



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco**

División de Ciencias y Artes para el Diseño
Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño
Área de Sustentabilidad Ambiental

**Propuesta metodológica para diseñar un refugio ornitológico.
Estudio de caso: Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*) en Valle de
Chalco, Estado de México**

Idónea Comunicación de Resultados que para obtener el grado de Maestría
presenta:

L.D.I Gisel Gayosso Hernández

Tutor: Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo
Lector: Dr. José Luis Gutiérrez Senties
Lector: Dr. Pablo Alberto Torres Lima

México, Ciudad de México, diciembre de 2021



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO División de Ciencias y Artes para el Diseño

Ciudad de México 24 de noviembre de 2021

DRA. JUANA MARTÍNEZ RESÉNDIZ
COORDINADORA DEL PROGRAMA DE MAESTRIA
EN CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

Presente.

Me permito comunicar a usted que a solicitud del alumno (a): **Gisel Gayosso Hernández**, del Programa de Maestría en Ciencias y Artes para el Diseño, he revisado y confirmo que la Idónea Comunicación de Resultados (ICR)/Tesis: *"Propuesta metodológica para diseñar un refugio ornitológico. Estudio de caso: Tecolote Llanero (Athene cunicularia) en Valle de Chalco, Estado de México"* es la versión final, contiene el resumen, las palabras clave y cumple con los requisitos para formar parte del repositorio institucional de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Atentamente

Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo

Nombre y firma del Director (a) de ICR/Tesis.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la oportunidad que me brindó la Maestría en Ciencias y Artes para el diseño para incursionar en mi formación académica y el apoyo que CONACYT me otorgó para realizar esta investigación.

A mi tutor el Dr. Alberto Cedeño Valdiviezo por su confianza, paciencia y reiteradas observaciones como mi guía en el proyecto; también al Dr. Pablo Alberto Torres Lima, quien con su dedicación y sabiduría impulsó mi determinación para concluir.

A mi mamá, quien siempre me ha apoyado y acompañado en todo momento. A mi tío y mis amigos por su confianza en esta etapa.

A mis profesoras de formación y amigas Lucila Herrera Reyes y Leticia de la Rosa por su apoyo incondicional.

A Alexandra por ser una amena compañera, grata amiga y por su entusiasmo durante el trayecto, sin importar la distancia y confinamiento.

A mis compañeros Ricardo, Carlos y Chagolla por compartir tiempo y sus conocimientos durante las sesiones de clase y breves reuniones.

A cada uno de mis profesores, por sus enseñanzas, entusiasmo y experiencias compartidas en las sesiones de clase y en los pasillos que alguna vez coincidimos.

Finalmente quiero agradecer al profesor Alejandro Meléndez Herrada por compartir su conocimiento y entusiasmo también a Isain y Genaro Amaro por su apoyo incondicional y al Colegio de Bachilleres Plantel 04 y al Centro Universitario UAEM por permitirme acceder a sus espacios.

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Planteamiento del problema.....	10
1.2. Justificación	12
1.3. Objetivo general.....	14
1.4. Hipótesis	14
1.5. Preguntas de investigación.....	14
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 La ciencia y el nuevo paradigma	15
2.2. Teoría de Sistemas	17
2.3. Teoría de Sistemas Complejos.....	18
2.4. Discursos ambientales.....	19
2.5. Sustentabilidad ambiental y diseño.....	22
2.6. Arquitectura ecológica	25
III. MARCO REFERENCIAL	28
3.1 Diseño y naturaleza.....	28
3.1.1. Biofilia, biodiseño y biomimética	29
3.2. Refugios artificiales para fauna silvestre	32
3.2.1. Herramientas cognitivas de las aves	34
3.2.2. Refugios para aves urbanas	36
3.3. Requerimientos de diseño	40
3.4. Ecología urbana	43
IV. ESTUDIO DE CASO: TECOLOTE LLANERO EN VALLE DE CHALCO	44
4.1. Descripción y características físico-geográficas de la microcuenca Tláhuac-Xico...45	
4.2. Área de estudio	48
V. MARCO METODOLÓGICO	52
5.1. Metodología de atributos de reconocimiento para el biodiseño	53
5.2. Diseño de investigación	55
VI. RESULTADOS	59
6.1. Observación y muestreo.....	59
6.2. Parámetros del diseño de refugios artificiales para aves rapaces urbanas	63
6.2.1. Consideraciones biológicas	66

6.2.2. Consideraciones de diseño	69
6.2.3. Consideraciones ecológicas urbanas	72
6.3. Principios formales para el diseño de refugios artificiales	78
6.3.1. Definiciones estructurales	79
6.4. Propuesta metodológica para el diseño de un refugio ornitológico.....	86
6.4.1. Propuestas orientadas al diseño de una madriguera artificial.....	88
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
VIII. CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS	88
ANEXOS.....	98
ANEXO I. Patrones formales del diseño	99
ANEXO II. Formulario AEIOU	100
ANEXO III. Nombres y coordenadas de los puntos de conteo	102
ANEXO IV. Ubicación de madrigueras del tecolote llanero.....	103
ANEXO V. Bitácora para el levantamiento de datos	104
ANEXO VI. Bitácora para la captura de datos	105
ANEXO VII. Aves registradas del muestreo (2020-2021).....	106
ANEXO VIII. Tipología de las madrigueras	108
ANEXO IX. Esquemas biométricos del tecolote llanero.....	109

RESUMEN

La presente investigación muestra la aplicación e integración de una propuesta metodológica para conceptualizar refugios ornitológicos pensados en aves rapaces que habitan en espacios urbanos. La aplicación metodológica buscó promover que el diseño de estas estructuras artificiales responda a la necesidad de mitigar la carencia de espacios naturales que tienen estas aves para descansar o resguardarse. Mediante el caso de estudio con el tecolote llanero, especie regional localizada en Valle de Chalco, Estado de México se planteó una investigación de tipo mixto, centrada en procesos de muestreo de fauna silvestre (conteo, identificación y registro de especies en bases de datos) y etnográficos (principalmente modelo descriptivo AEIOU y etnografía visual). Las unidades de análisis se dividieron en tres grupos: especie objetivo (tecolote llanero), grupo de interés (aves rapaces) y especies de acompañamiento proveedoras de refugios (mamíferos excavadores). El aspecto clave fue comprender cómo estas aves buscan, identifican, modifican o crean refugios a partir de sus asociaciones de paisaje, comportamiento, referencias espaciales, formas (de los objetos) y el tipo de usuario que son. La investigación se realizó en cuatro fases: *primera* se estableció una relación entre la especie y el habitáculo mediante condicionantes contextuales, *segunda* determinó y agruparon variables biológicas, del diseño y ecológicas urbanas, *tercera* se configuraron las formas elementales de estructuras mediante entidades biológicas y modelos descriptivos y *cuarta*, se desarrolló el proceso creativo para la conceptualización de madrigueras artificiales que harán factible proponer parámetros técnicos para desarrollar habitáculos artificiales.

Palabras clave: propuesta metodológica, refugios artificiales, aves rapaces, medioambiente y entornos urbanos

I. INTRODUCCIÓN

Desarrollar objetos es uno de los atributos más característicos del ser humano, quizá la mayor respuesta para satisfacer sus necesidades y también una huella trascendental que ha impactado en todo el mundo, sin importar la época a través del desarrollo científico y tecnológico. En conjunto estos factores han promovido la búsqueda de novedosos y generalizados métodos que buscan principalmente el cumplimiento de objetivos económicos y comerciales, bajo una práctica de dominio de recursos.

Este dominio ha favorecido el incremento de las urbes, uno de los principales problemas derivados de la explotación de recursos. Schilthuizen, (2019) señala que aproximadamente nueve mil trescientos millones de personas vivirán en ciudades llegada la mitad del siglo XXI. Asimismo, dentro de una década la Organización de las Naciones Unidas (ONU) calcula que en 2030 el 60% de la población mundial vivirá en ciudades (Constantino & Equihua, 2018), lo cual representa un reto constante que enfrentan las especies de flora y fauna; pues sus espacios naturales continuarán reduciendo y pocas especies se adaptarán.

En este sentido, el diseño industrial ha sido catalogado como una disciplina que ofrece soluciones creativas e innovadoras, que pueden ser proyectadas o materializadas en productos y servicios. En la medida que el progreso científico y tecnológico adopta nuevas tendencias, el diseño también ha generado sus propios enfoques metodológicos. Entre estos, destacan aquellos relativos a la naturaleza y medio ambiente, los cuales adquieren mayor relevancia ante los impredecibles cambios en el entorno “el medio ambiente deberá ser integrado al proceso de diseño, ya no como escenografía de nuestras hipótesis proyectuales, sino como catalizador activo de nuestros procesos creativos” (Vanden, 2018:11).

Bajo el marco de esta disciplina, continúa la exploración de propuestas metodológicas que atiendan la integración multidisciplinar encaminadas a encontrar soluciones que mitiguen el cambio climático y pérdida de biodiversidad. Entre las alternativas para atenuar el desplazamiento de animales, se encuentran los refugios artificiales; dichas estructuras se han desarrollado principalmente para las aves, por ser el grupo que más se ha adaptado a estos espacios “las ciudades albergan una biodiversidad mayor de la que se podría pensar (...) el 20% de las más de 10,000 especies de aves que habitan el planeta presentan poblaciones en entornos urbanos” (Aronson, 2013 en Calvo, 2019:101). Además, estos

animales resaltan la importancia de mitigar el desplazamiento de otras especies silvestres a través de especies paraguas. Ramos, (2020) destaca que son especies seleccionadas estratégicamente para proteger y conservar ambientes, ya que, al proteger a estas aves y sus espacios, se preservan todos los organismos que viven en ese entorno, lo cual permite el desempeño de servicios ecosistémicos¹.

Por consiguiente, la generación de refugios artificiales responde a la necesidad de la fauna silvestre que habita en entornos urbanos, de tener un espacio donde pueda descansar o resguardarse. Respecto a las aves, se han diseñado artilugios que atienden algunas de sus necesidades básicas como posarse, alimentarse y descansar. Esta última influyó en la creación de cajas artificiales dirigidas, principalmente, a especies que han sido catalogadas como flexibles por adaptarse a cambios en su hábitat. Muñoz (2014) indica que se trata de artificios construidos con la finalidad de ofrecer refugios alternativos a las aves que carecen de espacios naturales para nidificar, además, LPO y Mission Rapaces (2006) enfatizan su uso en casos donde se ha verificado la falta de cavidades de resguardo.

