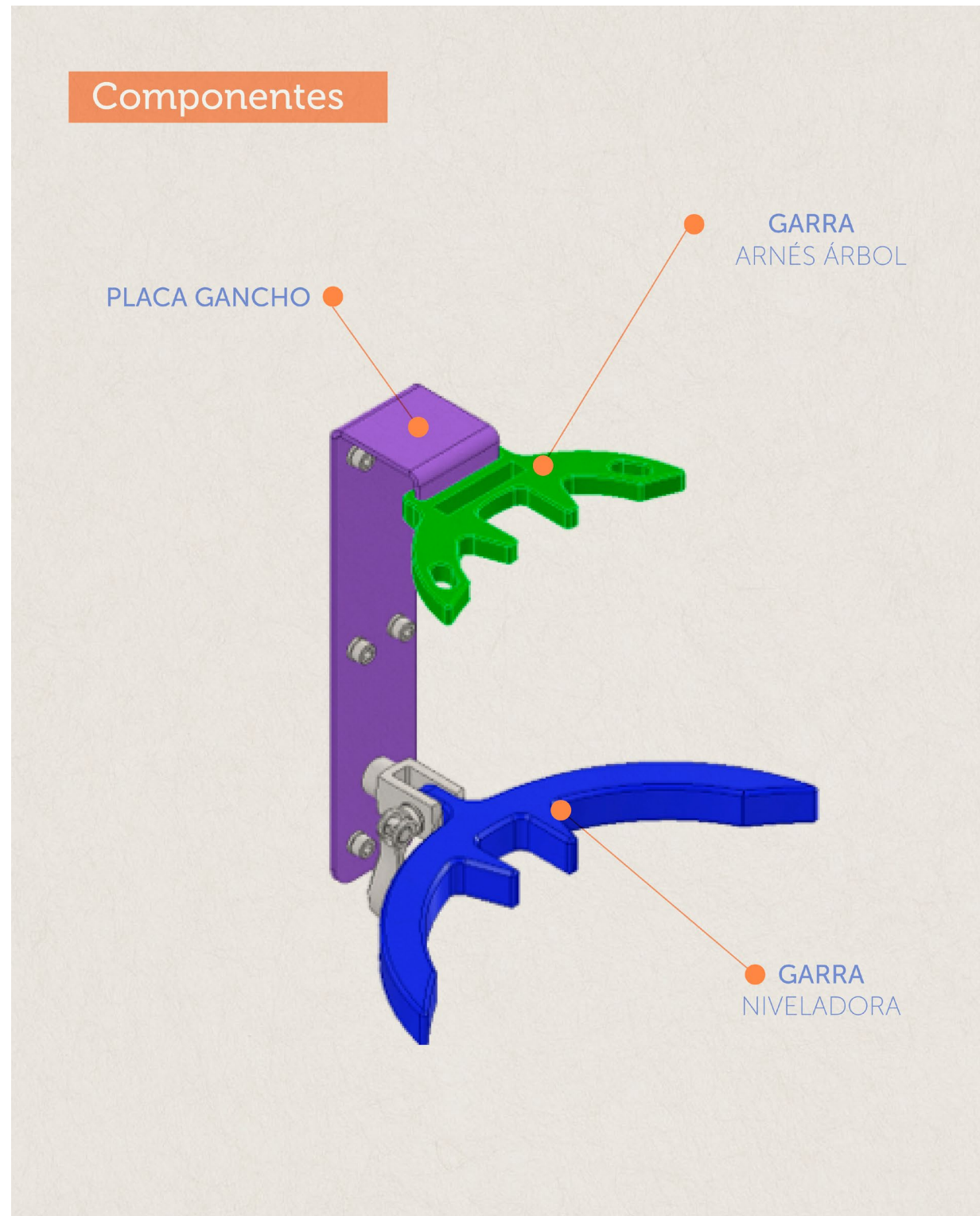
La tercera iteración, y definitiva, es el resultado del análisis de la estructura interna de las cavidades arbóreas (**figura 54**). Las curvaturas se definen aún más y se prolonga la oquedad de ingreso.



PARTES, PIEZAS Y ATRIBUTOS


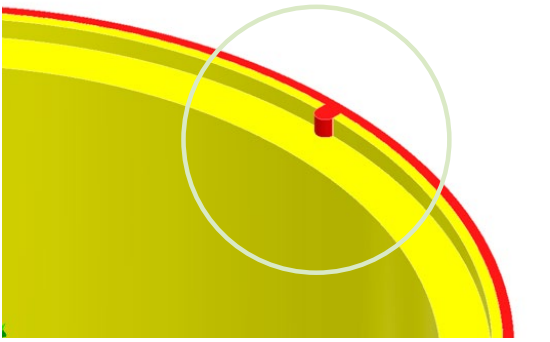
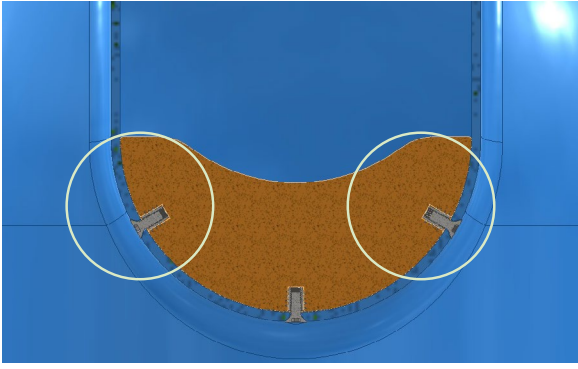
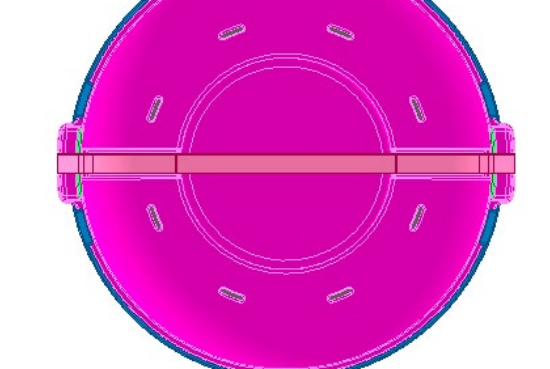
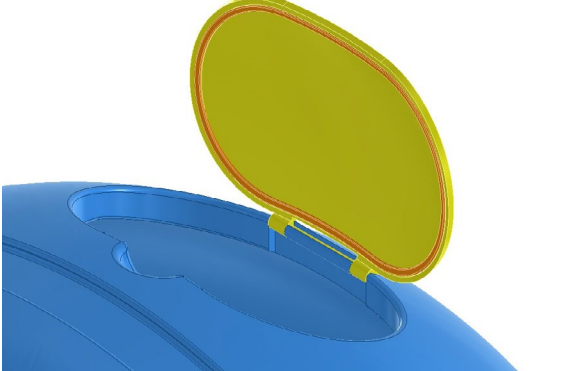
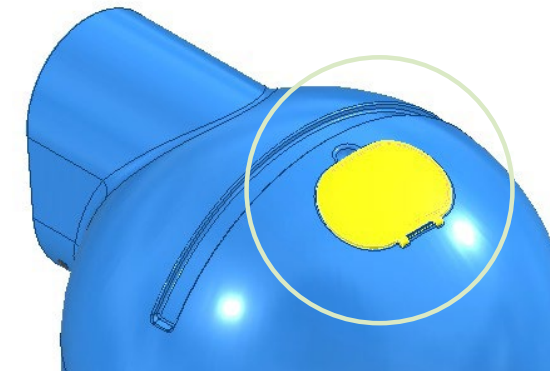
Vista explosionada y definición de los componentes que forman la matriz.





▲ Componentes principales del sistema de anclaje.

<p>Detalle patrón de ventilación.</p>	<p>Costillas que aportan rigidez y resistencia mecánica.</p>
<p>Asa incorporada para el transporte</p>	<p>Asa incorporada para el transporte</p>
<p>Detalle anclaje de armazón superior con armazón inferior mediante Snapfit reversible.</p>	<p>Snapfit: broche a presión que se ajusta por la deformación térmica.</p>

	
<p>Indicación para única posición de vinculación entre la cámara de reproducción el armazón inferior de la matriz.</p>	<p>Indicación para única posición de vinculación entre la cámara de reproducción el armazón inferior de la matriz.</p>
	
<p>Detalle unión de la percha al armazón superior de la matriz con insertos de madera blanda para pernos.</p>	<p>Vista inferior del sistema de correas para elevación que abrazan la matriz.</p>
	
<p>Ventanilla de monitoreo integrada hermética con tira de sellado de goma.</p>	<p>Ventanilla de monitoreo integrada.</p>

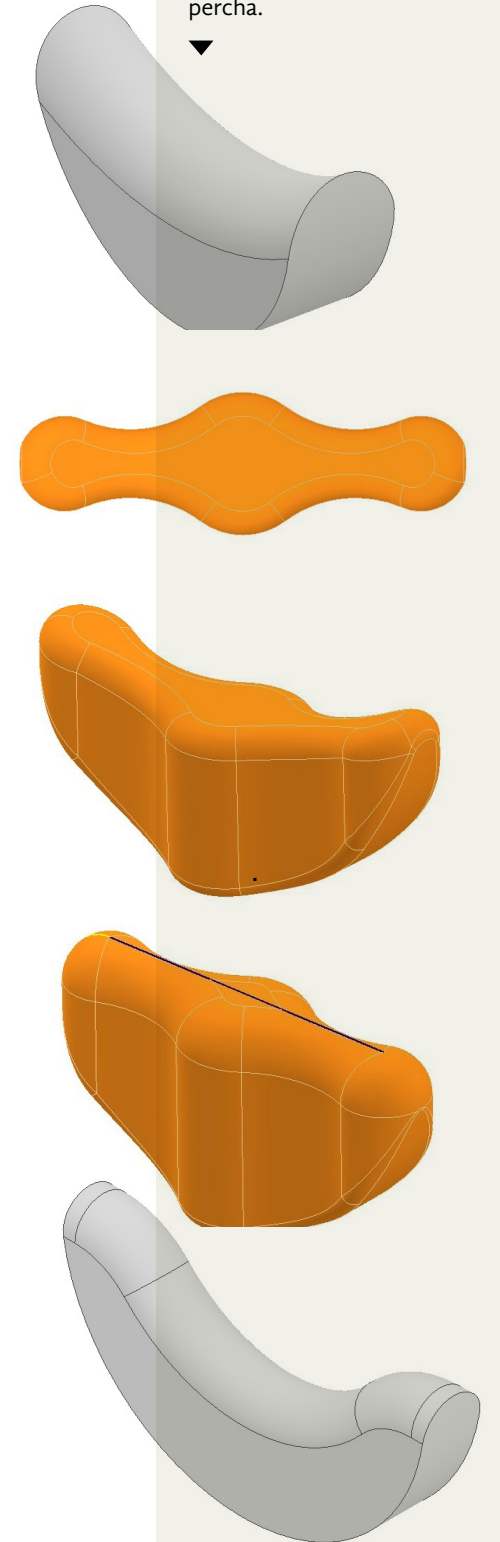
PERCHA

En cuanto al desarrollo de la percha, se toman en consideración algunas recomendaciones encontradas en la literatura sobre “Bienestar Animal” en condiciones de cautiverio. Algunas de estas son: la percha debe considerar distintos diámetros y alturas para que las patas y dedos de las aves adopten diferentes posiciones, así la percha, además de entregar un buen apoyo, permite a las aves ejercitar sus músculos y articulaciones. Con respecto a las materialidades, se recomienda preferentemente el uso de la madera, y de considerarse otro material, este debe ser antideslizante, para evitar daño podal (pododermatitis) por resbalamiento (Contreras Ovalle & Ubilla Carvajal, 2013).

Algunos materiales que utilizan para las superficies de perchas comerciales para aves en cautiverios son: césped artificial, fibras de coco, caucho y corcho, y la no muy recomendada cuerda. La superficie de una percha no puede ser demasiado dura, ni demasiado lisa, evitar aristas y bordes afilados, elementos salientes como tornillos y cualquier fuente de una posible lesión (Habben & Parry-jones, 2016). Es importante destacar que estas recomendaciones tienen su aplicación en un contexto de cautiverio, en donde las aves pasan gran parte del día aperchadas.