En tanto el desarrollo y modificaciones de las pajareras o refugios artificiales se han hecho en torno a una generalización de requerimientos entre las necesidades básicas de las aves al momento de buscar un refugio y los protocolos de construcción en cuanto al diseño. El primer campo, biológico, toma en cuenta los siguientes datos particulares del ave: especie, estatus de conservación, rango de distribución, tipo de hábitat y periodo de anidamiento. El segundo, diseño, considera los materiales, cortes, mecanismos de unión, aditamentos protectores, diámetros de entradas estandarizadas y acabados. “Muchas especies de aves, enfrentan la escasez de espacios cómodos para anidar. Podría haber muchas especies que amarían llamar a tu pajarera hogar, pero ellas tienen requerimientos específicos de anidamiento, los cuales necesitan ser conocidos” (Laboratorio de Ornitología de Cornell, 2021:1).

Aunque la mayoría de los refugios construidos toman en cuenta las condicionantes de las aves como usuarios, poco se ha profundizado en el acoplamiento del proceso de diseño hacia un objeto de uso primario animal, es decir, la escasa indagación en torno a las aves como el usuario que interactúa con el objeto la mayor parte del tiempo. Por lo tanto, el factor poco explorado en diseño es la interpretación de patrones formales que adoptan las aves en

¹También denominados servicios ambientales, estos corresponden a la valoración y beneficios que obtiene el ser humano de los ecosistemas. Se dividen en tres grupos: servicios de provisión o abastecimiento, de regulación y culturales (Conabio, 2016).

el entorno que habitan, para utilizar los recursos que les permiten crear, ocupar o modificar refugios y obtener beneficios; ya que al ser gregarias son capaces de llegar a una valoración emocional y toma de decisiones (Nathan, 2017).

En la obra de Prossliner *et al.* (2020) titulada *City of birds... goes legendary!* Se aborda brevemente cómo es el proceso proyectual del diseño de refugios para aves residentes en ciudades, a través de 20 proyectos conceptuales. Asimismo, realzan el hecho de que este grupo se ve obligado a modificar sus conductas, desplazarse, adaptarse al cambio climático y desarrollar una simbiosis con los ciudadanos; como la paloma “*ikarus* también ha entrado en una simbiosis con la tecnología moderna, por lo tanto, su casa creada artificialmente está en armonía con la naturaleza. Una fusión entre lo natural y lo creado artificialmente, una apreciación en ambos lados” (Dissegna, 2020:32)².

Respecto al uso de materiales de bajo impacto, su aplicación en la producción de refugios artificiales es relevante en primer lugar, por la sustitución de insumos convencionales como el plástico, concreto o metales por materiales biodegradables que contribuyen con bajas emisiones de gases, toxicidad y resistencia a un menor costo, además, pueden beneficiar la economía local, es decir se aprovechan los recursos vegetales de la región (Catani, 2020). En este sentido Erlacher (2020) destaca que, si un buen registro arquitectónico requiere inventiva y precisión, en diseño es fundamental incluir la naturaleza en el objeto y es preciso encontrar el lenguaje de forma y material.

No obstante, la selección de materiales y aplicación de estos están ligados a la disponibilidad de recursos, que al mismo tiempo son determinados por las condiciones ambientales de una región. Factores como el clima o el escenario donde se desempeña el habitáculo no son universales, aunque presenten características comunes. Para contrarrestar la carencia de sitios de descanso a playeritos migratorios Correcaminos Cuchareta (*Calidris pygmaea*) y Zarapito Siberiano (*Numenius madagascariensis*) en Sur Corea se diseñaron nidos flotantes a partir de las bolsas para ostras, utilizadas en la acuicultura, el uso de estas estructuras se tomó como una base para dar forma al nido y generar una propuesta que beneficie a esta actividad económica y ofrezca espacios de reposo para estas aves migratorias de Australia (Li, 2019:5).

² La traducción de este párrafo y futuras referencias en el documento referente al libro de (Prossliner *et al.* 2020) son traducciones propias realizadas del alemán al español.

Las condiciones ambientales se han visto modificadas por el desarrollo industrial y consecuentemente el urbano. La creciente y constante urbanización representa para diversas especies de plantas y animales una considerable reducción en sus hábitats. Aunque algunas logren sobrevivir y adaptarse, no todas poseen cualidades como las aves para transportarse a espacios más favorables.

Es por ello que desarrollar refugios o habitáculos artificiales es una labor común en diversos países como Estados Unidos, Alemania, China, Japón, Chile, México, entre otros; en buena medida porque todos están inmersos en una crisis ambiental global, reflejada en dos problemas fundamentales que enfrenta la humanidad: el cambio climático y la pérdida de biodiversidad (Semarnat, 2016).

En el caso de México, es uno de los países más biodiversos a nivel mundial, pues tiene las condiciones necesarias para encontrar la mayoría de los ecosistemas, reconocidos en el planeta (Rzedowski, 1978 y 2006) y Semarnat (2016) han calculado que su riqueza natural equivale cerca del 10% de la biodiversidad mundial. Sin duda, es una característica flexible para la búsqueda de materiales biodegradables, compuestos u otras alternativas que tengan un menor impacto ambiental, los cuales basados en fibras naturales faciliten la creación de refugios artificiales favorables con el ambiente. De tal forma que:

Las especies de las que se obtienen fibras duras para la fabricación de una amplia variedad de objetos son numerosas, en relación con la diversidad ecológica del país y las peculiaridades locales en las tradiciones (...) Se ha calculado que en México se utilizan con tales fines alrededor de 80 especies, englobadas en 20 familias botánicas (Vela, 2020:10).

En cuanto a aves, los registros de su diversidad han calculado que México posee aproximadamente el 11% de las especies reconocidas en el mundo (Filloy, 2019). Sin embargo, las transformaciones del paisaje a ciudades han reducido sus poblaciones y algunas han desaparecido o están por desaparecer. (Schondube *et al.* 2018) y Macías y Equihua (2018) plantean que los factores determinantes para que las aves sean capaces de habitar en las ciudades son: tolerancia a los humanos, depredación, falta de sitios de anidación, descanso, alimento, presencia de especies invasoras nativas y exóticas, y la supervivencia de individuos.

Aunque los paisajes modificados por actividades humanas han mermado a las aves, estas se han adaptado. A grandes rasgos y las más comunes son las canoras, acuáticas y rapaces, estas últimas son consideradas especies paraguas, incluso estos pájaros prestan otros

servicios ambientales como: controlar plagas en los cultivos, mantener en equilibrio el ambiente, sanear el entorno e indicar qué tan sano es un hábitat (Ramos, 2020).

Además, las aves de presa son carismáticas y al ser atractivas para las personas, este atributo permite generar recursos económicos susceptibles de uso en programas de educación ambiental y conservación de especies. No obstante, sus poblaciones son pequeñas y vulnerables a continuos cambios que dividen sus hábitats, reducen sus sitios de descanso y reproductivos. Ante la carencia de refugios artificiales destinados al uso avifaunístico, hay que tomar en cuenta el desarrollo de alternativas que mitiguen su desplazamiento, lo cual es relevante porque diversos grupos se hacen evidentes al adaptarse a los espacios urbanos³. Como sucede con los búhos, aves de presa generalmente nocturnas, han aprendido a desarrollarse en espacios urbanos, por ejemplo, parques o cementerios debido a la abundancia de alimento, pero “la vida no siempre es fácil, ya que los búhos urbanos suelen ser atropellados por automóviles o envenenados con raticidas” (Mosco, 2017:2).

Por lo que la creación de refugios artificiales, también se asocia con el manejo de paisaje, el cual plantea que se deben considerar puntos estratégicos de las ciudades dónde se colocarán, con la finalidad de considerar y tomar en cuenta las dinámicas biológicas de las aves, fauna de acompañamiento y humanas. No obstante, al carecer de un referente para su conceptualización desde el ámbito del diseño, ocurre una oposición entre generar prácticas que favorezcan al medio ambiente, al conservar las especies nativas, y realizar objetos con materiales que generan un impacto negativo al entorno, su inserción sea en lugares poco seguros e incluso perjudiquen a los usuarios, en este caso aves.

1.1. Planteamiento del problema

Las modificaciones en el paisaje no solo representan una acelerada infraestructura y confrontación a los problemas derivados del cambio climático, incluso las resoluciones

³Algunos casos registrados en ciudades son los siguientes: El barrio de Lakeview en Chicago, una pareja de Halcones Peregrinos arribó por segundo año, utilizó un macetero como nido y logró una nidada exitosa de cuatro pollos (Cudmore 2016, 1,11)

En Shaqra en Arabia Saudita, Obeidat, (2020) narra que un grupo de conservacionistas fueron contactados por los ciudadanos para registrar un basurero. Ya que era ocupado por una gran cantidad de Águilas Esteparias que habían encontrado refugio y alimento en esa área

En Pensilvania cientos de buitres negros “invadieron” un poblado, se les calificó como invasivos por ocasionar daños en los techos de varias casas, olores fétidos en los árboles y saquear los botes de basura en Fisher (2020)

abordadas afectarán a las especies animales que se han adaptado a compartir espacios urbanos. (Gunnell *et al.* 2019) señalan que, al reducir las emisiones de carbono y huella ecológica, en el diseño de las ciudades, animales como las aves o murciélagos no encontrarán espacios para refugiarse, descansar o anidar, no obstante, declaran que es enteramente posible continuar con estas dinámicas, pero necesitamos considerar la biodiversidad al principio del proceso de diseño e incorporar medidas, que generalmente incluyen un esfuerzo y costo extra.

El presente trabajo aborda la temática del diseño de habitáculos artificiales para la fauna silvestre nativa, dirigidos a aves rapaces, debido a que las condiciones que les permiten sobrevivir son cada vez más escasas y necesitan espacios para resguardarse. A través de un estudio de caso instrumental con el desplazamiento del tecolote llanero, para abordar dicha circunstancia.

Cabe mencionar que este tópico ha sido poco explorado, desde la disciplina del Diseño Industrial. La creación de estos espacios artificiales se ha desarrollado en el campo de la Biología y la Arquitectura. El *primero*, lo aborda estructuralmente en función de los requerimientos de las especies, aplicaciones empíricas en el uso de materiales y distribución de espacios; de modo que no hay una base sólida para diseñar refugios. Del Valle (2021) manifiesta que no hay una literatura concisa, cada fuente tiene diferentes modificaciones y surge de que lo primordial es profundizar en la planeación y los requerimientos de la fauna.

El *segundo* término, la Arquitectura establece principios generales para el mejoramiento del diseño de paisaje urbano y destaca la relevancia de crear de materiales de bajo impacto ambiental para la formación de estructuras, cuya inserción es en bloques que se adecuan a los edificios, sin embargo, estas mejoras se aplican principalmente en países desarrollados bajo una dinámica de sensibilización a los arquitectos e ingenieros para su elaboración e introducción en la industria de la construcción. En este sentido, (Gunnell *et al.* 2019:4) especifican que la diversidad de flora y fauna urbanas no solo ofrecen beneficios; su inclusión también debe concretarse en el potencial intrínseco que posee para desarrollar ambientes construidos, debido a que este no ha sido considerado.

De tal forma, la problemática de generar refugios artificiales pensados en la fauna urbana con un enfoque proveniente del diseño industrial también debe incorporar el estudio y análisis ecológico, derivado de la respuesta que da la biodiversidad a los cambios en el paisaje sean radicales o no. Este aspecto, adquiere un carácter rector en el diseño industrial

mediante el análisis del usuario, particularmente, aquel organismo al que va dirigido el objeto; quien interactúa través de sus hábitos, mimetismo e interrelaciona con otros organismos. Gayosso *et al.* (2019) señalan que el establecer criterios considerando a la fauna como usuario primario, permite al diseñador desarrollar de manera eficiente su proceso proyectual.

Finalmente, la poca documentación sobre los métodos que intentan atender la tricotomía habitáculo-usuario-objeto carecen de instrumentos para la recopilación de información procedentes del campo biológico, cuya especificidad refiera datos concretos de diseño en función de la identificación de patrones asociativos que parten del ave. Esta ausencia de datos es una barrera para insertar estos habitáculos al medio, además, estos autores propusieron una metodología para diseñar refugios artificiales dirigidos a la fauna urbana. Sin embargo, es necesario validar la efectividad de integrar y sistematizar datos referentes a patrones de asociación e interpretación del paisaje, observados en la fauna silvestre nativa, identificar y seleccionar un material de bajo impacto para la creación de habitáculos artificiales que fortalecerán un diseño equilibrado y, al mismo tiempo, favorecerá su inserción en el paisaje.

En función de lo planteado, se propone integrar variables biológicas, de diseño y ecológicas urbanas para diseñar refugios artificiales, en una metodología que permita al diseñador industrial seleccionar, estudiar y analizar un ave rapaz como usuario primario de esta estructura. Al mismo tiempo, se presentan consideraciones para que profundice en el procedimiento proyectual de formas elementales equilibradas con su entorno inmediato, seguras y coadyuven al diseño a generar un conocimiento basado en las especies.

1.2. Justificación

La promoción del diseño de refugios para aves rapaces, en buena medida, se debe a dos atributos: su valor ecológico como controladores de animales plaga (como ratones y aves) y sus estéticos e imponentes rasgos físicos (plumaje, pico afilado y poderosas garras) las hacen carismáticas, incluso factibles para obtener recursos financieros y promover el bienestar económico tanto a las comunidades o localidades que trabajan en rutas turísticas o parques ecológicos, como a sí mismas al estar en programas de conservación.

Se considera importante abordar esta problemática porque las aves rapaces, además de prestar servicios ecosistémicos como controladores de plagas, también enfrentan riesgos de colisión que van desde lesiones, quemaduras e incluso perder la vida, tanto en sus lugares de residencia como en rutas migratorias, los cuales están vinculados con actividades antrópicas. Suarez (2015) menciona que las líneas de transmisión eléctrica (que suelen encontrarse en sus sitios de descanso) y la proliferación de parques eólicos en las rutas migratorias, ocasionan choques, incluso advierte que la pérdida de vegetación nativa; reduce considerablemente sus espacios para reposar. Esta circunstancia responde a la búsqueda de alternativas que aprovechen el uso de energías limpias y la ausencia de tomar en cuenta la biodiversidad regional del sitio, donde se llevan a cabo estas prácticas.

En esta investigación se busca promover la transdisciplina bajo una postura crítica y empática con otras formas de vida, al proponer un diseño basado en el conocimiento de las especies para generar estructuras que se inserten eficientemente en el entorno y reconozcan la importancia biológica y ecológica de la biodiversidad. Animales como murciélagos y aves, incluso algunas especies de insectos y plantas hacen uso de nuestros edificios, por ello es importante mantener y mejorar las estructuras hechas al conocer sus necesidades, lo cual refleja un futuro de nuevos ambientes construidos y una basta biodiversidad (Gunnell *et al.* 2019).

Las investigaciones centradas en la protección de las especies y continuación de servicios ambientales revelan un campo que Olivera y García (2016) puntualizan como indagatorio; ya que buscan mitigar la disminución de riqueza natural a través de la adecuada incorporación de hábitats en áreas urbanas que permitan su restablecimiento y mejoren las condiciones para que realicen sus funciones ecológicas. En este sentido, tomar como referente de análisis al tecolote llanero puede permitir la obtención de un precedente estratégico que vincule factores biológicos, ecológicos y del diseño al proceso proyectual. Y así fortalecer un diseño equilibrado que promueva la protección de la vida silvestre.

Es conveniente valorizar la efectividad de la integración y sistematización de datos referentes a patrones de asociación e interpretación del paisaje, observados en la fauna silvestre nativa traducidos al lenguaje técnico del diseño, porque representa la obtención de una herramienta auxiliar para el diseño de refugios artificiales susceptible de aplicación con

otras especies en diferentes lugares. Por lo antes mencionado, se presentan a continuación el objetivo general y los objetivos particulares de esta investigación.

1.3. Objetivo general

Integrar, analizar y validar una propuesta metodológica que refiere a los “atributos de reconocimiento para el biodiseño” para diseñar un refugio artificial dirigida a la protección y reproducción de aves rapaces, mediante el caso de estudio del tecolote llanero, especie regional localizada en Valle de Chalco, Estado de México.

Objetivos particulares

- Revisar los atributos para diseñar refugios artificiales para aves
- Determinar los parámetros para el diseño de refugios artificiales dirigidos a aves rapaces
- Identificar una adecuada configuración de formas dirigidas al diseño de habitáculos artificiales
- Diseñar una propuesta específica para el tecolote llanero localizado en Valle de Chalco, Estado de México, mediante el proceso creativo

1.4. Hipótesis

La integración de parámetros de diseño biológicos y ecológicos propuestos harán factible su aplicación al diseñar refugios artificiales adecuados y funcionales que favorecen la protección y reproducción de aves rapaces como el tecolote llanero, que habitan en entornos urbanos y periurbanos de la localidad estudiada

1.5. Preguntas de investigación

- ¿Cómo sería una propuesta metodológica para diseñar un refugio artificial dirigido al tecolote llanero (*Athene cunicularia*)?
- ¿Qué variables de diseño, biológicas y ecológicas debo considerar para diseñar refugios artificiales dirigidos a aves rapaces?
- ¿Cómo establecer un patrón de las formas cuyo propósito sea el diseño de refugios artificiales?

II. MARCO TEÓRICO

El propósito de este capítulo es identificar una perspectiva propia sobre el desarrollo científico, abordar la Teoría de Sistemas Complejos como el pensamiento que concibe un cambio de paradigma en la resolución de problemáticas de una visión antropocéntrica a una ecológica, vincular al diseño con las escuelas ecológicas para abordar la temática del diseño de refugios artificiales para la fauna silvestre y construir los patrones que vinculan en un lenguaje común al ser humano con los animales, quienes han sido un grupo vulnerable frente a modificaciones antrópicas.

2.1 La ciencia y el nuevo paradigma

El conocimiento es parte de un proceso de renovación constante, ligado a observaciones y experimentos que buscan dar respuesta a una problemática y con ello alcanzar una transición en la articulación de paradigmas. En relación con su significado, Kuhn en su obra *la estructura de las revoluciones científicas* (1962) señala que este término se ha identificado como un modelo o patrón teórico, el cual se articula bajo condiciones rigurosas que se integra a la ciencia dentro de su constelación de hechos, teorías y métodos. Además, estos paradigmas no solo responden a problemáticas, pertenecen al conjunto de operaciones lógicas empleadas por los científicos para relacionar datos con generalizaciones teóricas, de modo que “los científicos son las personas que con éxito o sin él, han intentado aportar un elemento u otro de esa constelación concreta” (Kuhn,1962:102).

El conocimiento científico se ha desarrollado bajo un itinerario rígido y mediante explicaciones con ideas preconcebidas que parten de las observaciones y experiencias. No obstante, Kuhn (1962) señala que se han esquematizado equivocadamente los procesos científicos y no se ha ilustrado adecuadamente su desarrollo; esto se debe principalmente a la difusión propagandística de los libros de texto. El progreso de la ciencia se explica mediante la investigación orientada a la articulación de fenómenos y teorías suministradas por un paradigma, al cual se le denomina ciencia normal “significa la investigación basada firmemente en uno o más logros científicos pasados, logros que una comunidad científica particular reconoce durante algún tiempo como el fundamento de su práctica ulterior” (Kuhn, 1962:114), detonando así un progreso gradual.

El progreso científico durante sus primeros avances fue competitivo y lineal, en buena medida porque el campo de las matemáticas y astronomía desarrollaron los primeros paradigmas. De modo que, la ciencia normal también requiere ser actualizada y extendida bajo articulaciones más rigurosas “actualización que se logra extendiendo el conocimiento de aquellos hechos que el paradigma exhibe como especialmente reveladores, aumentando la medida en que esos hechos encajan con las predicciones del paradigma, así como articulando más el paradigma mismo” (Kuhn, 1962:133). Esta renovación es conocida como nuevo paradigma porque “entraña una nueva y más rígida visión del campo” (Kuhn, 1962:127). No obstante, afecta internamente a las comunidades científicas, dando pie a diferencias ideológicas que pueden limitar el campo de investigación, lo cual implica una división entre quienes se oponen al cambio de paradigma y quienes emprenden nuevas alternativas. “En la medida en que las herramientas suministradas por el paradigma continúan demostrando su capacidad de resolver los problemas que define, la ciencia se mueve muy a prisa y penetra con gran profundidad merced a la utilización **confiada** de dichas herramientas” (Kuhn, 1962:208).

En este sentido, Morín en su obra *introducción al pensamiento complejo* (1990) señala que, a partir del siglo XVII, el paradigma predominante fue el de la simplicidad, cuyo propósito fue desarticular filosofía y ciencia mediante la separación de un fenómeno en muchas partes y simplificar la ciencia como la búsqueda de respuestas generalizables. El resultado fue el principio de disyunción que “ha aislado radicalmente entre si a los tres grandes campos del conocimiento científico: la Física, la Biología, la ciencia del hombre” (Morín,1990:30) o también denominada ciencia social. Además, señala que el ser humano por ser biológico y cultural, este vive en un universo de lenguaje, ideas e incluso al poseer conciencia se autoorganiza; tratándose de un nuevo fenómeno que lleva a la complejidad vista como “un fenómeno cuantitativo, una cantidad extrema de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades” (Morín, 1990:59).