Entonces, la percha ideal consideraría tanto diferentes alturas, como diferentes diámetros de agarre, sin embargo, se considera que al no ser un elemento que, como en los casos de cautiverio, se le da uso gran parte del día, solo se priorizará otorgar variaciones en la altura, considerando además, que el refugio se instala en una soporte arbóreo que otorga otros sitios de aperchamiento y descanso.

Evolución morfológica de la percha.



EVALUACIÓN DE LA CARGA

Peso total espacio de anidación

1 lechuza:



kg

450 - 490 g

Si se consideran:
8 lechuzas



4 kg aprox.

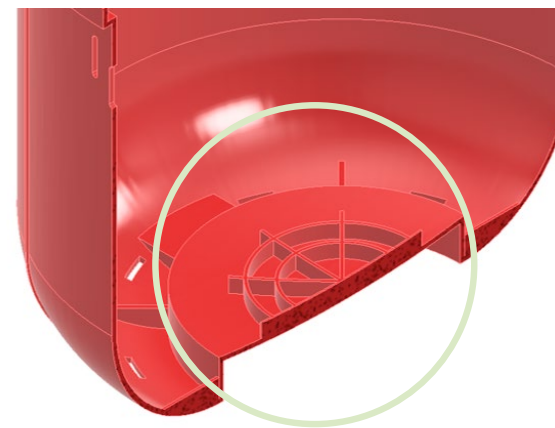
Sedimentación de residuos orgánicos



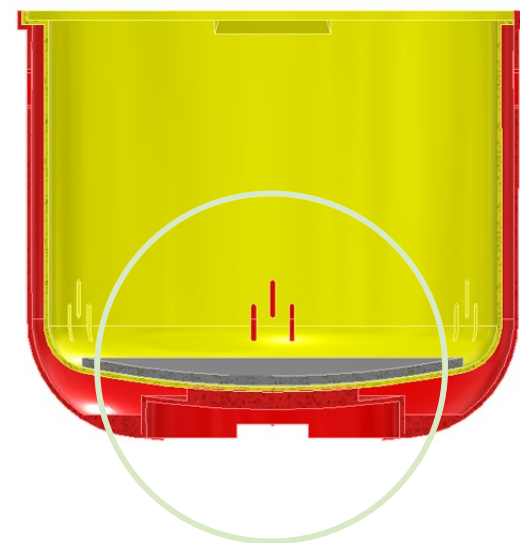
4 kg aprox.

kg

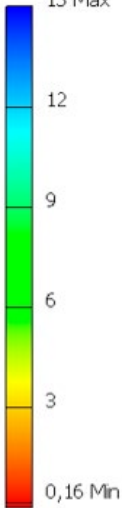
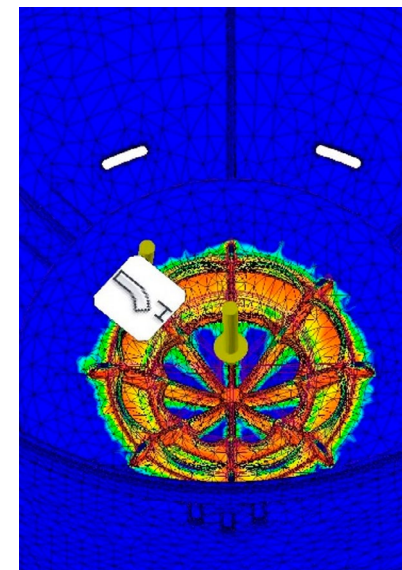
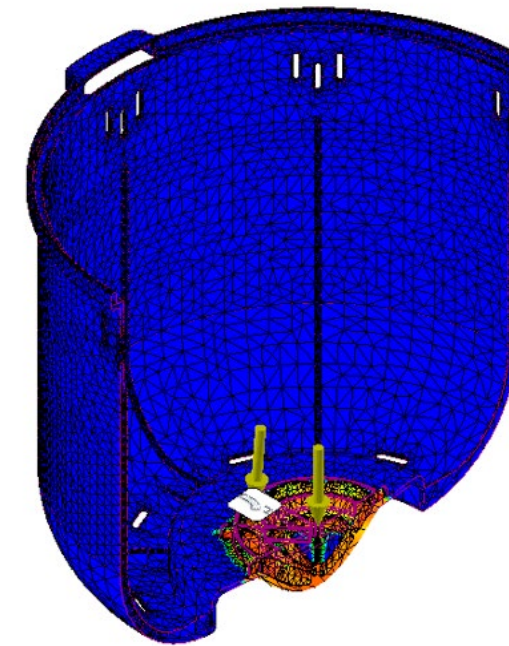
8 kg total



▲ Cruceta interior central que recibe la carga desde la cámara de reproducción.





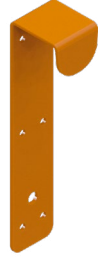




Nodes:196378
Elements:106024
Type: Safety Factor
Unit: ul
01-10-2021, 23:46:56

Evaluación de carga que indica el valor máximo de esfuerzo, el factor de desplazamiento y el factor de seguridad. En esta pieza se evaluó la zona que recibiría más carga equivalente al peso total de los elementos, las lechuzas y sus residuos.

El factor de seguridad resultante es de 5, lo que significa que resiste ese peso y está sobre estructurada, es decir que, se podría considerar reducir el espesor del material (ahora de 5 mm).

	MATRÍZ ARMAZÓN INFERIOR	CÁMARA DE REPRODUCCIÓN	COLCHÓN	PERCHA	MATRÍZ ARMAZÓN SUPERIOR	PLACA GANCHO	GARRA ARNÉS ÁRBOL	GARRA NIVELADORA
PIEZA								
ATRIBUTOS	<ul style="list-style-type: none"> Impermeable - hidrófobo Ligero Alta resistencia al desgaste Antivibratorio Amortiguador acústico Protección rayos UV Resistencia a la putrefacción Larga vida útil Estabilidad dimensional No desprende gases tóxicos Elevada resistencia a la interperie 	<ul style="list-style-type: none"> 100% Biodegradable Compostable Desechable Sin componentes tóxicos Aislación térmica Amortiguador acústico Resistencia mecánica Ligero 	<ul style="list-style-type: none"> 100% biodegradable Compostable Sin componentes tóxicos Cualidades de drenaje y filtración Transpirable Flexible 	<ul style="list-style-type: none"> Antideslizante Medianamente blanda Estabilidad dimensional Resistente a la putrefacción Baja absorción de humedad Impermeable Resistente a altas y bajas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> Aislación térmica Impermeable - hidrófobo Ligero Alta resistencia al desgaste Antivibratorio Amortiguador acústico Protección rayos UV Resistencia a la putrefacción Larga vida útil Estabilidad dimensional No desprende gases tóxicos 	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica Resistencia a la putrefacción Estabilidad dimensional 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptable No invasivo Alta resistencia mecánica Resistencia a la putrefacción Estabilidad dimensional 	<ul style="list-style-type: none"> Adaptable No invasivo Resistencia a la putrefacción Estabilidad dimensional Ligera
APARIENCIA	<ul style="list-style-type: none"> Granuloso Rugoso - áspero Cálido Orgánico Veteado Estriado - manchado Tonos desaturados 	<ul style="list-style-type: none"> Áspero Astilloso Rugoso Estriado Tono natural material Tono material no brillante 	<ul style="list-style-type: none"> Áspero Fibroso Rugoso Poroso 	<ul style="list-style-type: none"> Granuloso Orgánico Natural Estriado 	<ul style="list-style-type: none"> Granuloso Rugoso - áspero Cálido Orgánico Veteado Estriado - manchado Tonos desaturados 			
MATERIAL	<p>“Madera plástica” Material compuesto de: plástico reciclado con harina de madera (aserrín)</p> <p>Compuestos con fibras naturales</p>	Material biocompuesto en base a residuos agrícolas o forestales locales en composición con aglomerantes biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> Geotextiles Biofiltros de yute / cañamo 	<ul style="list-style-type: none"> Madera local Caucho Corcho 	<p>“Madera plástica” Material compuesto de: plástico reciclado con harina de madera (aserrín)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Chapa metálica Aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> Acero inoxidable Acero al carbono 	<ul style="list-style-type: none"> Technyl plástico de ingeniería
PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> Moldeo por inyección Rotomoldeo 	<ul style="list-style-type: none"> Moldeo por compresión 	<ul style="list-style-type: none"> Corte Láser CNC 	<ul style="list-style-type: none"> Mecanizado CNC en 5 ejes 	<ul style="list-style-type: none"> Moldeo por inyección Rotomoldeo 	<ul style="list-style-type: none"> Corte láser CNC Mecanizado CNC Terminación anticorrosiva par exteriores 	<ul style="list-style-type: none"> Mecanizado CNC en 5 ejes Tratamiento anticorrosivo para aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> Mecanizado CNC 2,5 ejes

MATERIALIDADES

La elección de materialidades es particularmente crítica para dos de los componentes del producto, en primer lugar el conjunto de la matriz compuesto por el armazón superior e inferior, el que tiene contacto directo con los factores de la interperie, como la lluvia y los rayos UV, y en segundo lugar la cámara de reproducción que está en contacto directo con las aves y debe cumplir el requisito explícito de ser 100% biodegradable.

A partir de las características y atributos según la función que deben cumplir los componentes, se inicia la búsqueda de posibles materialidades:

Para la matriz se inicia la exploración con la búsqueda de materiales compuestos de fibras naturales que puedan extuirse, termoformarse y moldearse por proceso de inyección. Dentro de las alternativas de materiales biobasados para ser trabajados con la tecnología de la inyección encontramos dos alternativas, los plásticos reforzados con fibras naturales [natural fibre-reinforced plastics (NFRP)] y los compuestos plásticos de madera [wood plastic composites (WPC)], materiales compuestos que se refuerzan con fibras vegetales y harina de madera respectivamente, en composición con plásticos como polipropileno (PP), polietileno (PE) o recientemente, incluso bioplásticos (Carus & Gahle, 2008).

Estos materiales son utilizados en reemplazo de plásticos y materiales reforzados. Pueden mejorar las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los plásticos y mientras se reduce la producción de plásticos de origen fósil.

Algunas de las fibras naturales en la composición son: fibra de madera, linaza, cáscaras de coco, celulosa refinada, cáscaras de arroz, algodón (Teel, 2020).

Otra ventaja de este material compuesto, es que al combinar fibras naturales de longitud corta y larga, resulta en una apariencia más “orgánica”, aporta do una sensación estética y natural única al producto final (**figura 56**).

YunDing DaoFM Biobased Composites es una empresa que ofrece granulos (**figura 55**) de grado de inyección y extrusión de fibra natural hechos con un 10-60% de fibra natural como coco, yute o pulpa de madera y compuestos con polímero reciclado como PP, fabricados mediante la tecnología de dispersión y granulación (Newbiomat, 2021).

El compuesto de madera y plástico (WPC) es un material que ya ha demostrado un rendimiento óptimo en muchas aplicaciones debido a sus extraordinarias propiedades, el que además se puede procesar mediante moldeo por inyección, extrusión, moldeo por compresión, moldeo por soplado y espumado para producir productos de alta calidad (JELUPLAST, 2021):

- Moldeable como los plásticos
- Firme como la madera
- No es eléctricamente conductor
- Económico como los plásticos (compuesto básico sin aditivos)
- Mejora la huella de carbono
- Reduce el impacto ambiental debido a los plásticos.

Figura 55. Granulos de grado de inyección y extrusión de fibra natural por YunDing DaoFM Biobased Composites. Recuperada de <https://www.newbiomat.com/product/22/>



Figura 56. Diversos acabados de un mismo material compuesto por fibras naturales. Recuperado de: <https://www.teel.com/natural-fiber-composites>

JELUPLAST® consists of wood fibres and food-safe plastic:

- No PVC
 - No chlorine
 - No formaldehyde
 - No plasticisers
 - No phenol
 - Odourless
 - Durable
 - Resilient
 - Sound-absorbent
- Quality made in Germany.
- Recyclable
 - Reusable
 - Water-resistant
 - Temperature-resistant
 - Dimensionally stable

▲ **Figura 57.** Propiedades del material compuesto que ofrece Jeluplast (JELUPLAST, 2021).