La relación entre interacciones sociales y biológicas, también han sido abordadas por Capra en su obra *la trama de la vida* (1996), quien complementa la noción de paradigma propuesta por Kuhn; generalizando su percepción científica a una social “como una constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidos por una comunidad, que conforman una particular visión de la realidad que, a su vez, es la

base del modo en que dicha comunidad se organiza” (Capra, 1996:27). Complementando así lo que menciona Kuhn de las rupturas en los paradigmas como un progreso científico “el significado de las crisis es que ofrecen un indicio de que ha llegado el momento de cambiar de herramientas” (Kuhn, 1962:208), sin embargo, esta noción de paradigma ya no responde a las problemáticas recientes ni clarifica los nuevos descubrimientos ni las interacciones entre las áreas del conocimiento. Es así que surge la teoría de sistemas como una posible respuesta a las dinámicas científicas en diversos campos que buscan dar solución a diversas problemáticas.

2.2. Teoría de Sistemas

La palabra sistema representa varios órdenes que no son comprensibles de manera aislada, es particularmente el biólogo Ludwig Bertalanffy quien destacó por profundizar en la noción de sistemas como “concepciones y problemas que han aparecido en todas las ramas de la ciencia, sin importar que el objeto de estudio sean cosas inanimadas, organismos vivientes o fenómenos sociales” (Bertalanffy,1986:37). Asimismo, subrayó que los sistemas se dividen en abiertos y cerrados. Los primeros, son sistemas que importan o exportan material mediante un intercambio de materiales, energía o información, los cuales son dependientes de los intercambios continuos con un medio. Los segundos, tienen componentes inmutables que pueden establecer un equilibrio y son propensos al desorden en incremento (Checkland, 1993:101).

Posteriormente este concepto fue más desarrollado en la cibernética, donde se integró al pensamiento sistémico como una metáfora, donde el universo ya no es visto como una máquina o una construcción, ahora es una red de patrones inseparables de relaciones (Capra, 1996). Esta teoría se basa en términos de relaciones, patrones y contexto que implica un cambio de perspectiva, donde existe algo común entre la vida, lo inmaterial e irreductible, el patrón de organización. No obstante, una de las ideas más importantes para el entendimiento sistémico es que las redes son el patrón básico de organización de todos los sistemas vivientes, cuya función parte de la autorregulación. “El patrón para la vida, podríamos decir, es un patrón capaz de autoorganizarse” (Capra, 1996:100) el cual, se basa en ideas de relación e interdependencia, no en jerarquías lógicas ya que existen múltiples modos de pensar y conocer (Resnick, 2001:46).

Es por eso que Morín expresa a la teoría de sistemas, como una asociación combinatoria de elementos diferentes, cuyo aspecto es incierto para el observador exterior y para el que penetra en ella; básicamente la idea del sistema trata de una oposición a las nociones físicas de equilibrio/desequilibrio que no puede ser comprendida sino se incluye al ambiente y por tanto adquiere complejidad. Por tanto, la teoría de sistemas responde a la urgente necesidad de dar respuestas, pues estas son muy abstractas y tampoco llegan a formar un modelo. “El sistemismo, si ha de ser superado debe, en todo caso, ser integrado (Morín, 1990:47).

En ese sentido, Capra señala que este pensamiento alcanzó un nivel más complejo de comprensión a través de una característica que define las redes de la vida: la autoorganización, un elemento inherente del contexto, descrita como “la aparición espontánea de nuevas estructuras y nuevos modos de comportamiento en sistemas lejos del equilibrio, caracterizada por bucles de retroalimentación internos” (Capra, 1996:103) donde estos bucles funcionan como nexos sistemas vivos con los no vivos, lo cual incrementa los elementos con los que interactúa el sistema, donde su integración adquiere un mayor sincretismo.

2.3. Teoría de Sistemas Complejos

Las explicaciones a los fenómenos ya no son lineales ni universales, tampoco es recomendable fragmentar los elementos que integran a un sistema, pues de lo contrario se estaría aislando al objeto de su contexto. La elaboración de constructos que explican o respondan nuestro mundo, requieren afrontar lo que está enredado, lo complejo, Morín (1990:99-100) señala que complejidad es una visión a la que se llega por vías empírico-racionales que por un lado es incapaz de lograr una certeza absoluta y también recupera la incapacidad de evitar contradicciones. Es decir, se trata de una explicación que se aproxima a la realidad, pero no encierra una verdad absoluta ni exenta posibilidades.

La propuesta que el ofrece para responder a la complejidad es mediante tres principios: tomar en cuenta la contradicción como necesaria y no un error (dialógico), cada parte es causante y causa de ella misma (recursividad organizacional) y el todo está en las partes y viceversa (hologramático). Dichos fundamentos tienen el propósito de reducir el

riesgo que corre el investigador para separar las partes del todo, simplificar el fenómeno y universalizar las explicaciones alcanzadas.

Por otro lado, Rolando García en su obra *sistemas complejos* (2008) explica que la complejidad es una relación que no puede considerar aspectos aislados de un fenómeno, proceso o situación desde una sola disciplina, porque cada elemento está interrelacionado. Mientras que un sistema complejo es “una representación de un recorte de esa realidad, conceptualizado como una totalidad organizada, la cual los elementos no son separables y, por tanto, no pueden ser estudiados aisladamente” (García, 2008:21). Además, señala que investigar un sistema complejo implica abordar aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos donde el investigador trabaja una problemática desde distintos ángulos, pero no separada (García, 2008:47).

Considerando que un sistema complejo analiza una problemática tomando en cuenta factores internos y externos a él, García agrega que hay dos rubros más que tratar. El primero, corresponde a la existencia de niveles que dividen al sistema en subsistemas como factores que intervienen entre los elementos que el investigador analiza. Y segundo, se establecen relaciones interdisciplinarias porque el sistema no tiene un desarrollo uniforme y se puedan llevar a cabo reorganizaciones, cuya labor interdisciplinar no es basada en un conjunto de disciplinas, sino de intercambiar ideas dónde se analiza un problema de formas distintas y se descubren relaciones diferentes (García, 2008:92).

Finalmente, un sistema es una red de elementos que estar interconectados que pueden ser influenciados por factores internos y externos a él. Asimismo, adquiere un carácter complejo porque una problemática puede tener diversas unidades que pueden ser analizadas desde diversos campos, obteniendo diversos datos, posibles respuestas y una apertura a ser sujeto de continuidad, no obstante, el investigador es quien delimita el espectro de su estudio mediante niveles de organización.

2.4. Discursos ambientales

El movimiento ambientalista tuvo un desarrollo paulatino, a partir de la investigación llevada a cabo por el Club de Roma en torno al crecimiento poblacional y su relación con los recursos naturales, hizo evidente, mediante modelos matemáticos, la naciente crisis

ambiental planetaria derivada del acelerado desarrollo industrial y su detrimento hacia la naturaleza⁴.

Miriam Alfie en su obra *democracia y desafío medioambiental en México* (2005) explica dos vertientes introductorias al discurso medioambiental. La primera, aborda el riesgo ambiental, en el cual todos estamos inmersos, por lo tanto, los problemas ambientales no pueden ser aislados y la segunda expone los discursos ambientalistas que ofrecen respuesta al deterioro ambiental “indagar en la lógica de los discursos ambientales se convierte en un elemento esencial para poder comprender la acción de los sujetos e instituciones frente a esta nueva situación de riesgo” (Alfie, 2005:169).

De acuerdo con (Alfie, 2005) estos discursos se clasifican en:

Supervivientes: Señalan como solución la redistribución del poder y una reorganización del perpetuo crecimiento económico.

Status Quo: Los problemas ambientales son sólo tropiezos y los expertos y la administración son los actores que impulsan reformas para mantener el crecimiento económico, sin plantear ningún tipo de transformación. La construcción del cambio social es sumada con asuntos ambientales en torno a intereses económicos.

Desarrollo sustentable: Intentos Imaginativos para resolver el conflicto del crecimiento económico y los valores ambientales. Los conceptos de crecimiento y desarrollo son redefinidos, sin embargo, no existe un consenso de su significado.

Radicalismo verde: Rechaza las estructuras básicas de la sociedad industrial y la forma de conceptualizar el medio ambiente.

Existen diferencias teóricas entre los discursos derivadas de los intereses de cada una, incluso contradicciones entre grupos derivadas de las soluciones que plantea cada uno. Alfie destaca que "el verdadero problema ambiental radica en la falta de información y puesta en práctica de los derechos de propiedad" (2005:182), incluso tiene que ver con el sentido de pertenencia y empoderamiento, es decir, la apropiación y afinidad que tiene un individuo

⁴Aunque uno de los primeros antecedentes de daños al medioambiente tuvo origen con Rachel Carson y su obra *la primavera silenciosa* (1964) por su crítica al impacto del capitalismo al entorno natural y la salud humana por contaminantes químicos, el informe del Club de Roma reveló datos aún más contundentes como la finitud de los recursos y alteraciones en el clima. Posteriormente, se destacó la Declaración de Estocolmo (1972) donde se creó el Convenio Sobre Diversidad Biológica y la Agenda 21 en un intento por “señalar la urgente necesidad de replantear el accionar de las sociedades actuales” (González, 2013:17)

respecto a un grupo y la derivada necesidad de buscar una mejora en su calidad de vida, lo cual está ligado a su desempeño en el medio ambiente dónde se encuentra.

Entre los discursos que poseen afinidad al cambio de un paradigma egocéntrico a uno ecocéntrico, se encuentra la ecología profunda. De acuerdo con Alfie (2005) pertenece al radicalismo verde, se trata de una escuela ecológica, cuyo desarrollo está cimentado en las subjetividades, imágenes y formas de vida que los individuos experimentan. Básicamente considera que ninguna especie es más importante que otra⁵, busca alcanzar una igualdad biocéntrica, “siendo su fin defender, proteger y preservar la vida salvaje y la naturaleza (wilderness)” (Alfie, 2005:189).

Por otro lado, Brenda García en su obra *ecodiseño nueva herramienta para la sustentabilidad* (2008) explica que la ecología profunda surgió de la Revolución Ecológica durante la década de los 60. Esta escuela nace cuando Arne Naess establece dos visiones, una “superficial” de enfoque antropocéntrico y tecnocéntrico⁶ que fue dirigida a la lucha contra la contaminación, pero también buscaba la comodidad y salud de países desarrollados. Mientras que la segunda “profunda” cuestiona los propósitos y valores de la sociedad, asimismo, tiene dos principios básicos: cuestiona la interrelación de todos los sistemas vivientes, aunado a que el antropocentrismo es una idea desviada de contemplar la vida y segundo, el ser humano se identifica con una eco-esfera dónde busca erradicar los daños a la naturaleza, puesto que también se ha dañado a sí mismo.

Esta percepción, de interrelación de sistemas vivientes Capra (1998) la menciona como espiritual debido a que el individuo experimenta un sentido de pertenencia y de conexión con del cosmos como un todo, en su más profunda esencia, lo cual hace referencia a la sabiduría, reflexión y diálogo entre las personas que “no se consigue con una mera acumulación de datos que termina saturando y obnubilando, en una especie de contaminación mental” (La Santa Sede, 2015:15). Dentro de este marco, el enfoque de ecología profunda adopta una postura ecocéntrica y holística que aborda la realidad como un problema complejo por su interrelación e interdependencia de componentes ambientales, sociales, culturales,

⁵Dicha moción es respaldada por el Convenio sobre Diversidad Biológica, el cual “reconoce el valor que está tiene como uno de los indicadores de sostenibilidad, además de su valor intrínseco para la evolución y mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida de la biosfera” (González, 2013:15).

⁶Se basa en los principios de progreso, eficiencia, racionalidad y control para el manejo del medio ambiente mediante la ciencia y la tecnología (García, 2008:18)

políticos, científicos y tecnológicos para mitigar los daños a la naturaleza García (2008) y (Torres *et al.* 2011).

Este proyecto de investigación se basa en la ecología profunda en primer lugar porque uno de los objetivos que persigue es promover la conservación de especies animales silvestres que están ligadas tanto a sus ecosistemas naturales como a ecosistemas industriales. En segundo lugar, difiere del rechazo a la industrialización, porque el fin que se persigue es el diseño de un objeto, cuya producción está ligada a dinámicas productivas, por lo tanto, sujeto a normatividades de producción industrial, asimismo, se enfatiza en el valor intrínseco de otras formas de vida a través de la sensibilización del diseñador al conceptualizar un objeto que impacte positivamente el entorno donde sea instalado; buscando remediar y reducir el desplazamiento de otras formas de vida, a través de las aves rapaces, en espacios urbanos y revalorice a otras formas de vida por su valor intrínseco; las reflexiones de ecología profunda buscan una valoración de los otros organismos que dependemos por su valor intrínseco y no solo nuestro beneficio propio (García, 2021).

2.5. Sustentabilidad ambiental y diseño

El cambio de paradigma egocéntrico, donde el ser humano se apropia de elementos animados e inanimados para satisfacer sus necesidades y mejorar su calidad de vida, comenzó a ser develado no solo por los daños en el ambiente, también porque hubo un incremento en la desigualdad social y demanda por los recursos. Visto de esta forma, la crisis ambiental no solo es producto de una acelerada industrialización y apropiación de recursos finitos, también lo es por “las políticas de Estado que sólo consideran los problemas individuales y privados, no son sensibles a su interdependencia con los problemas colectivos y generales” (Torres *et al.* 2011:164).

En este sentido, la sustentabilidad ambiental vincula una lógica integral de lo social, económico, político y cultural basado en la relación humano-ambiente para interrelacionar saberes y adquirir un mayor compromiso al determinar cambios en los valores humanos a través del aprendizaje social, hecho señalado por Maturana y Varela en su obra *el árbol del conocimiento* (2003) donde destacan que la confianza básica de unos en otros, es la base fundamental del vivir social y la necesidad del ser humano por formar parte de grupos y operar en consenso.

Estas operaciones han promovido el desarrollo científico y tecnológico que abundan en la generación del conocimiento y fortalecimiento del mundo material, el cual corresponde con las prácticas del diseño, definido por Papanek en su libro *diseñar para el mundo real* (2014) como una actividad encaminada para resolver un problema con respuestas significativas, que pueden ser positivas o negativas, que convergen en acciones y relaciones dinámicas en torno a la función⁷.

Sin embargo, las resoluciones de esta disciplina han repercutido negativamente; particularmente aquellas desarrolladas por el diseño industrial por su inherente propósito de comercialización a gran escala. “El diseño industrial nació, concretamente, durante la Depresión de los años treinta, con el fin de ayudar a la industria a reducir los costes y mejorar la apariencia del producto” (Papanek, 2014:111-112). Estas prácticas dominantes propiciaron un desapego del ser humano con la naturaleza, entre grupos sociales, incluso favorecieron los procesos productivos, estrategias empresariales y la renegociación de leyes ambientales promulgadas para mermar el discurso ecologista (Alfie, 2005).

Esta renegociación, coincide con el diseño superficial que promueve la producción y consumo basados en un enfoque tecnocéntrico. El contexto de sus orígenes mejor enmarcados los explica Brenda García (2008), donde el ecodiseño surgió como un enfoque decisivo a generar novedosas estrategias de producción que beneficiaran la dinámica económica y ambiental masiva. En la década de 1980 emergió la significación “verde” para describir la preocupación de la población general y políticas europeas por el desequilibrio ambiental; haciéndose popular por los medios de comunicación en primera instancia con propósitos comerciales. Asimismo, retomó la clasificación de Pauline Madge (1997) tres posturas basadas en tonalidades verdes con base en la división de intereses; donde las más oscuras, refieren un grado de manejo profundo orientado a la recuperación y manejo del entorno; mientras que las tonalidades claras, van dirigidas a un uso comercial y escasamente a la creación de buenos bienes de consumo:

El verde claro: refiere al primer tono desarrollado por y para conformar una perspectiva superficial las cuestiones ambientales con fines de beneficio económico.

El verde medio: tiene un nivel de reflexión hacia el medio ambiente, abordando una ética de responsabilidad a través de la optimización de recursos en el ciclo de vida del producto.

⁷Llamamos función del diseño a la manera en que este cumple su propósito (Papanek, 2014:30)

El verde oscuro: el nivel de reflexión es más profundo y está encaminado al desarrollo de productos, servicios y escenarios sustentables.

La importancia por identificar los matices verdes en diseño radica en el nivel de conciencia que adquiere el individuo en el desarrollo de actividades socioambientales y la búsqueda de modificar los resultados que son aplicados a los sistemas de producción y que impactan en el ambiente. Por consiguiente, el diseño industrial, ahora es una disciplina también que ha generado conciencia ambiental a través de su ética profesional como una doctrina en la que se genera una cultura material y objetual en la sociedad a través de los usuarios; lo que implica una reestructuración de las funciones del diseñador para trabajar con los auténticos usuarios de los dispositivos, utensilios y ambientes que diseña (Papanek, 2014).

En relación con lo anterior, el diseñador adquiere su participación para el manejo y desarrollo de productos, servicios y escenarios en pro del medio ambiente; que surge de la necesidad por entablar una actividad respetuosa, al ofrecer soluciones en el manejo de recursos y transformación de los mismos. Es así que el ecodiseño⁸, es un enfoque dirigido al desarrollo de un producto nuevo que busca evaluar y planificar el resultado deseado en un objeto con funciones mejoradas y una mejor respuesta en la regulación ambiental, cuyo proceso “solo se puede lograr dentro de los equipos de diseño, y de forma satisfactoria son armonizados durante las primeras etapas en la concepción del producto” (González, 2013:73).

Aunque en esta investigación no profundiza en criterios del ecodiseño, se considera importante conocer y abundar el proceso de transición que ha hecho la práctica del diseño industrial de una disciplina, cuya finalidad era únicamente fines utilitarios de producción y consumo ahora, se adopta una conciencia ambiental que innova en prácticas que reconozcan la importancia del medio ambiente, fortalecimiento de valores humanos, relaciones sociales, la preservación de la vida y relación interdisciplinaria con otros saberes para enfrentar la crisis ambiental “usar nuestras habilidades técnicas para remediar los males de la Tierra y no solo los males de los seres humanos” (Lovelock, 2007:207).

⁸Esta postura se encontró respaldada por la Ecología Industrial (IE), definida (...) como el modelo de actividad productiva que contribuye a la consecución del Desarrollo Sustentable (García, 2008:33)

Es evidente que las concepciones de un producto tienen mayor peso desde el diseño, esto no significa que otras disciplinas y áreas del conocimiento deban ser aisladas. Incluso, la noción del diseño encaminado a la mitigación de impactos nocivos al ambiente, ha constituido un amplio desarrollo y constante reconfiguración en metodologías de proyección, procesos productivos, análisis de usuarios, entre otros que son guiados a la participación interdisciplinaria en el campo de acción conocido como diseño ambiental, el cual tiene dos orígenes: “el objetivista, se atribuye a los objetos materiales de que son hechos los objetos y espacios de uso humano y el subjetivismo, que se origina en la mente de los individuos y se manifiesta en la asignación de valores y preferencias, reales o virtuales, por el uso y ocupación de los propios objetivos y espacios” (Torres *et al.* 2011:170).

Visto de esta forma, se incorpora el diseño de refugios artificiales, como parte de esta propuesta proyectual que abunda en el carácter objetivista al replantear la forma de conceptualizar un objeto que se basa en lineamientos técnicos, análisis de usuario, formas, entre otros y conceptualizar subjetivamente, mediante la asignación de preferencias por parte de sus usuarios primarios.

2.6. Arquitectura ecológica

La relación del ser humano con la naturaleza, no solo se basa en la creación de objetos o manipulación de los mismos, también existe una estrecha relación con la planificación de espacios habitables. Una dinámica común con especies animales, ya que ellos desarrollan refugios para resguardarse de factores externos de su entorno inmediato que puedan dañarlos. En este sentido, la arquitectura es una disciplina dedicada a la planificación de espacios para desarrollar entornos habitables; con una meta en común con el diseño, ser la base de toda actividad humana a través de un proceso dirigido al cumplimiento de una meta Papanek (2014).

Respecto a la relación del medioambiente con la arquitectura y el diseño de productos, está se basa en que ambas son disciplinas tradicionales en la proyección del mundo material que conjuntan el medio ambiente natural y social que le rodean (Torres *et al.* 2011:168). Dado que vivimos en una crisis ecológica que amenaza la subsistencia del patrimonio natural y cultural “nuestro objetivo debe ser detener el consumo de combustibles fósiles tan pronto como sea posible y cesar en la destrucción de hábitats naturales en todo el mundo” (Lovelock, 2007:32).

En este sentido, Ching y Shapiro en su libro *arquitectura ecológica un manual ilustrado* (2015) describen que este campo de arquitectura ecológica está enfocado en plantear novedosas estrategias para proyectar y construir instalaciones habitables o edificaciones que reduzcan el consumo de materiales tóxicos, costos de planificación o desarrollo estructural que consuman menos energía, asimismo, destacan que un proyecto arquitectónico, no es simplemente aditivo, sino es integrado y orgánico. En su propuesta, detallan las premisas, objetivos, protección de espacios vulnerables, el desarrollo de edificios tomando en cuenta datos contextuales (referentes al clima, geografía y latitud) del lugar donde se hará la demarcación del edificio o unidad habitacional, cargas y presiones del exterior que afectan los bordes externos del edificio), materiales ecológicos y métodos para el aprovechamiento de energías renovables. Aunque la mayoría de los fundamentos de esta disciplina se enfocan en la proyección de espacios habitables, se recuperaron las bases ecológicas y manejo del patrimonio natural, porque se enmarcan dentro de la sustentabilidad ambiental y comparten principios generales del manejo de paisaje que se interrelacionan con el diseño de refugios artificiales, tanto estructuralmente como sustancialmente.