JELUPLAST® – the individual composite

The ecological alternative to plastic

Contents

1 plastic

- PE from crude oil
- PE from sugar cane
- PP from crude oil
- TPS from corn starch
- PLA from renewable resources

1 fibre type

- Wood fibres
- Cellulose

up to 9 additives

- Bonding agent
- Impact strength modifier
- UV stabiliser
- Thermal stabiliser
- Flow improver
- Processing improver
- And others

Properties

(adjustable through plastic and additives)

- Weather-resistant
- Moisture-resistant
- Especially impact-resistant
- Compostable
- And many more



En la **figura 57** se encuentra la composición y propiedades del material compuesto que ofrece Jeluplast (empresa alemana). Una evaluación a priori de la caracterización de material resulta en una opción ideal para la fabricación de la matriz, dado que presenta propiedades como resistencia agua, resistencia a la temperatura, dimensionalmente estable, durable, inodoro, resistencia a la humedad, resistencia a los impactos, no contiene formaldehído ni fenol y por último es reciclable. Este material puede ser trabajado con las siguientes tecnologías: moldeo por inyección, extrucción y moldeo por comprensión (JELUPLAST, 2021).

La cámara de reproducción es un componente del producto que exige ser 100% biodegradable, dado que es una pieza recambiable, que puede desecharse junto a los residuos de las aves cuando se efectúe la limpieza del refugio. Para ello se exploran materiales compuestos biobasados reforzados con fibras naturales o en composición con algún residuo agroindustrial, ojalá de origen local y que puedan termoformarse. El material exacto para este componente no se define, pero se destacan las dos siguientes alternativas.

El diseñador indio Gaurav MK Wali elabora un material compuesto biobasado 100% biodegradable con agujas de pino, un material vegetal abundante y no deseado en su zona, en composición con aglutinantes y ceras naturales. Su investigación es de carácter experimental. Este material es 100% de origen biológico, biodegradable, reciclable, y posee propiedades como, retardante de fuego, resistencia al agua y su proceso productivo no produce contaminación ni desperdicio (Neira, 2019).

Esta referencia resulta pertinente porque conduce a la posibilidad de desarrollar un material de similares características en base al mismo residuo de agujas de pino, que también es un material muy abundante en esta zona forestal con alta presencia de monocultivos de pino.



▼ **Figura 58.** Material compuesto biobasado con agujas de pino, creado por Gaurav MK Wali. Recupado de: <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/transformar-las-agujas-del-pino-en-piezas-de-diseno.html>



◀ **Figura 59.** Material compuesto biobasado con agujas de pino, creado por Gaurav MK Wali. Recupado de: <https://eyesontalents.com/en/profiles/30138>

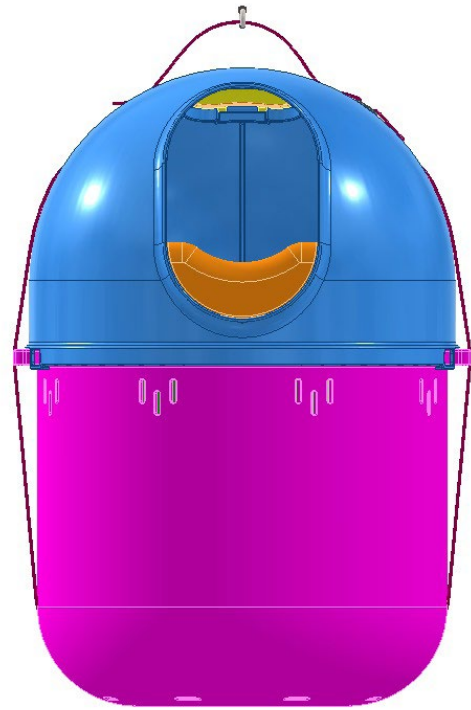
Figura 60. Material compuesto por cáscara de nuez de nogal. (Parodi Miranda, 2018)



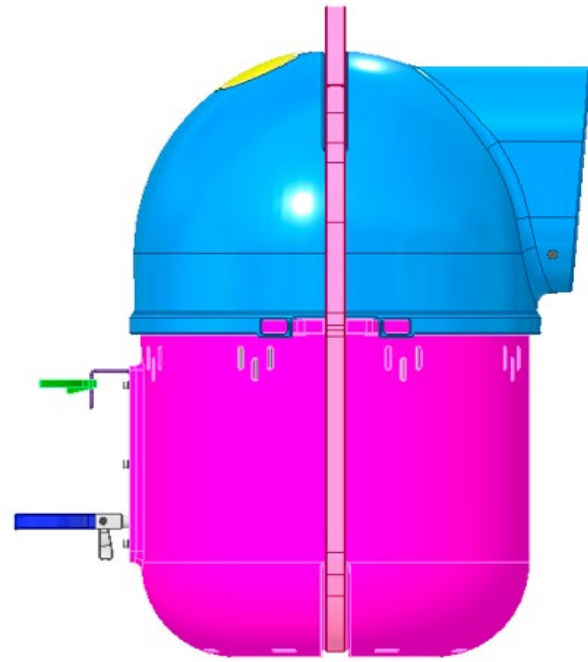
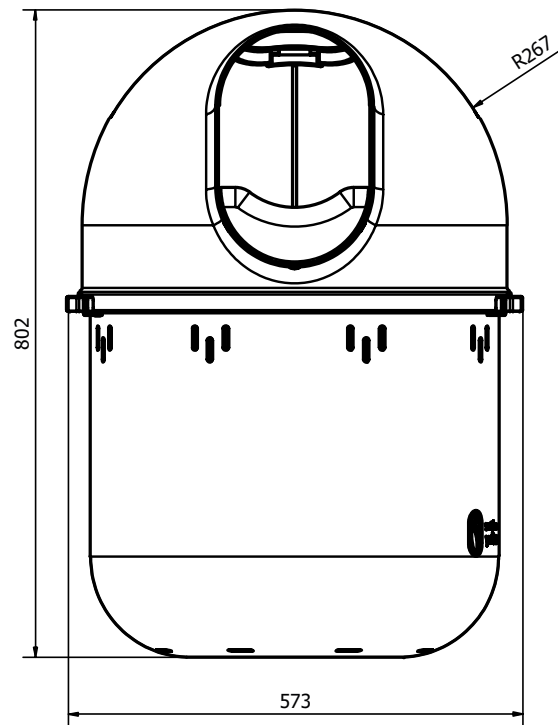
La segunda alternativa corresponde a un material compuesto desarrollado en una investigación de pregrado de la Universidad de Chile. Es un material compuesto por cáscara de nuez de nogal, un residuo agroindustrial chileno (Parodi Miranda, 2018) (**figura 60**). Este material presenta buenas características de aislación térmica, siendo un factor esencial para la cámara de reproducción del refugio, otra ventaja, es que es liviano y se puede moldear a través de procesos comunes industriales, como el moldeo por compresión, requiere bajo nivel de tecnología y energía para su producción, generando baja cantidad de desperdicios. Sin embargo la desventaja es que se define como un material frágil, similar a las características que presenta una madera de baja densidad, mientras que la cámara de reproducción necesita ser lo suficientemente estructural para soportar la anidación de una familia de lechuzas.

Los materiales aquí expuestos bien responden a los requisitos de la cámara de reproducción, sin embargo, ambos son parte de investigaciones en desarrollo o que quedaron en fase experimental, de no uso comercial. La búsqueda debe continuar en esta línea, es decir, se puede considerar utilizar un material de similares características pero de uso industrial, que permita serializar la producción o continuar la exploración de materiales compuestos biodegradables con fibras o residuos agroindustriales locales, sin descartar la opción de producir un material específico para este proyecto.

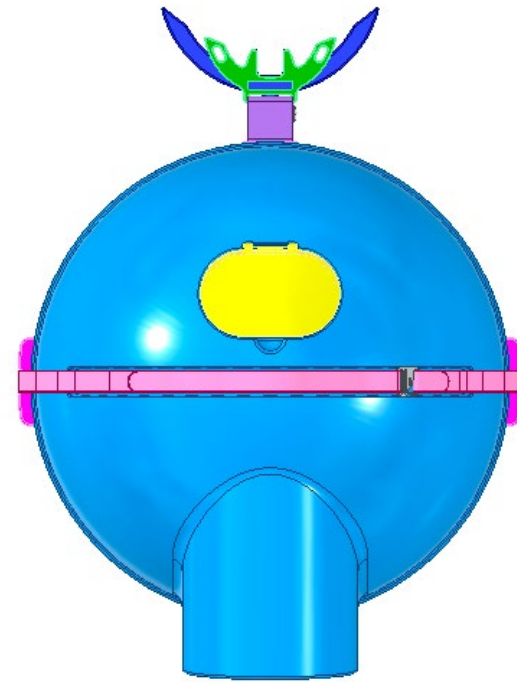
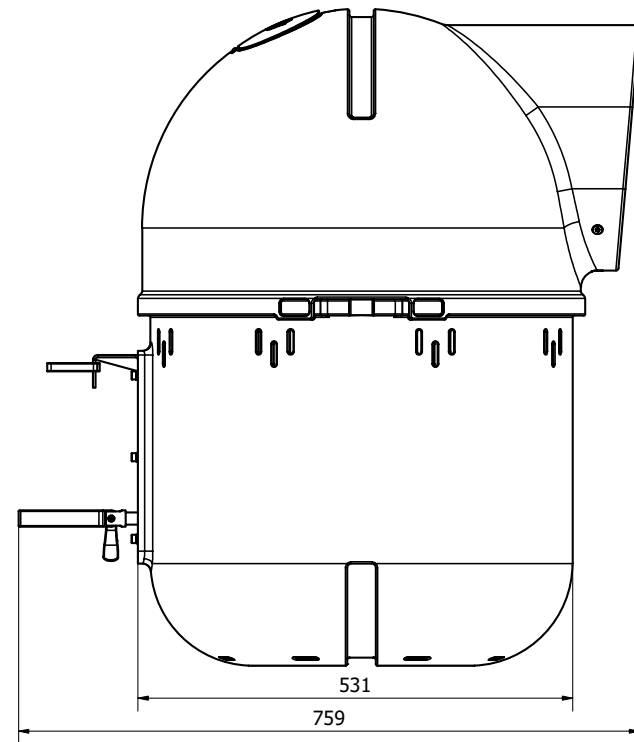
MEDIDAS GENERALES



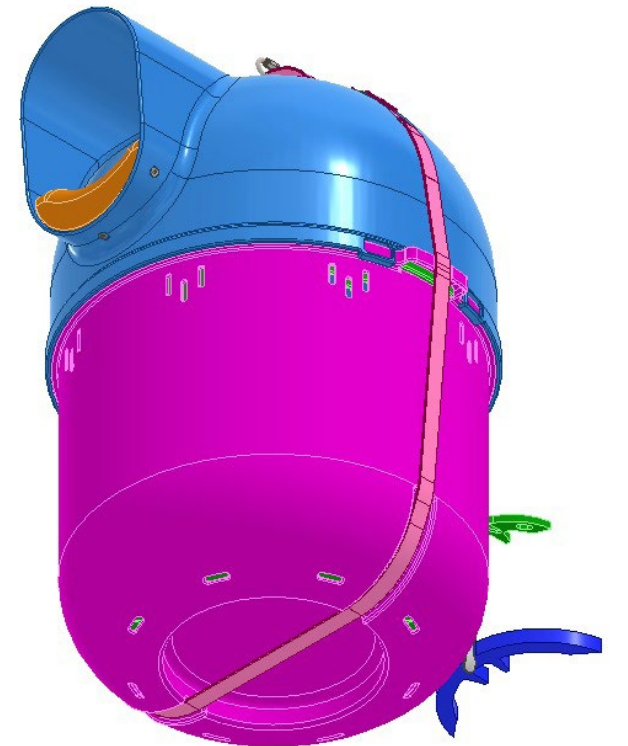
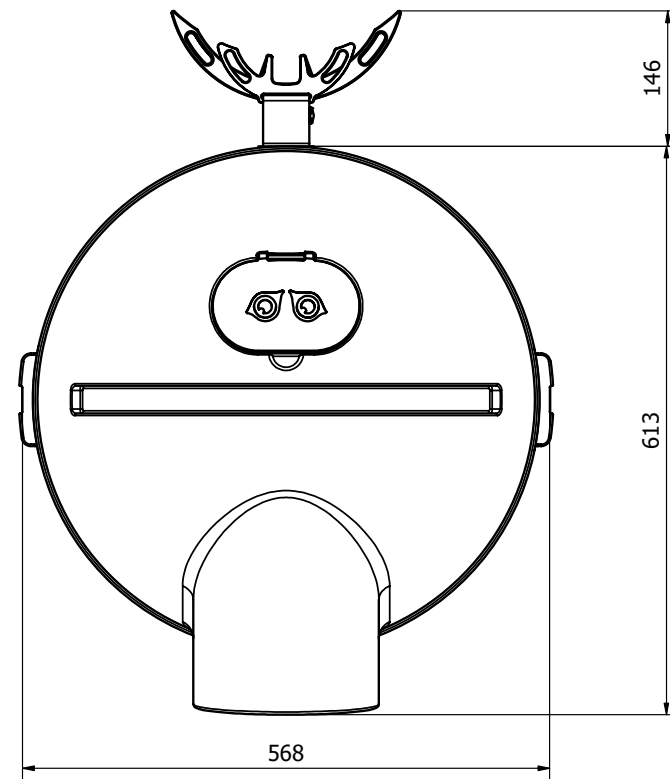
CONJUNTO FRONTAL (1:5)