Las premisas, consisten en imaginar la estructura en su contexto y pensar en la integración comunitaria, con el propósito de proteger espacios vulnerables y promover su aprovechamiento, optimización de gastos económicos y energía añadiendo el comportamiento que tenga el edificio en función de las condiciones ambientales en las que se encuentre inmerso. En cuanto a objetivos, los clasificaron en tres rubros: el primero consta de los objetivos generales de la disciplina, el segundo en la reducción de contaminantes, gestión del uso de suelo y ecosistemas; y el tercero abunda en aspectos globales que se interrelacionan constantemente, ver la Tabla 1.

Tabla 1. Objetivos de la arquitectura ecológica.

Disciplinares	Reducción de contaminantes y manejo	Globales
Mitigar las emisiones de gases	Reducir contaminación del aire, agua, suelo y lumínica	Económicos y políticos
Minimizar el impacto ambiental resultante de la extracción de carbón, gas natural y petróleo	Proteger las fuentes de agua potable, hábitats naturales, diversidad biológica, especies amenazadas y cobertura de suelo	Carácter social
	Evitar la conversión innecesaria de suelos agrícolas a usos no agrícolas	Necesidades del espíritu humano

Fuente: Elaboración propia con base en (Ching y Shapiro, 2015)

La profundidad en la disminución de contaminantes y gestión de recursos, son resultado de interacciones transitorias entre la naturaleza, los grupos sociales que se desarrollan en función de sus necesidades de abastecimiento y la revalorización de espacios naturales perturbados o abandonados, que son susceptibles de recuperación bajo dinámicas participativas que integren a la comunidad enmarcadas en un mismo sistema socioecológico. Es por eso que, (Ching y Shapiro 2015:40) definieron las características de un espacio vulnerable y clasificaron las zonas que se pueden manejar, tomando en cuenta el respeto de los remanentes naturales, delimitación de una faja de protección y el desarrollo de actividades que fomenten la adopción de integración comunitaria corresponsable con el medio ambiente. Los *espacios vulnerables*, suelen estar definidos por normativas e incluir áreas de un elevado valor agrícola, zonas verdes inundables y protegidas, hábitats de especies amenazadas o en peligro de extinción, sistemas de dunas, bosques primarios y masas a agua.

En cuanto a las zonas, éstas se clasifican en:

Verdes: se definen como aquellas que nunca han sido urbanizadas

Urbanizadas de baja intensidad: zonas industriales o comerciales abandonadas o con baja intensidad de uso y con problemas de contaminación reales

Urbanas degradadas: áreas urbanizadas sin problemas de degradación o contaminación, pero con residuos visibles de infraestructura en desuso

Urbanizadas: cuentan con infraestructuras urbanas, que no corresponden a ninguna de las definiciones anteriores

Es de gran importancia abundar en la arquitectura ecológica porque los objetivos que plantea son proyectuales, aplicables al manejo de paisaje y planes estratégicos de habitabilidad que favorecen la protección de espacios naturales, diversidad biológica y recuperación de zonas abandonadas dentro de las ciudades; una dinámica acelerada y en incremento. En este sentido, las demandas de productos, servicios y recursos están alcanzando una demanda que está por encima de la capacidad de la Tierra, lo cual conlleva al desplazamiento de diversas especies de flora y fauna fuera de sus hábitats. Es así que el diseño de refugios artificiales se integra como una alternativa material y subjetiva a la protección y conservación de especies que son patrimonio natural, poseen un valor por sí mismas y existe una integración disciplinar para afrontar la crisis ambiental global.

III. MARCO REFERENCIAL

3.1 Diseño y naturaleza

El diseño industrial ha sido catalogado como una disciplina que ofrece soluciones optimas a través de la producción de objetos o brindar servicios que toman en cuenta las necesidades, no obstante, su función va más allá de aquello que es utilitario y económico. Quizá el punto de inflexión es que el diseñador industrial desarrolla diversas técnicas para la proyección de sus ideas, que responden a un determinado contexto y con apertura a encontrar resultados inesperados. Vanden (2018) al igual que Papanek (2014) expresan que el diseño es una actividad de síntesis, significativa que converge en acciones y relaciones dinámicas en torno a la función. Sin embargo, el primer autor enfatiza que diseñar también involucra el uso de los sentidos, por lo tanto, es dinámico y propositivo.

Si bien el diseño industrial refiere la solución de problemáticas sobre necesidades humanas en cuanto a objetos y espacios, también el empleo de su praxis muestra el conocimiento del manejo de materiales y obtención de una fuente de inspiración, la cual proviene en gran medida de la naturaleza y esta es universal. En este sentido, Vanden (2018) señala que la propia naturaleza posee un lenguaje de organización y que, a través de la mayoría de sus objetos, responde a funciones en el contexto que los define de un modo económico, con coherencia funcional, estructural, y formal que se manifiesta en su organización micro y macroscópica. Este lenguaje de organización ha sido clasificado en cuatro grupos a saber:

Formas básicas: Se trata de los arquetipos que subyacen en los productos antrópicos y son comunes en todas las culturas y tiempos

Operaciones: Referidos como la combinación de formas que, interrelacionadas entre sí, cumplen una función determinada

Patrones naturales: Son los principios constructivos que permiten la interacción de energías internas y externas que generan una estructura a partir de la unión de formas básicas.

Esquemas de organización de recursos: Consiste en la unión de segmentos que permiten distribuir recursos con un sentido direccional, cuya unión solo se da en un solo segmento.

Esta clasificación permite identificar los arquetipos esenciales, comunes y subyacentes en las formas y los esquemas de organización inherentes a la naturaleza, cuyo origen es complejo. No obstante, el ser humano ha deducido una estructura compleja a una

forma más elemental, que al interactuar con otras adquiere un sentido de función; por lo tanto, estos patrones son los que permiten la proyección de objetos. Asimismo, Vanden (2018) hace una decodificación de estos patrones (Anexo 1).

Los patrones formales de diseño se clasifican en cuatro grupos, donde cada uno tiene atributos distintivos que en conjunto integran los atributos formales de diseño. Dicha categorización hace referencia a un lenguaje universal, basado en formas básicas. Esta noción también puede aplicarse como un lenguaje común entre humanos y animales. Puesto que tienen la capacidad para interpretar formas, lo cual es útil para obtener una aproximación de las pautas que utilizan en la búsqueda y apropiación de un refugio.

Estos elementos propuestos y definidos por Vanden (2018) serán abordados como los patrones formales del diseño paralelamente, se propone la siguiente definición: son arquetipos comunes de la naturaleza que son codificados al lenguaje objetual, a través de combinaciones, distribuciones organizativas y confrontaciones dinámicas subyacentes en estructura y función.

3.1.1. Biofilia, biodiseño y biomimética

El lenguaje de naturaleza ha sido abordado de diferentes maneras, como la integración de sus colores, gran diversidad de formas de vida, materia y energía que en conjunto son un todo equilibrado y capaz de evolucionar en aras de preservarse a sí misma. Dicho idioma es común y trascendental. En lo que al ser humano concierne, este es quien más ha transformado su entorno para bien o para mal. Al ser una forma de vida -quizá más avanzada intelectualmente- no está aislada de responder a principios biológicos.

En particular, la biofilia abunda en este aspecto como un rasgo inherente del ser humano ligado al gusto y afiliación con la naturaleza, de acuerdo con (Kellert y Calabrese, 2015), se trata de una inclinación del ser humano por responder a principios biológicos que repercuten positivamente en la salud y bienestar mental, cuyo resultado es una materialización artificial.

El vínculo con la naturaleza sumada a la inteligencia puede generar el conocimiento para descubrir la esencia natural de un organismo o espacio, a través de la observación, análisis y finalmente generar un conocimiento novedoso aplicable a diseño a partir de una conexión, para el reconocimiento del entorno cotidiano. Por lo tanto, hablar de biofilia, es inspeccionar el entorno natural que rodea al individuo, la búsqueda de un entendimiento

integral y consecuentemente su aprovechamiento para generar soluciones novedosas, equilibradas con otros organismos.

Combinar el conocimiento biológico con la dinámica sintética característica del diseño desencadena una serie de soluciones alternativas a problemáticas que requieren proteger la vida. Estas, pueden ser comparadas con el diseño que generan los animales, basadas en la preservación de su vida, es equilibrado y no hay desperdicios García, (2007).

Esta analogía basada en principios biológicos, encontrados en los organismos, es la clave para generar soluciones novedosas, a través de procesos de análisis e interpretación de datos naturales y su traducción como fuente de soluciones novedosas en diseño en cuanto a formas, sistemas y materiales dirigidos en la proyección de soluciones objetuales que busca esa misma preservación y uso de recursos.

Esta postura asume un carácter técnico de manejo humano, es decir, el punto de partida es la inspiración en la naturaleza, las interpretaciones y efectos de las mismas provienen del trabajo del ser humano en su totalidad. Además, Égido (2018) señala que el proceso del biodiseño es la implementación de la evolución biológica a los métodos del diseño industrial, mediante cuatro fases que se enlazan una con otra:

Entidad biológica: El motivo de inspiración en su totalidad o un extracto del mismo, tomando en cuenta aspectos externos como la estructura, fisiología, función, morfología e incluso su relación ecológica, la cual puede ser entendida como diseño de concepto.

Modelo descriptivo: Es la definición de los principios de funcionamiento del organismo.

Modelo abstracto: Extracción de los principios que rigen a la entidad biológica, traducidas a términos de diseño; para su posterior empleo.

Aplicación del diseño: La solución puede adquirir características semejantes, procesos o soluciones basadas en el diseño de concepto que es diferente a la original.

En síntesis, la interpretación es desarrollada por el diseñador, quien combina y asigna los datos científicos, distribuye las fases de su proceso creativo, asocia los caracteres naturales con estructuras tecnológicas, hasta obtener una propuesta conceptual fresca. De acuerdo con este modelo la primera fase corresponde a la biomimética, la segunda a la biónica y las últimas dos, pertenecen al biodiseño.

Dicho lo anterior, si bien la propuesta de este autor es clara en la integración de conceptos, también lo es que esta investigación busca comprender las soluciones dadas por

los animales y no solo el proceso proyectual del ser humano en sí. Sin embargo, el diseño de concepto es una abstracción que animales y humanos tienen en común, porque ambos retoman elementos contextuales. En este sentido, el biodiseño es el proceso que adoptan los animales para resolver problemáticas que involucra sus rasgos biológicos característicos, inteligencia y el aprovechamiento de los recursos de su entorno (García, 2007).

De este modo, los animales son quienes llevan un proceso de razonamiento y generan tendencias de soluciones eficientes de acuerdo a sus necesidades. Un ejemplo, es la destreza de algunos animales para llevar a cabo la construcción de sus refugios, la precisión y complejidad de sus estructuras, les ofrece el resguardo esencial para sobrevivir, cumpliendo el mismo principio que la arquitectura para los seres humanos (Pallasmaa, 2001; García 2007). Conforme a lo anterior, el biodiseño es el desarrollo de soluciones a partir de principios encontrados en la naturaleza, cuya aplicación en diseño es creativa, eficiente y equitativa con el entorno.