CONJUNTO LATERAL (1:5)



CONJUNTO SUPERIOR (1:5)



REFUGIOS
ALTERNATIVOS
PARA LECHUZAS



matrices
yarken



REFUGIOS
ALTERNATIVOS
PARA LECHUZAS



Matrices Yarken

Espacio abovedado y ahuecado, inmerso en el bosque, que protege, abriga, envuelve y asegura la fase reproductiva

Nombre común:
Yarken (lechuza en mapudungún)



Matrices Yarken



La **MATRIZ YARKEN** ahuecada y abovedada a modo de exoesqueleto brinda un **armazón** que **protege y aísla** el espacio de anidación del exterior.



La **doble pared** crea una **cámara de aire** que otorga mayor **aislación térmica**, evitando cambios drásticos de temperatura entre el interior y exterior.



Su forma ovoide reduce el impacto de la lluvia, la nieve y el viento.



Las perforaciones dispuestas en la matriz permiten la **renovación del aire**, evitando la humedad por condensación.



La cámara de reproducción es **recambiable** y **se puede desechar** junto a los residuos de las aves una vez finalizada la temporada de reproducción.



A través de su estética busca **dialogar con el entorno natural**, para minimizar perturbaciones en la dinámica del ecosistema circundante.

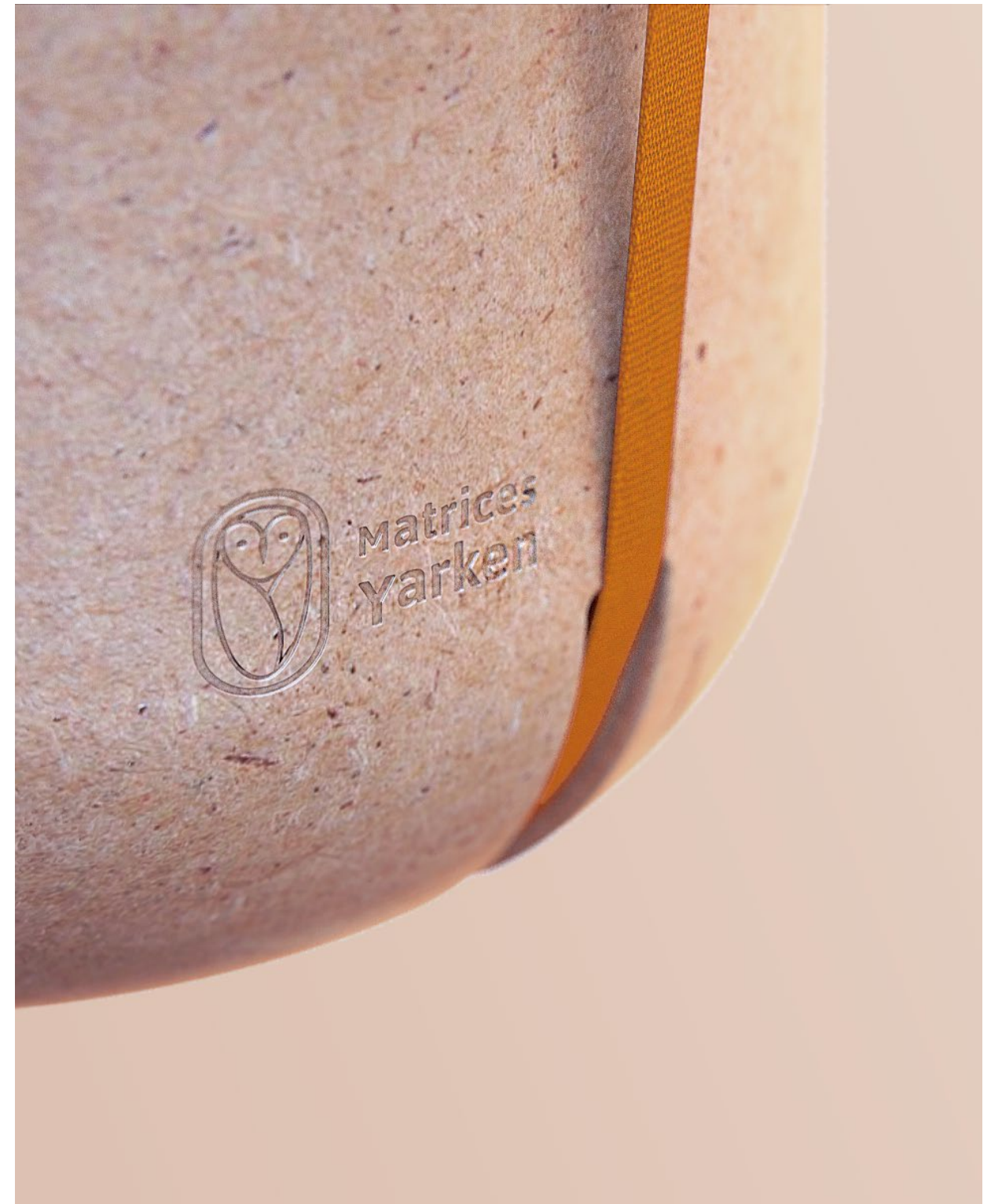




▲
Vistas generales del conjunto. De izquierda a derecha: vista lateral, superior, inferior, posterior.



▲ Las perforaciones dispuestas en la matriz permiten la renovación del aire, evitando la humedad por condensación.



▲ Detalle logotipo.

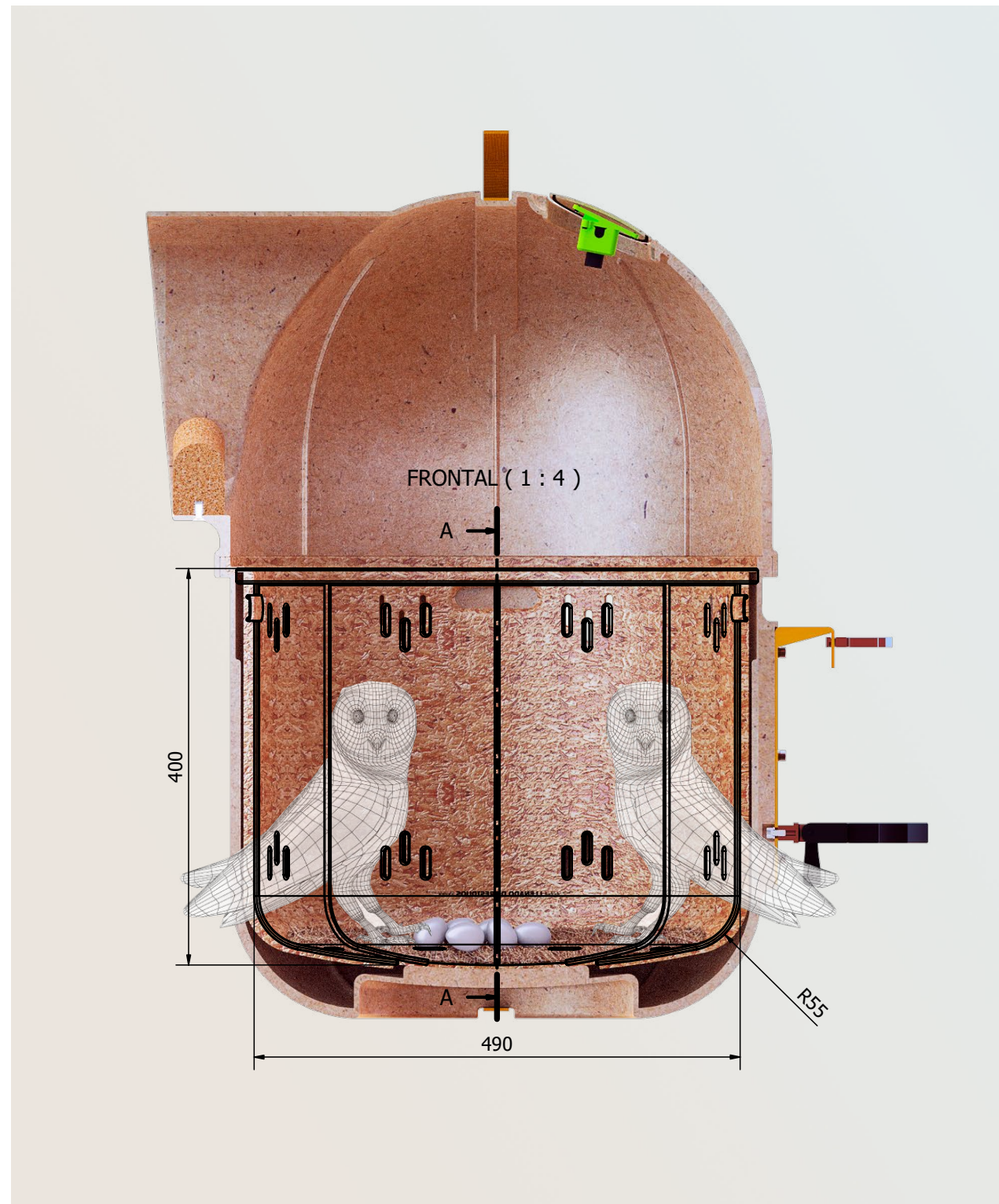


matrices
yarken

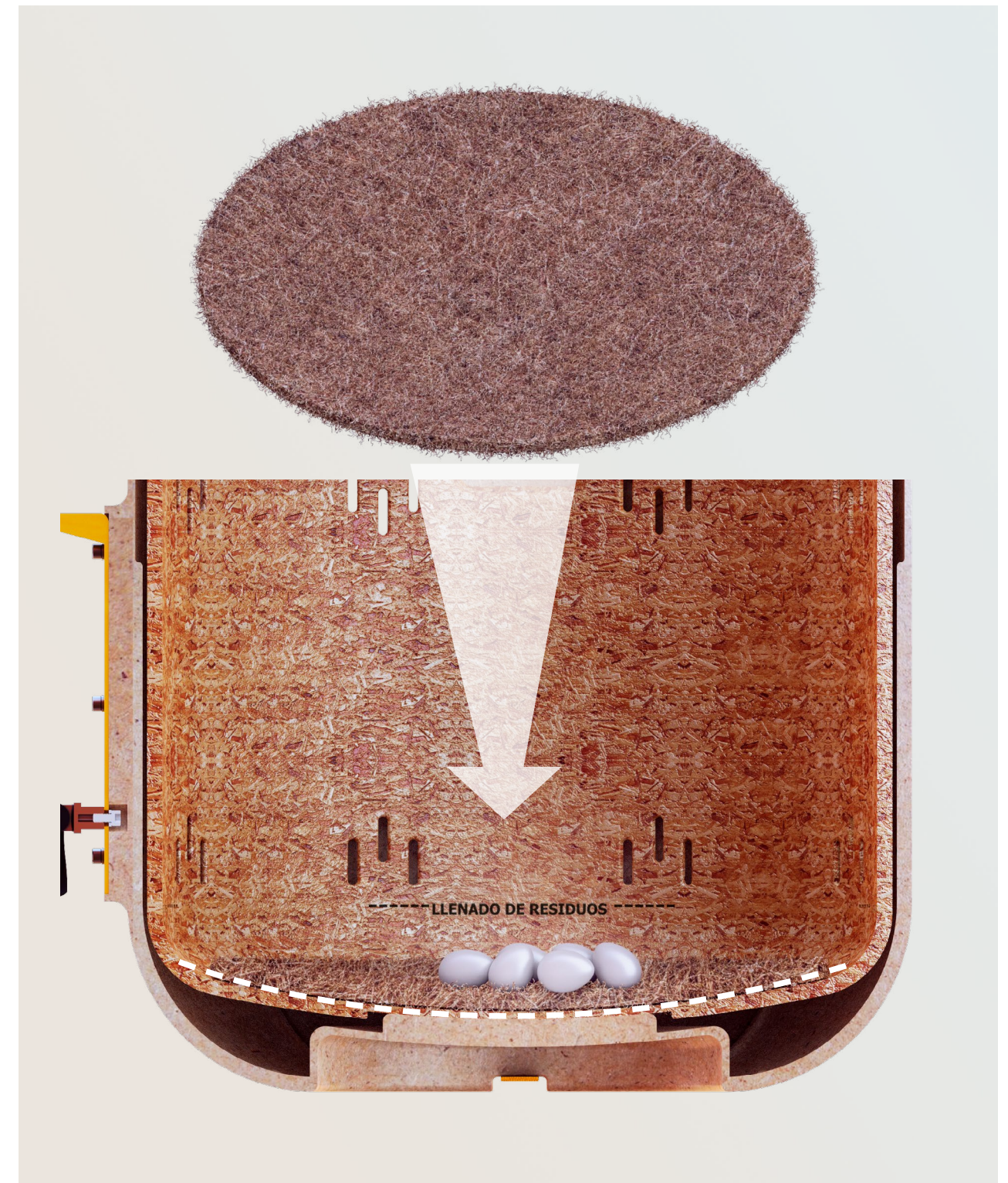


matrices
yarken

▲
La cámara de reproducción es
recambiable y se puede desechar
junto a los residuos de las aves
una vez finalizada la temporada
de reproducción.



▲ La cámara de reproducción permite la anidación de una familia de lechuzas de hasta 8 integrantes.



▲ Base cóncava a modo de copa, recibe los huevos en su centro. En la base del nido un fieltro a modo "colchón", con propiedades drenadoras, colabora en la absorción de humedad de los residuos orgánicos.