En cuanto al procedimiento, se habla de tres estadios que integran al biodiseño ordenados referentes al estudio del resultado evolutivo y las capacidades cognitivas de los animales, llamados: Protodiseño animal, Cuasidiseño animal y Diseño animal “este tipo de clasificación la considero válida para establecer una organización en las propuestas generadas por los animales, así como para generar correlaciones entre estas y el diseño humano” (García, 2007: 206). Asimismo, analiza las estrategias de manejo sobre los instrumentos que emplean para crear sus refugios y el aprovechamiento que hacen de su imagen, como un grado de desarrollo. Las características de cada etapa son las siguientes:

Protodiseño animal: Se caracteriza por mostrar soluciones sencillas y esenciales a una problemática a partir de un comportamiento natural.

Cuasidiseño animal: Resalta la calidad y composición que presenta este tipo de solución (materializable).

Diseño animal: Representación dotada de propiedades del organismo en sí, es decir el animal genera una obra, basados en su capacidad cognitiva y provista por su esencia (formas, colores y recursos tomados del entorno).

Este modelo de biodiseño se integra por dos bases, la primera el aprovechamiento de los recursos al alcance del individuo (instinto) y segundo la generación de un producto (pensamiento), sustentado con los elementos que representan unidad, apariencia y el tipo de

forma. Este modelo toma al animal como objeto de estudio basado en su comportamiento y conocimiento, a través de un análisis técnico-productivo de las resoluciones que genera, las cuales pueden ser comparadas con procesos humanos.

En esta investigación, se considera muy importante abordar la propuesta de García (2007) porque toma en cuenta las soluciones y manifestaciones que los animales dan a sus necesidades ecológicas. Se abordan como condicionantes que guiarán el proceso proyectual dirigido al diseño de habitáculos artificiales enfocados en el usuario primario animal, basados en el lenguaje de patrones formales para su creación. Mientras que el diseño de concepto propuesto por Égido (2018) será el canal comunicativo que integrará las vertientes del diseño animal con el humano para sistematizar información y correlacionados en la búsqueda de crear modelos y proponer los requerimientos base para diseñar refugios artificiales para aves rapaces.

3.2. Refugios artificiales para fauna silvestre

La relación del ser humano con los animales, en un principio y en mayor medida, ha sido basada en fines utilitarios, ya sea como alimento, instrumento, abstracción o recreación. Fraser (2015) menciona que paulatinamente este trato se ha transformado, a partir de la industrialización que trajo, en mayor medida, la restricción de su libertad. Esta situación dio origen a ideas radicales, referentes a los derechos animales, liberación y búsqueda de [calidad de vida⁹] para aquellos resguardados bajo el cuidado humano. La conservación, se considera como la tercera etapa que responde a la destrucción de sus hábitats, contaminación, introducción de especies invasoras, entre otros. En ella se toma en cuenta el tamaño de la población humana junto con los habitantes no humanos (Fraser, 2015).

Es por ello que el diseño de refugios artificiales responde a la necesidad de la fauna silvestre, que habita en entornos urbanos, de beneficiarse un espacio donde pueda descansar o resguardarse, además, adopta dos propósitos importantes: primero la creación de un ambiente flexible para que los animales cuenten con suficiente espacio, dinámicas

⁹“se refiere al estado animal que incluye las sensaciones y sentimientos subjetivos que experimenta como resultado de su salud física y las influencias conductuales” (Mellor, 2015:18). Que, además, requiere un enfoque estructurado para evaluar y manejar el bienestar animal

desafiantes y manejen sus conductas libremente y segunda, el ser humano interactúe con las especies de manera segura, lo cual es manifestado por Mellor *et al* (2015).

Respecto al diseño hay dos referentes el diseño de exhibidores en zoológicos y acuarios o también llamado diseño de hábitats¹⁰ y diseño de refugios artificiales para la biodiversidad urbana, está asociado con el mejoramiento del paisaje en ambientes construidos. En cuanto al diseño de hábitats, Del Valle (2021) menciona que se basa en una estructura general conformada por:

Planeación: Es a partir de la definición de especie, tomando en cuenta los requerimientos de hábitat, información sobre su procedencia, comportamiento, alimentación, espacio que requiere y la determinación de apertura al público.

Seguridad: Dirigido a animales (contra fugas y depredadores), personal, público y protocolos de seguridad en caso de emergencias como incendios o sismos

Bienestar: El hábitat se debe ajustar a la especie, debe ser lo más parecido al medio natural

Estética visual: Debe respetar los elementos naturales básicos y la proximidad con el hábitat.

En tanto, Gunnell y otros en su libro *Designing for biodiversity* (2019) explican que los principios para diseñar refugios dirigidos a la biodiversidad urbana se clasifican en dos: generales en cuanto a peso, dimensiones, materiales de fabricación, contexto especie objetivo y asociadas; y aquellos que buscan mejorar el diseño del paisaje en espacios urbanos, cuyo contenido abunda en la ubicación de hábitats, mantenimiento de vegetación nativa, creación de nuevos hábitats o provisión de hogares artificiales, conectividad (fragmentos de paisaje que favorecen la movilidad de humanos y animales), especie objetivo (especies silvestres locales y de categoría de riesgo relevante), plantación de vegetación nativa, infraestructura verde, luces artificiales y el involucramiento de la comunidad. Donde el primero enfatiza en el diseño de la estructura que conformará el refugio tomando en cuenta la especie, materiales y contexto basándose en la función, no obstante, el segundo es integral porque el refugio es

¹⁰También llamado diseño de hábitats, el cual se basa en dos enfoques para proyectar y realizar exhibidores 1) la inmersión del paisaje: incorpora los componentes naturales y culturales del lugar de origen de la especie y 2) ecología abstracta: toma elementos o patrones comunes del entorno, como árboles y analiza la interacción con el usuario Mellor et al. (2015). Mientras que los criterios consisten en: Definir las características ambientales según la especie, cumplir con las necesidades físicas-conductuales [que promuevan la curiosidad e interacción], accesibilidad al personal de zoológicos y acuarios en la participación, manutención, cuidado, entrenamiento y monitoreo institucional

una pieza que se integra a un medio físico, se asocia con la biodiversidad regional, se vincula con una comunidad y promueve el mejoramiento urbano.

El diseño de estos espacios es un referente de la conjunción disciplinar en torno al diseño de paisaje, ecología y biología, cuyo objetivo es ofrecer entornos artificiales dinámicos, regulados, monitoreados y pensados para potencializar la interacción que hay entre sus usuarios. Desde esta perspectiva transdisciplinar que busca equilibrar la relación humano-animal, se considera importante desarrollar parámetros aplicables en la disciplina del diseño industrial como una contribución a la creación de hábitáculos artificiales que puedan ser implementados en zonas urbanas dirigidas a animales silvestres, debido a que son un grupo que requiere tomar medidas inmediatas ante la escasez de sitios de refugio.

3.2.1. Herramientas cognitivas de las aves

Un hecho relevante que abordó (Mellor *et al.* 2015) es la experiencia animal, señala que hay evidencia científica que proporciona información referente a la percepción circunstancial de la fauna silvestre para resolver sus necesidades, la cual está basada en la conducta que tiene. Asimismo, refiere que mamíferos y aves son una fuente valiosa de información porque hay especies que se han estudiado en buena medida, aunque algunas otras no. Birkhead (2018) expresa que el vínculo entre el ser humano y las aves es más fuerte que con cualquier otro animal, incluyendo mascotas, el motivo es la dependencia del sentido de la vista y el tacto, el movimiento bípedo y los hábitos, en su mayoría, diurnos. No obstante, estos animales han evidenciado que poseen extraordinarias habilidades adaptativas.

Estas similitudes con el ser humano son quizá elementos que les han permitido desarrollar la cognición, como una cualidad que ha favorecido la adopción de diferentes estrategias que responden exigencias ecológicas. Nathan (2017:12) sugiere que la cognición “refiere el procesamiento, almacenamiento y retención de información en distintos contextos”, además, estas pueden influir en cinco aspectos que están asociados a una red de conocimiento social¹¹, cuyo objetivo es alcanzar una valoración emocional y toma de decisiones; cada una representa una necesidad que es solventada por diferentes métodos. En

¹¹ Se trata de una teoría que toma en cuenta el funcionamiento de ciertas regiones del cerebro en las aves: entopalio, mesopalio o el nidopalio [que están asociados al Palio, cuya función es procesar información a través de áreas involucradas con la percepción, aprendizaje y cognición] que requieren un sistema neuronal extra que les permitan tomar decisiones sociales. (Nathan, 2017)

la Figura 1 se muestra el esquema de los seis aspectos, cuya respuesta conductual, se basa en los desafíos ambientales y sociales.

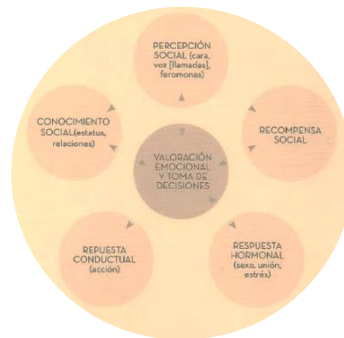


Figura 1: Fases del procesamiento implicadas en la toma de decisiones
Fuente: Nathan (2017)

Este procesamiento, evidencia que las aves no solo se limitan a la fisiología, sino que también las transformaciones en el ambiente han ocasionado una revolución en el desarrollo de habilidades que tienen estos animales para planificar y ajustar sus estrategias. Nathan (2017) refiere que hay tres criterios conductuales que demuestran que planifican: contenido-elementos individuales de un evento futuro; qué, dónde, cuándo-, estructura-elementos prospectivos- y flexibilidad-ajustes a circunstancias no previstas-.

De modo que, la flexibilidad es el resultado final de la planificación, no obstante, es la primera herramienta cognitiva, habilidades para procesar eficientemente la información ambiental. “la cognición compleja se compone de al menos cuatro herramientas cognitivas: flexibilidad, imaginación, prospección e inferencia causal” (Nathan, 2017:181). A continuación, se explica brevemente en qué consiste cada una:

Flexibilidad: Herramienta que permite cambiar o actualizar estrategias cuando cambian los contextos

Imaginación: Búsqueda de soluciones mediante prueba y error mental

Prospección: Pensar a futuro y planificar otras alternativas, requiere la suma de las herramientas anteriores

Inferencia causal: Noción de resultados previsibles. La clave es transferir el aprendizaje adquirido en un contexto y adaptarlo a otro, donde las reglas puedan funcionar.