Matrices Yarken COMPONENTES

Matriz

Armazón superior

Percha

Colchón

Cámara de reproducción

Matriz

Armazón inferior

Vista explosionada de los componentes que integran la MATRIZ YARKEN

Ventanilla de monitoreo

Sistema de anclaje

Correa de elevación

Sistema de anclaje

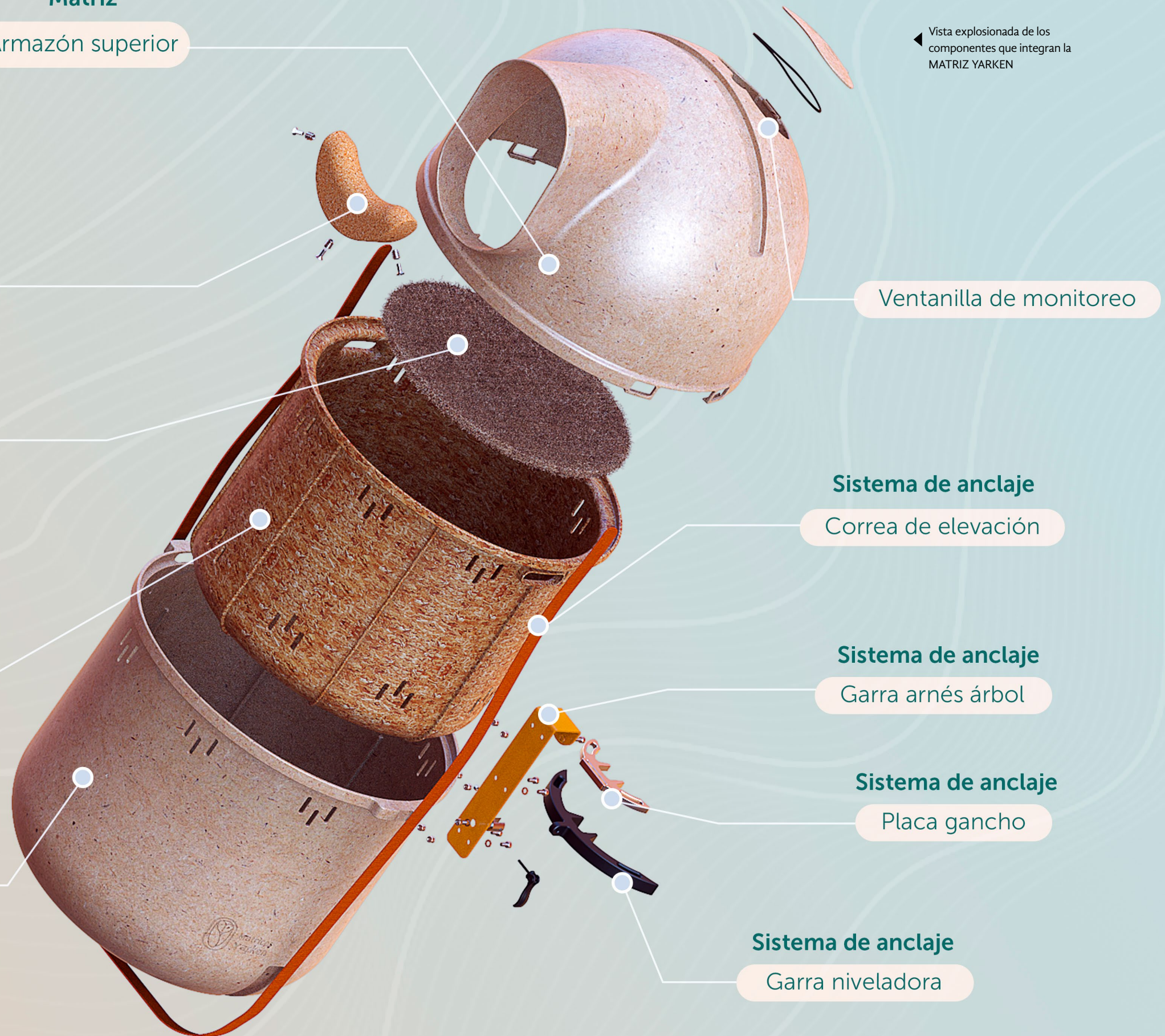
Garra arnés árbol

Sistema de anclaje

Placa gancho

Sistema de anclaje

Garra niveladora

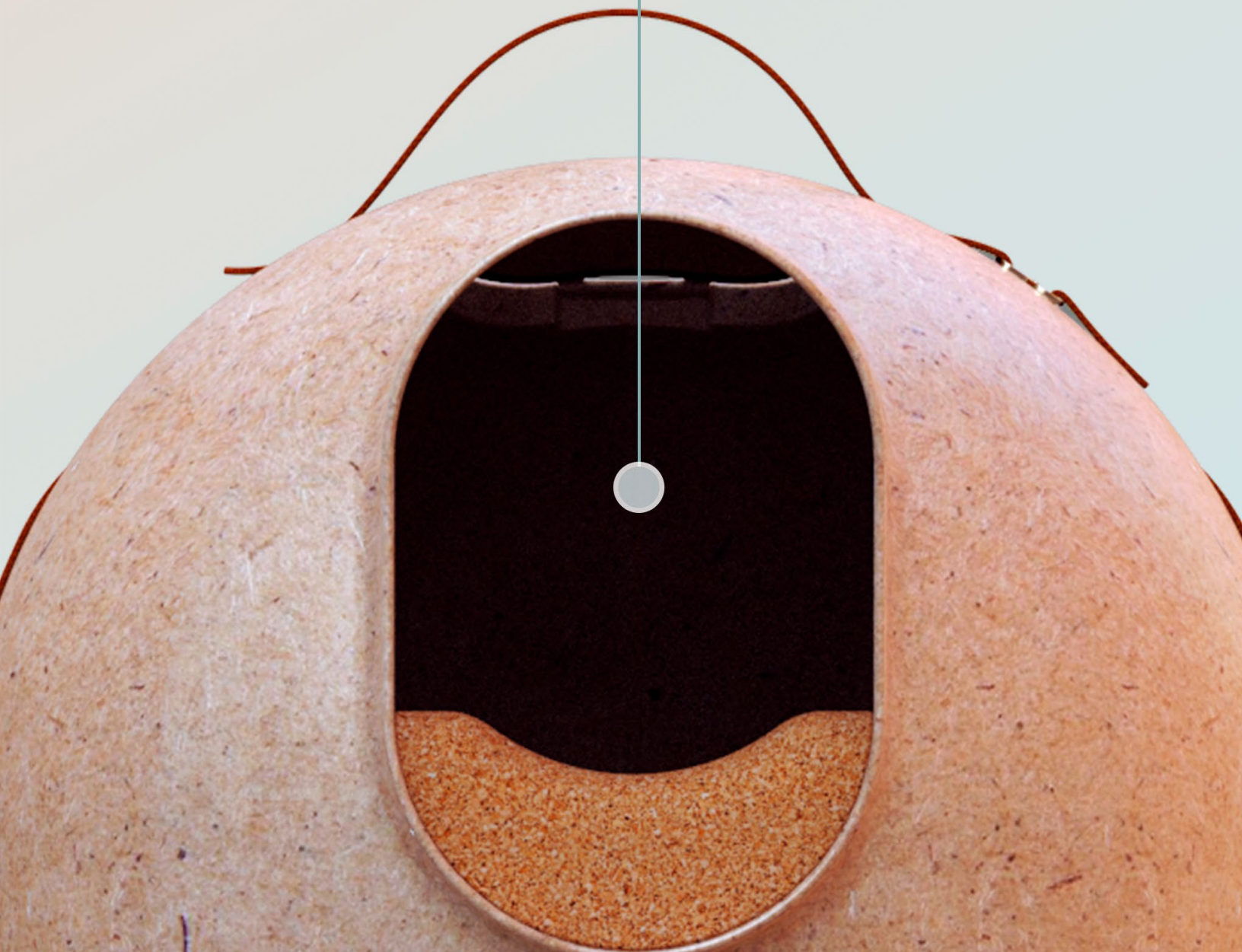


matrices yarken

Zona de aterrizaje ●

● Zona de descanso

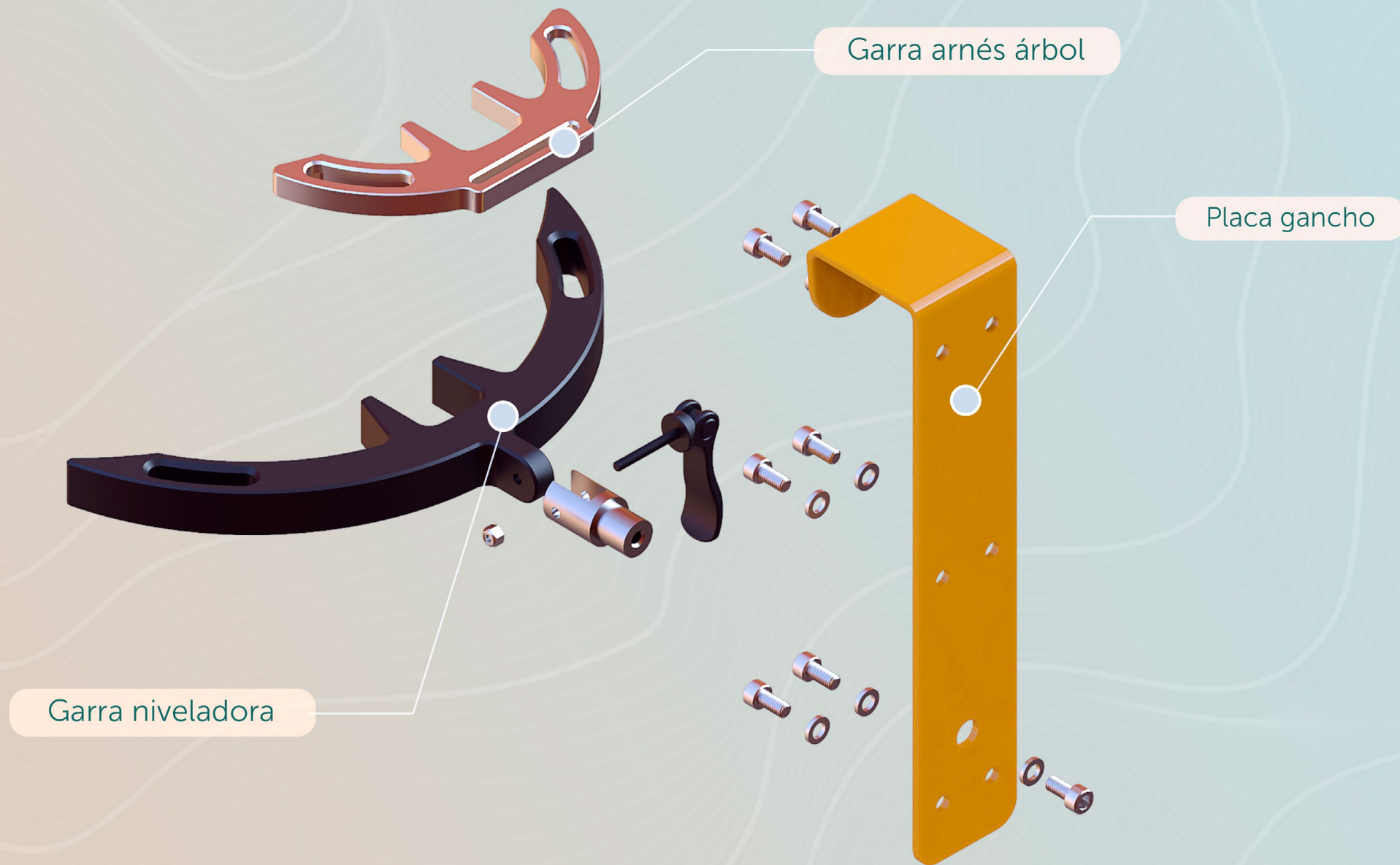
Zona de información ●



▲ MATRICES YARKEN integra una ventanilla que permite observar el interior del nido.

▲ De forma complementaria incluye un soporte para montar equipos de monitoreo como cámaras, que contribuyen con los propósitos de investigación.

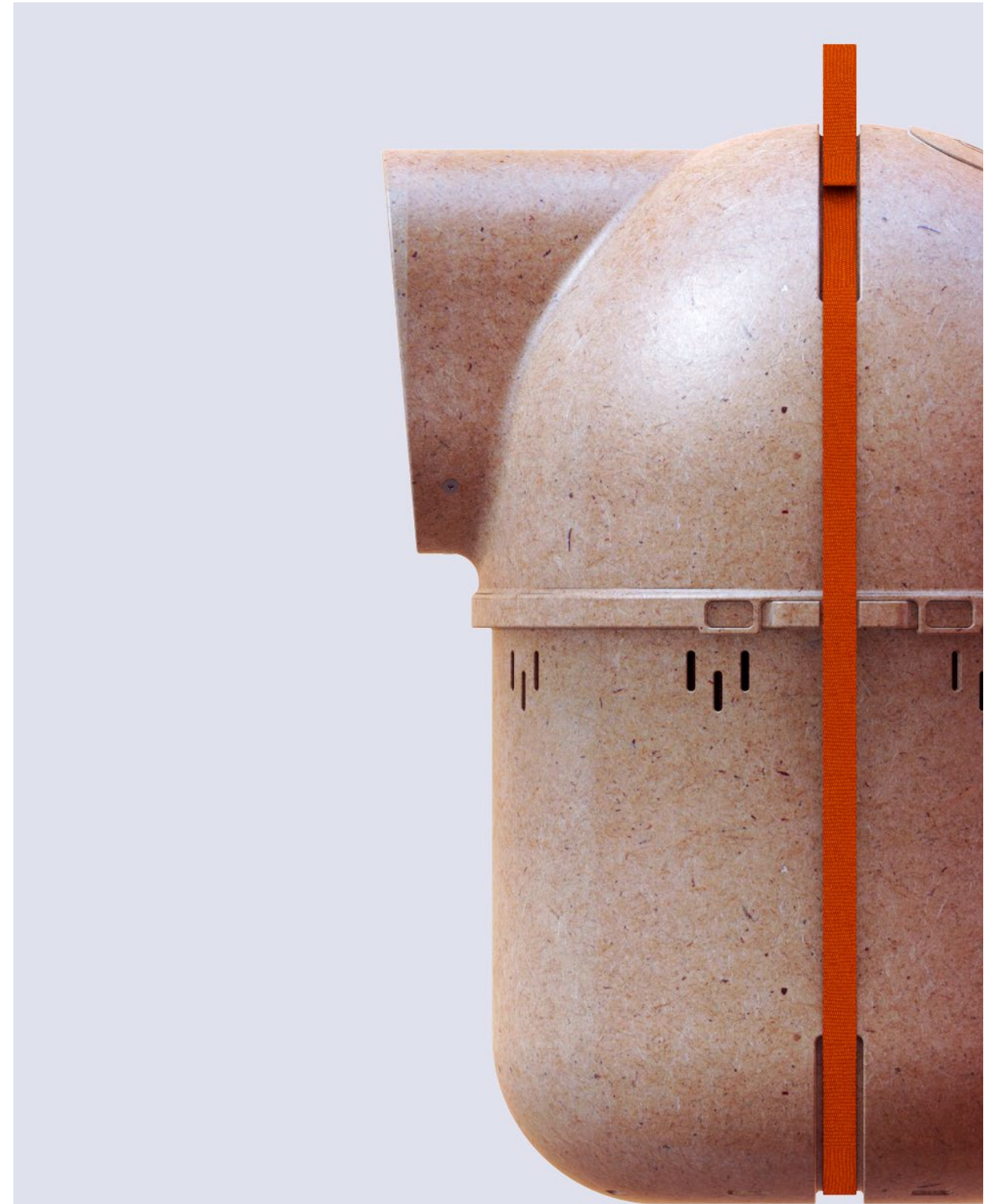
matrices yarken COMPONENTES



◀ Vista explosionada de los componentes que integran el sistema de anclaje.



▲ Sistema de sujeción seguro, no invasivo y de fácil instalación, a través de un anclaje que se adapta a los árboles sin intervenirlos.



▲ Correa integrada que permite la elevación y manipulación del refugio en altura.

Matrices yarken

ARMAZÓN SUPERIOR (MATRIZ)

COMPUESTO PLÁSTICO DE MADERA (WPC)
PIEZA FIJA
3,6 KG

CÁMARA DE REPRODUCCIÓN

COMPUESTO REFORZADO CON FIBRAS NATURALES
PIEZA RECAMIABLE
4 KG

PERCHA

CORCHO DE ALTA DENSIDAD
PIEZA FIJA
400 GR

GARRA ARNÉS ÁRBOL

ALUMINIO
PIEZA FIJA
66 GR

ARMAZÓN INFERIOR (MATRIZ)

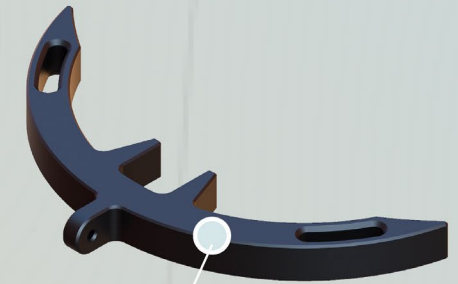
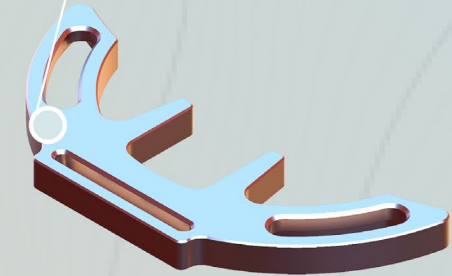
COMPUESTO PLÁSTICO DE MADERA (WPC)
PIEZA FIJA
4,9 KG

COLCHÓN

FIELTRO DE CÁÑAMO
PIEZA RECAMIABLE
1,3 KG

GARRA NIVELADORA

TECHNYL
PIEZA FIJA
137 GR



REFUGIOS
ALTERNATIVOS
PARA LECHUZAS



matrices yarken





▲
Atril informativo advierte la presencia de lechuzas en el sector.



- ◀ MATRICES YARKEN ofrece herramientas que permiten y facilitan las actividades de conservación e investigación.
- ◀ Cuenta con una aplicación digital dirigida a monitores y monitoras, que les permite dar seguimiento a las MATRICES y asiste sus labores.
- ◀ La plataforma tiene el objetivo de sistematizar la información recaudada sobre las MATRICES, como su georeferencia, datos sobre su ocupación, reproducción y estado de la estructura.



▲ Con el propósito de vincular a los y las beneficiarias con la iniciativa MATRICES YARKEN ofrece una plataforma para que puedan monitorear la MATRIZ ubicada en su terreno de forma online

▲ A los y las beneficiarias se les otorga el código de la MATRIZ YARKEN ubicada en su terreno más una contraseña de acceso.

▲ El monitoreo te permite tener acceso a información como: estado de ocupación del refugio, datos sobre la fase reproductiva, limpiezas y mantenimientos efectuados.

▲ La plataforma también te permite agregar comentarios que consideres importantes de informar sobre la MATRIZ o de ser necesario solicitar visitas por parte de los expertos.

▲ Materiales didácticos como recursos para educar a los y las beneficiarias sobre el controlador biológico con el que están cohabitando.



▲
Bosque en Nahuelbuta
Crédito: Guiselle Torres G.

V. CONSIDERACIONES FINALES

CONCLUSIONES

A través de esta investigación, se constató que los modelos de casas anideras convencionales muchas veces carecen del componente específico de diseño, en el manejo y conocimiento de procesos productivos, herramientas, tecnologías y materiales. En este sentido, se advierte que, en ocasiones ese componente de diseño se abandona por dar prioridad a otros aspectos de mayor incidencia en las problemáticas de conservación de la fauna silvestre, dado que, estas iniciativas muchas veces deben acotarse por no contar con el financiamiento necesario, a pesar de ello, existe desde la comunidad inserta en el área de la conservación, la necesidad de colaboración multidisciplinar y el reconocimiento del valor del diseño industrial y su incidencia en este tipo de iniciativas.

La perspectiva ornitológica advierte la necesidad de que estos sitios de nidificación artificiales deban responder ante los requerimientos de hábitat de las especie objetivo en la búsqueda de soluciones basadas en la naturaleza, sin embargo, es interesante entrever que las soluciones de casas anideras para lechuzas no han sufrido grandes modificaciones a través del tiempo, específicamente en el abordaje de aspectos morfológicos y/o estéticos, se evidencia escasa exploración fuera de los límites de la forma que responde a la “casa” o “caja”. Aún considerando que se ha constatado ampliamente a través del tiempo, la efectividad y funcionalidad de los modelos de casas anideras tradicionales, estos aspectos que responden principalmente a lo estético son importantes de atender en consideración del ecosistema circundante.

Con respecto a la metodología aplicada, se es determinante en afirmar que el pensamiento de diseño centrado en la naturaleza es la herramienta a aplicar en este tipo de iniciativas con enfoque en la conservación, su aplicación nutre el proceso y amplía la perspectiva en el abordaje de las problemáticas.

Con respecto al producto, se concluye que, el espacio de anidación propuesto puede resultar deficiente si se considera una familia de 8 integrantes, sin embargo el peso total del artificio está cerca de alcanzar el límite de lo que se considera aceptable para un correcto manejo, por lo que, cualquier iteración futura debe tener en consideración ambos criterios, las necesidades de la especie objetivo y los requerimientos de los actantes humanos a cargo de los procesos en la implementación y posterior manejo de los refugios.

El sistema de anclaje debe acotar su adaptabilidad a un determinado rango de diámetros de árboles, o continuar la exploración en el desarrollo de un sistema de anclaje que aproveche las formas irregulares de los árboles, en vez de evitarlas. Por lo demás, se concluye que es absolutamente viable implementar un anclaje seguro y resistente sin tener que llegar a ser invasivo.

La madera es y ha sido uno de los materiales más utilizados a través del tiempo en la construcción de casas anideras, la cual en ocasiones, es utilizada en formatos que son funcionales al corto plazo, pero que finalmente no resisten a la constante exposición a la intemperie. Actualmente es amplia la diversidad de materiales que pueden cumplir más a cabalidad con los requerimientos de los habitáculos para estas especie, por lo que, resulta necesario ampliar la visión de la madera como única solución, en este sentido, se puede advertir en el plástico biobasado una opción a evaluar que puede otorgar condiciones de anidación más similares a las naturales.

Finalmente, se constata que cualquier estrategia de conservación que involucre implementar artificios para aves rapaces comprende una serie de toma de decisiones que deben ser atendidas con pertinencia y resguardo, ya que de ello depende la vida de estas especies.

PROYECCIONES

En la presente investigación se definieron los requerimientos correspondiente a las cuatro partes interesadas (actantes) del proyecto, de los cuales no todos pudieron ser abarcados, dejando algunos requerimientos en desarrollo y otros sin considerar. Para una segunda etapa se proyecta continuar la exploración en cómo atender todos los requerimientos de diseño definidos durante esta primera fase de proyecto.

Darle continuidad al proyecto postulando a un Fondart de Diseño e Investigación, con el fin de obtener recursos para una segunda etapa de prototipado que permita validar este proyecto conceptual. Esto permitiría prototipar los componentes en sus materialidades originales o emplear alguna de similares características con énfasis en evaluar aspectos críticos de la funcionalidad de un habitáculo, como lo es, la aislación térmica en el espacio de anidación, o como se comportan la elección del material compuesto biodegradable para la cámara de reproducción transcurrido el tiempo antes de su recambio.

Para una segunda fase de prototipado se prevee buscar instancias para evaluar la interacción de la lechuza con el hábitaculo propuesto in situ, contactando con algún criadero de aves rapaces en Chile o centros de rehabilitación de fauna silvestre.

Exploración de una línea complementaría de artificios para implementar en estrategias de control biológico de plagas con aves rapaces, como comederos y/o posaderos De la misma forma, seguir explorando en como atender desde el diseño las problemáticas de conservación de la vida silvestre, con enfoque en las aves rapaces, en ese sentido surgen dos propuestas: explorar una versión de MATRICES YARKEN aplicada a un contexto urbano (parques y plazas) para mejorar la calidad y disponibilidad de sitios de nidificación de las lechuzas en las urbes. Las segunda propuesta contempla aplicar

la metodología de esta investigación para el desarrollo de refugios alternativos para otras aves rapaces con énfasis en aquellas que presentan problemas de conservación en Chile.

Presentar la propuesta, de la mano de Quilantún, a entidades tanto públicas como privadas con interés en este tipo de iniciativas, en la búsqueda de colaboración y financiamiento. Algunas de las áreas de interés pueden ser, científicos y conservacionistas, entidades ligada a la agricultura (control de plagas silvoagropecuarias) o al área de la salud (control de plagas zoonóticas), por ejemplo, este proyecto puede ser de interés para el Ministerio de Salud, empresas ligadas a la producción agrícola, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, municipalidades, Ministerio de Medio Ambiente, CONAF, entre otras.

REFLEXIONES FINALES

“Cada especie de ave, con sus específicos roles en la ‘sociedad boscosa’ (polinización, dispersión de semillas, depredación, entre otros), junto con sus hábitos de ordenación en estos ambientes, nos muestran la importancia de mantener ciertos elementos estructurales de su casa-bosque: árboles nativos grandes y vivos, árboles muertos en pie y un sotobosque denso, entre otros” (Altamirano et al., 2012, p.29)

Los procesos de formación de cavidades en árboles pueden llegar a ser muy lentos, como por ejemplo, en el caso de formación de cavidades por descomposición, en donde “los árboles pueden llegar a los 100 años de vida antes de que su descomposición sea la adecuada para formar una cavidad de buena calidad” (T.A. Altamirano et al., 2012, p.28), por lo tanto, dado el valor ecológico y funcionalidad dentro del bosque, este tipo de árboles se sitúan en un escenario de mayor vulnerabilidad constituyendo un elemento crítico en conservación. Este tipo de árboles, no se ajustan a las necesidades de mercado del negocio forestal, considerados “defectuosos” son los primeros en eliminarse; del mismo modo, estos árboles de gran diámetro son más valorados para ser cosechados (T.A. Altamirano et al., 2012).

“La disponibilidad de cavidades de calidad para la fauna silvestre es un factor limitante en casi todos los ecosistemas” (T.A. Altamirano et al., 2012). Dado lo elementales que son las cavidades en los árboles para la sobrevivencia de tantas especies, es que resultan un componente crítico de los ecosistemas boscosos. Árboles maduros, grandes y muertos del bosque nativo primario y la biodiversidad que reside en ellos, dada las actividades principalmente de la silvicultura intensiva se encuentran en una situación de alta vulnerabilidad. En Chile, resulta prioritario un manejo sustentable de los bosques que asegure un suministro constante de árboles viejos, necesario para las especies que dependen de ellos, esto es, conservación de nuestros bosques nativos priorizando bosques antiguos y árboles muertos en pie a través de programas de conservación, educación ambiental, políticas y leyes que para su protección.

Esta situación resulta muy lamentable, dado que para recuperar bosques antiguos, se necesitarán décadas e incluso cientos de años, nuestros árboles viejos son un legado vivo que debemos proteger.

Por esta razón, la invitación es en primera instancia a comprender y valorar el rol ecológico de las aves rapaces en la prevención y disminución del riesgo de contagios por Hantavirus. Y en segundo lugar hacer un llamado a que más entidades públicas y privadas, ligadas tanto al área científico como de la salud, se interesen y propongan más acciones e iniciativas que contribuyan a la conservación de las aves rapaces. Proteger a las aves rapaces y sus ecosistemas, significa proteger una gran comunidad biológica que dependen de ellas.

La implementación de casas anideras para aves rapaces, y en general, la aplicación de cualquier artificio, ya sean posaderos, comederos, u otros, requiere las consideraciones de personas expertas en el área en todas sus fases. Existen un sinnúmero de aspectos que deben ser atendidos, por ejemplo, solo la selección del área de instalación requiere de una aguda evaluación en terreno para constatar que no existen amenazas en el entorno que pudiesen implicar un riesgo para la especie objetivo a atraer. Precisar si el sitio de instalación es el más óptimo, considera evaluar la cercanía de caminos de vehículos, torres eólicas, instalaciones eléctricas, presencia de especies exóticas, constatar el uso rodenticidas, incluso considerar la percepción de locatarios y locatarias sobre las aves rapaces.

Una casa anidera mal diseñada, construida e instalada, puede implicar un riesgo para el ave, lo que claramente es un despropósito en el objetivo de estos artificios, por lo que, no se incentiva ni recomienda la implementación de este tipo de artificios sin conocimiento previo o asesoría experta.

Esta investigación desea contribuir a cerrar la brecha entre el pensamiento de diseño y los desafíos globales de la conservación de la vida silvestre, instando a la participación de más diseñadores a colaborar en este tipo de iniciativas. Del mismo modo, se invita a investigadores y conservacionistas, a que descubran el potencial del diseño industrial en el desarrollo de soluciones para la conservación de la vida silvestre

Por último, para el desarrollo de cualquier iniciativa de conservación, es crucial tener en cuenta las directrices y lineamientos del proyecto como aspectos claves que dirigirán las posibles respuestas. Lamentablemente, en muchas ocasiones es el financiamiento un factor limitante que arriesga la eficiencia, la calidad y el profesionalismo de las soluciones. La contribución del diseño también resulta en la búsqueda de soluciones viables sin desatender aspectos esenciales a considerar en el cumplimiento de los objetivos de conservación. La crítica va dirigida a cuestionar las condiciones en las que se desarrollan este tipo de iniciativas, las cuales definitivamente no se pueden sostener a base de filantropía. Se desea enfatizar en la importancia de que las estrategias de conservación para la fauna silvestre cuenten con recursos y financiamiento necesarios que permitan a los profesionales a cargo resolver las problemáticas con pertinencia, responsabilidad y compromiso.



BIBLIOGRAFÍA

Acero-Aguilar, M. (2016). Zoonosis y otros problemas de salud pública relacionados con los animales: Reflexiones a propósito de sus aproximaciones teóricas y metodológicas. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 15(31), 232–245. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.rgyps15-31.zpsp>

Altamirano, T.A., Ibarra, J. T., Martín, K., & Bonacic, C. (2012). Árboles viejos y muertos en pie: un recurso vital para la fauna del bosque templado de Chile. *La Chiricoca*, 15, 25–30.

Altamirano, Tomás Alberto, Ibarra, J. T., Hernández, F., Rojas, I., Laker, J., & Bonacic, C. (2012). Hábitos de Nidificación de las Aves del Bosque Templado Andino de Chile.

Alvarado Orellana, S. A., Figueroa R., R., Valladares Faúndez, P., Faúndez, V., Carrasco-Lagos, P., & Moreno, R. A. (2015). Aves Rapaces de la Región Metropolitana de Santiago, Chile.

Arroyo, M. T. K., Marquet, P., Marticorena, Clodomiro Simonetti, J., Cavieres, L., Squeo, F., Rozzi, R., & Massardo, F. (2006). El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. *Diversidad de Chile: Patrimonios y Desafíos*, 90–95.

Block, W. M., & Brennan, L. A. (1993). THE HABITAT CONCEPT Theory and Applications. *Current Ornithology* Vol.11, 11(781 I), 35-. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0032635320&partnerID=40&md5=f5a925ddba0dfbab58c9c9c0ca5c0032>

Bock, W. J. (2015). Evolutionary morphology of the woodpeckers (Picidae). *Denisia*, 36(164), 37–54. https://www.zobodat.at/pdf/DENISIA_0036_0037-0054.pdf

Boulinier, T., Mariette, M., Dolige, B., & Danchin, E. (2008). Choosing where to breed-breeding habitat choice. In E. Danchin, L.-A. Giraldeau, & F. Cézilly (Eds.), *Behavioural ecology*.

Bütler, R., Lachat, T., Larrieu, L., & Paillet, Y. (2013). Habitat trees: key elements for forest biodiversity. *Integrative Approaches as an Opportunity for the Conservation of Forest Biodiversity*, September 2016, 84–91. <http://prodinra.inra.fr/record/226153>

Bütler, Rita, Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D., & Larrieu, L. (2021). Know , protect and promote habitat trees. 1–12.

Carus, M., & Gahle, C. (2008). Injection moulding with natural fibres. *Materialstoday*. <https://www.materialstoday.com/carbon-fiber/features/injection-moulding-with-natural-fibres/>

Castillo i Borrás, M. (2011). A favor de los Búhos. *Manual básico para la tenencia de rapaces nocturnas* (p. 188).

CONAF – Corporación Nacional Forestal. (2011). *Catastro de los Recursos Vegetacionales de Chile*.

Contreras Ovalle, P. C., & Ubilla Carvajal, M. J. (2013). Evaluación del Bienestar Animal de Aves Rapaces en Rehabilitación , Descripción de Técnicas que lo Promuevan y Mejoren su Tasa de Reintroducción. *Avances En Ciencias Veterinarias*, 28(2), 1–12.

Díaz, B. M. (2015). Control biológico por conservación. In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_concordia_control_biologico_por_conservacion.pdf

Díaz Levi, P. (2021). El florecimiento de la quila: del anuncio de “calamidades” a una oportunidad para la restauración ecológica. *Ladera Sur*. <https://laderasur.com/articulo/el-florecimiento-de-la-quila-del-anuncio-de-calamidades-a-una-oportunidad-pa->

ra-la-restauracion-ecologica/

Figuroa Rojas, R. A., Corales Stappung, S., Cerda Cordero, J., & Saldivia Pérez, H. (2001). Roedores, Rapaces y Carnívoros en Aysén (p. 195). Servicio Agrícola y Ganadero, Gobierto Regional de Aysén. http://www.sag.cl/sites/default/files/roedores_rapaces_aysen.pdf

García Santibáñez Saucedo, H. F. (2007). BioDiseño. Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales [Facultad de Bellas Artes, Universidad de Barcelona]. <http://tdx.cesca.cat/handle/10803/96341>

González Cangas, Y., & González, M. E. (2006). Memoria y saber cotidiano. El florecimiento de la “quila” en el sur de Chile: De pericotes, ruinas y remedios. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 10, 75–102. <https://doi.org/10.4206/rev.austral.cienc.soc.2006.n10-06>

Gonzalez, M., & Donoso, C. (1999). Producción de semillas y hojarasca en Chusquea quila (Poaceae: Bambusoideae), posterior a su floración sincrónica en la zona centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72(2), 169–180.

Gonzalez, M. E. (2001). Fenología de Chusquea quila durante su floración gregaria en la zona centro-sur de Chile. *Bosque*, 22(2), 45–51. <https://doi.org/10.4206/bosque.2001.v22n2-05>

Guerreiro, C. I., & Vega, A. S. (2019). Revisión Taxonómica de Las Especies de Chusquea (Poaceae, Bambusoideae, Bambuseae) en Chile. *Annals of The Missouri Botanical Garden*, 104(2), 230–243.

Habben, M., & Parry-jones, J. (2016). Husbandry and Management Guidelines For Demonstration Birds. 1–52.

Hofflinger, A., Nahuelpan, H., Boso, À., & Millalen, P. (2021). Do Large-Scale Forestry Companies Generate Prosperity in Indigenous

Communities? The Socioeconomic Impacts of Tree Plantations in Southern Chile. *Human Ecology*, 1–12.

Holz, A., & Palma, R. E. (2012). Floraciones de bambúes en Chile y Argentina : actual floración masiva del colihue , historia natural y riesgos asociados. *Revista Bosque Nativo*, 50, 40–46.

Huysman, A., St George, D., Johnson, M., Baldwin, R., Charter, M., Wendt, C., Hindmarch, S., Kross, S., Rozman, G., Rivadeneira, P., & Phillips, E. (2018). A Review of Research Methods for Barn Owls in Integrated Pest Management. Technical Report of the BARD Conference on the Use of Barn Owls for Agricultural Pest Control, 5-7 March 2018 at University of California Agricultural and Natural Resources., 41. http://www.barnowlpestcontrol.com/uploads/1/1/7/3/117396152/Huysman_et_al_2018.pdf

Iriarte, A., Rivas-Fuenzalida, T., & Jaksic, F. (2019). Las Aves Rapaces de Chile. Ediciones Flora & Fauna Limitada y CAPES-UC.

JELUPLAST. (2021). JELUPLAST The Biocomposite. <https://www.jeluplast.com/en/wpc/>

Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A. K., Regnery, B., & Vandekerckhove, K. (2018). Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: A hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*, 84(April 2017), 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>

López De Aquino, S. (n.d.). Pájaro Carpintero. Museo de Las Aves de Mexico. https://www.academia.edu/8135046/Pájaro_carpintero

Marti, C. D. (1974). Feeding Ecology of Four Sympatric Owls. *The Condor*, 76(1), 45–61. <https://doi.org/10.2307/1365983>

Meyrom, K., Motro, Y., Leshem, Y., Aviei, S., Izhaki, I., Argyle, F., &

Charter, M. (2009). Nest-box use by the Barn Owl *Tyto alba* in a biological pest control program in the Beit She'an valley, Israel. *Ardea*, 97(4), 463–467. <https://doi.org/10.5253/078.097.0410>

MINSAL. (2013). Guía Clínica De Prevención, Diagnóstico Y Tratamiento Del Síndrome Cardiopulmonar Por Hantavirus. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile., 74. http://www.minsal.cl/sites/default/files/files/HANTA_imprimir.pdf

MINSAL. (2019). MINUTA TEMA: Situación de Hantavirus 2020. Ministerio de Salud, Gobierno de Chile., 5. http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2019/02/ORD_229_Informa_Brote_Hanta_Virus.pdf•Medidasdeprevencióndisponiblesen:<http://epi.minsal.cl/hantavirus-prevencion-y-control/>

Miranda, A., Altamirano, A., Cayuela, L., Lara, A., & González, M. (2016). Native forest loss in the Chilean biodiversity hotspot : revealing the evidence. *Reg Environ Change*, 17(1), 285–297. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1010-7>

Muñoz-Pedreros, A. (2013). Control biológico de plagas con aves rapaces. 31–34.

Muñoz-Pedreros, A. (2014). Aves Rapaces Y Control Biológico de Plagas. In A. Muñoz-Pedreros, J. Rau Acuña, & J. Yáñez Valenzuela (Eds.), *Aves Rapaces de Chile* (CEA Edicio, pp. 307–334).

Muñoz-Pedreros, A., Gantz, A., & Saavedra, M. (1996). Nidos artificiales en plantaciones de *Pinus radiata* en el sur de Chile: ¿una herramienta para mitigar impactos ambientales negativos? *Revista Chilena De Historia Natural*, 69, 393–400.

Muñoz-Pedreros, A., Rau Acuña, J., & Yáñez Valenzuela, J. (2019). *Aves Rapaces de Chile* (CEA Edicio).

Murua, R., & Padula, P. (2004). Ecología y evolución de hantavirus

en el Cono Sur de América. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 36(1), 1–20. <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2004000100001>

Murúa, R1, González, L. ., González, M., & Jofre, C. (1996). Efectos del florecimiento del arbusto *Chusquea quila* Kunth (Poaceae) sobre la demografía de poblaciones de roedores de los bosques templados fríos del sur chileno. *Boletín de La Sociedad de Biología de Concepción*, 67, 37–42.

Murúa, Roberto, Schlatter, R., Briones, M., Figueroa Rojas, R., Ruiz, J., Figueroa, R., Devia, L., & Centrón, A. (2006). Uso de cajas nido para potenciar el control biológico de roedores reservorios de hantavirus en el sur de Chile. <https://doi.org/10.13140/2.1.4178.0809>

Neira, J. (2019). gaurav mk wali transforms pine needles into biodegradable composite material. *Designboom*. https://www.designboom.com/design/gaura-vm-kwali-pine-needles-material-cheer-project-07-23-2019/?utm_source=designboom+daily&utm_medium=email&utm_campaign=gaurav+mk+wali

Newbiomat. (2021). Bio-based Natural Fiber PVC Solution. https://www.newbiomat.com/Natural_Fiber_PP.html

Newton, I. (1979). *Population ecology of raptors*. Poyser, London.

Olson, D., & Dinerstein, E. (1998). The Global 200 : A Representation Approach to Conserving the Earth ' s Most Biologically Valuable Ecoregions. *Conservation Biology*. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.012003502.x>

Otavo, S., & Echeverría, C. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924–935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

Pacheco Alarcón, R. (2018). *EntreNiebla: experimentación de mate-*

rial compuesto, basado en los desechos del mimbre. RChD: Creación y Pensamiento, 3(5), 1–16. <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2018.49761>

Parodi Miranda, D. (2018). Material compuesto a partir del residuo cáscara de nuez Juglans regia. RChD: Creación y Pensamiento, 3(5), 1–13. <https://doi.org/10.5354/0719-837x.2018.49472>

Quilantún. (2020). EL PROYECTO. <https://quilantun.cl/el-proyecto/>

Remm, J. (2008). Tree-cavities in forests: density, characteristics and occupancy by animals. University of Tartu.

Reyes, R., Yohannessen, K., Ayala, S., & Canals, M. (2019). Estimaciones de la distribución espacial del riesgo relativo de mortalidad por las principales zoonosis en Chile: enfermedad de Chagas, hidatidosis, síndrome cardiopulmonar por hantavirus y leptospirosis. *Revista Chilena de Infectología*, 36(5), 599–606. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182019000500599>

Rivas F., T., & Figueroa R., R. (2009). Aves Rapaces de la Cordillera de Nahuelbuta y sus Alrededores (Primera ed).

Root-Bernstein, M., & Ladle, R. J. (2010). Conservation by design. *Conservation Biology*, 24(5), 1205–1211. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01501.x>

Saavedra M., M. (2015). Caracterización de nidos de Carpintero negro (*Campephilus magellanicus*) en la Areas Silvestres Protegidas.

Sánchez Ruano, D. (2019). Nature-Centered Design. Exploring the path to design as Nature. *Design Journal*, 22(sup1), 2225–2229. <https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1595016>

Sánchez Ruano, D. (2020). Ecological Design Thinking for the 21st

Century. April 2019.

Sznel, M. (2020a). The time for Environment-Centered Design has come. *Uxdesign*. <https://uxdesign.cc/the-time-for-environment-centered-design-has-come-770123c8cc61>

Sznel, M. (2020b). Tools for environment-centered designers: Actant Mapping Canvas. *Uxdesign*. <https://uxdesign.cc/tools-for-environment-centered-designers-actant-mapping-canvas-a495df19750e>

Tapia, L., & Zuberogoitia, I. (2018). Breeding and Nesting Biology in Raptors. In *Birds of Prey: Biology and conservation in the XXI century (Issue July)*. <https://www.researchgate.net/publication/326127027>

Tarazi, E., Parnas, H., Lotan, O., Zoabi, M., Oren, A., Josef, N., & Shashar, N. (2019). Nature-Centered Design: How design can support science to explore ways to restore coral reefs. *Design Journal*, 22(sup1), 1619–1628. <https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1594995>

Teel. (2020). natural-fiber-composites. <https://www.teel.com/natural-fiber-composites>

The Barn Owl Trust. (2021a). About the Barn Owl Trust. *Barnowl-trust*. <https://www.barnowltrust.org.uk/about-the-barn-owl-trust/>

The Barn Owl Trust. (2021b). American Barn Owls. *Barnowl-trust*. <https://www.barnowltrust.org.uk/barn-owl-facts/american-barn-owls/>

The Barn Owl Trust. (2021c). Barn Owl boxes for trees. *Barnowl-trust*. <https://www.barnowltrust.org.uk/barn-owl-nestbox/owl-boxes-for-trees/>

The Barn Owl Trust. (2021d). Clearing out Barn Owl nest spaces. Barnowltrust. <https://www.barnowltrust.org.uk/barn-owl-nest-box/clearing-out-barn-owl-nest-spaces/>

The Barn Owl Trust. (2021e). Poor Barn Owl nestbox design. Barnowltrust. <https://www.barnowltrust.org.uk/hazards-solutions/poor-barn-owl-nestbox-design/>

Trejo, A., Ojeda, V., Regional, C., & Bariloche, U. (2002). Identificación De Egagrópilas De Aves Rapaces En. *Ornitología Neotropical*, 13, 313–317.

Universidad Charles Sturt. (2021). Researchers 3D-print new homes for threatened wildlife. News.Csu.Edu.Au. <https://news.csu.edu.au/latest-news/researchers-3d-print-new-homes-for-threatened-australian-wildlife-species>

Vergara Cuevas, M. F. (2017). Intoxicaciones secundarias por rodenticidas anticoagulantes en fauna silvestre. Universidad de Concepción.

Vial C., C., Valdivieso R., F., Cuiza V., A., Delgado B., I., Ribeiro E., G., Llop R., E., Ferrés G., M., Repetto L., G. M., Riquelme O., R., Rioseco Z., M. L., Calvo A., M., Mertz, G., & Vial C., P. A. (2019). Factores de riesgo socio-demográficos del síndrome cardiopulmonar por hantavirus. *Revista Chilena de Infectología*, 36(4), 428–432. <https://doi.org/10.4067/s0716-10182019000400428>

Villagrán, C., & Armesto, J. J. (2005). Fitogeografía histórica de la Cordillera de la Costa de Chile. In C. Smith-Ramírez, J. J. Armesto, & C. Valdovinos (Eds.), *Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile*.

Wade, C. G., Pauser, L., & Altknecht, D. (2012). Build a Barn Owl Box. Modeled after an Original Design by Steve Simmons (pp. 1–31).

Wolodarsky-Franke, A., & Diaz Herrera, S. (2011). WWF - Cordillera de Nahuelbuta. Wwf, 1–56.