Esta propuesta, deriva del desarrollo de habilidades que conjunta la fisiología y la conducta de las aves para dar respuestas. La gran virtud de las herramientas cognitivas es que permite a las aves hacer frente a los cambios abruptos que enfrentan. De modo que, estas

estrategias pueden ser el puente biológico que asocie el comportamiento y atributos inherentes de las aves con el lenguaje formal del diseño y los atributos que tienen como usuarias, en particular de habitáculos artificiales, lo cual permitirá proponer cambios en el proceso proyectual para el desarrollo de estructuras o espacios que busquen optimizar el uso de materiales, de suelo y creación e implementación de planes de acción que promuevan vínculos con la naturaleza y preservación de la vida.

3.2.2. Refugios para aves urbanas

En un principio se les denominó cajas anidaderas a los espacios artificiales que fueron creados para atraer u ofrecer sitios de descanso o anidamiento a diversas especies de aves, Muñoz (2014) sostiene que estos artificios fueron instalados con al menos tres objetivos: fines conservacionistas, investigación y control de plagas.

En función de la búsqueda de novedosas soluciones, la arquitectura aviaria es parte de una estrategia que conjunta amenazas, aprovechamiento de recursos naturales locales, particularmente plantas autóctonas, en la transformación de espacios en beneficio de las aves, que les proveen mayores oportunidades de supervivencia en un paisaje urbano, manifestado por la *National Audubon Society*¹² (2020).

La creación de comunidades en función de la arquitectura aviaria o arquitectura para las aves es comprendida como: la construcción de estructuras artificiales como pajareras, madrigueras, plataformas o torres de descanso (National Audubon Society, 2020), cuyas alternativas pueden denominarse refugios o habitáculos artificiales que son diseñados para combatir la reducción de sus poblaciones y fomentar que las especies retornen a los sitios en que alguna vez habitaron.

En esta investigación se propone utilizar la expresión de refugios artificiales en un sentido integral de artefactos que están asociados al diseño de estructuras vinculadas al proceso proyectual, manejo de materiales, métodos de construcción de bajo impacto¹³ y uso

¹²Es una organización estadounidense con más de un siglo de acción trabajando en pro de la conservación ambiental y conectando a comunidades con la naturaleza alrededor de todo Estados Unidos a través de una extensa red de más de 47 centros de naturaleza y más de 465 capítulos y 28 oficinas estatales en la unión americana. La organización con sede central en Nueva York (...) con un creciente impacto hemisférico a través de sus alianzas con más de 19 socios en América Latina y el Caribe, centra su misión en la protección de las aves y sus hábitats en beneficio de la humanidad y de la diversidad biológica de la Tierra (Aperry, 2013:1)

¹³Si bien se trata de una generación de refugios artificiales enmarcados como productos potenciales de producción industrial; es importante considerar que las dinámicas industriales en las cuales se diseñan para la

alternativo de recursos digitales que pueden estar o no asociados en programas de investigación, educación, o conservación de aves urbanas. En este sentido, el uso de tecnologías digitales está asociada a los objetivos conservacionistas y de investigación que buscan fomentar el desarrollo comunal equilibrado entre aves y ciudad. Crear espacios artificiales como pajareras, refugios o casas para aves de un modo innovador y con diseños llamativos, impulsa al diseño mismo a utilizar materiales y métodos de construcción ambientalmente sustentables y accesibles (Legendary Bird Home, 2019).

La revisión referente a los refugios artificiales para aves se hizo bajo una dicotomía del tipo de estructura que fue conceptualizada, desarrollada o implementada, a partir del criterio de colocación: elevada o implementación a nivel de piso o suelo. A continuación, se presentan algunas propuestas documentadas, con base en la identificación de criterios divididos en dos categorías diseño y biológicos. A fin de contrastar las pautas conceptuales que aportaron y los materiales que adoptaron los diseñadores, arquitectos, artistas y biólogos creadores de habitáculos artificiales. En la Tabla 2 se recopiló información en torno al primer grupo.

Tabla 2. Atributos de diseño para desarrollar refugios artificiales con base en propuestas.

Título	Diseño de concepto Ev = Estructura elevada Nps = Nivel a piso/suelo	Proceso proyectual o productivo	Materiales
Pingüino Rey	Isla de cúpula geodésica, Nps	Principios biomiméticos	Aluminio, PVC, polímeros electroactivos y cartón corrugado
Aurora	Elementos esféricos y huecos Nps	Construcción de diferentes modelos, uso de principios biomiméticos	Ramas, barras de acero y cuerdas
Knoest	-Patrón único de trapecios Ev	Vaciado en molde con materiales biocompuestos	Viruta de corteza, aserrín y paja de trigo

obtención de productos que deben tener la misma aceptación, que aquellos implementados por los ecosistemas naturales (Aguayo *et al.*2018:38)

The Burrow	Círculos concéntricos y rectángulos	-Uso de software para el diseño paramétrico: Grasshopper Rhino y corte láser o CNC	Bambú predoblado, madera contrachapada, adobe con paja, aluminio y alambre
Domik Ptashki	Óvalos Ev	Algunas piezas se fabricaron en torno, utilizó el enfoque <i>Design Thinking</i> y denominó al refugio artificial como <i>Eco-birdhouse</i>	Madera
Birdly Cradle	Patrón de uso: rectángulo Ev	Mezcla de hojas y micelio, uso de molde para crecer la mezcla y secado	Micelio y hojas naturales
---	Diseños a base de espiral Nps y Ev	Trabajo artesanal	Ramas, troncos y árbol de eucalipto

Fuente: Elaboración propia con base en Crane (2018), Bergmann (2020); Schwendinger (2020); Vriendt *et al.* (2020); Kyriakou (2020); Catani (2020) y Dydykin Studio (2021).

Con base en esta clasificación de atributos, se identificaron tres momentos clave para desarrollar propuestas de habitáculos artificiales: el primero alude a un modelo abstracto del cual se retoman algunas cualidades basadas en formas, distribución de espacios o una función determinada. El segundo, proporciona una aproximación final de la implementación en la producción o desarrollo de propuestas finales y el tercero enmarca la diversidad de materiales asequibles, cuya selección destacó propiedades biodegradables.

El segundo grupo corresponde al ámbito biológico, donde este sector si bien ha utilizado principios básicos de diseño, mediante la definición de materiales y parámetros, para desarrollar refugios artificiales, también ha agregado criterios vinculados a las necesidades de las aves. En la Tabla 3 se muestra una clasificación de los refugios artificiales desarrollados por algunos grupos investigadores e instituciones, se hizo énfasis en la provisión de madrigueras artificiales para el tecolote llanero.

Tabla 3. Atributos identificados desde el campo biológico para crear refugios artificiales.

Proyecto	Materiales	Parámetros
Anidación	-Caja de tendido eléctrico -Concreto -PVC	-Temporada reproductiva -Ubicar puntos de residencia -Realizar recorridos -Determinar dimensiones

Reubicación	-PVC corrugado -Caneca plástica -Semicodos de PVC	-Determinar la elevación del refugio a nivel de suelo -Calcular la distancia entre madrigueras -Considerar la ventilación -Colocar aditamentos
	-PVC corrugado -PVC -Piedras	-Realizar monitoreo anual -Uso de modelos de supervivencia en Program Mark -Dividir en grupos la población -Determinar las variables acordes al objetivo del proyecto -Conocer el comportamiento de la especie
Provisión de refugios artificiales ¹⁴	-Madera sin tratar -Tornillos	-Mantener seca la pajarera -Orificios de ventilación -No usar perchas -Diámetro de acceso estandarizado -Fácil de manipular -Identificar una especie por su estatus de conservación, rango de distribución, tipo de hábitat y periodo de anidamiento

Fuente: Elaboración propia con base en Luevano *et al.* (2015); Zamudio y Ruiz (2016); Doublet *et al.* (2019) y Laboratorio de Ornitología de Cornell (2021).

Evidentemente el primer grupo profundiza en criterios de forma, diversidad de materiales y proyección del objeto. Incluso una propuesta fue dinámica al realizar pruebas con aves para identificar sus preferencias, lo cual incrementa la complejidad en la que se lleva a cabo el proceso de diseño y profundiza en el usuario plumífero. Si bien es cierto que el *Design Thinking* es el enfoque de diseño que conecta la necesidad, recursos tecnológicos y estrategias mercadológicas (Dinngo, s.f) que, sumada al trabajo interdisciplinario con otros campos al indagar en su quehacer profesional, también es cierto que, si se toma en cuenta al ave como un usuario potencial de análisis, los resultados podrían ser muy beneficios tanto para el ave, como para el equipo a cargo del proyecto.

Respecto a los parámetros biológicos, poseen la ventaja de ser más prácticos y aparentemente no utilizan demasiadas variables para desarrollar refugios artificiales, en si buscan cumplir sus objetivos de conservar o investigar, sin embargo, al no explorarse los criterios de forma, el uso de materiales es limitado y la proyección misma de este trae consigo en algunos casos una baja aceptación por parte de la especie:

Las alternativas de los gavilanes pescadores para anidar en el área de estudio fueron los postes de tendido eléctrico y los sahuaros artificiales; en este estudio, anidaron preferentemente en

¹⁴A diferencia de los otros proyectos, en este solo se coloca la clasificación, por grupo, de las especies de aves que cuentan con el diseño de una caja artificial, pues la cantidad registrada es de 60 especies: Dos carpinteros, nueve acuáticas, 14 rapaces y 35 canoras

los sahuaros artificiales. Los tecolotes llaneros tuvieron como alternativas las oquedades naturales y las artificiales; cinco de las ocho parejas registradas seleccionaron las naturales (...) En general, el porcentaje tan bajo puede deberse al diseño de la estructura (Luevano et al. 2015:14).

Esta recopilación de información refleja claramente que el diseño de refugios artificiales para aves tiene fortalezas y debilidades, en ambos campos, entre estas están: identificar la intención (tipo de refugio o especie a la cual va dirigido), selección de materiales y el canal de distribución (dónde se implementará y el modo de uso). No obstante, la ausencia en diseño por identificar cualidades del medio ambiente, determinar el objetivo del proyecto (más allá de producir un objeto y colocarlo) y conocer el comportamiento del usuario animal, le genera barreras que si bien las enfrenta; sus soluciones pueden ser parciales. En tanto, el ámbito biológico requiere la integración de parámetros formales y la integración de materiales flexibles de moldear, que al insertar en un espacio físico incrementa la posibilidad de una respuesta favorable, por parte del ave en cuestión, y proporcione mayor comodidad para realizar sus prácticas científicas y culturales.

Por tanto, si se hace una integración de atributos en las debilidades de cada área, se podría mejorar la identificación de atributos para diseñar habitáculos artificiales que tengan una mejor inserción en el ambiente, aceptación por parte del usuario animal y proporcione a los usuarios humanos, maneras más flexibles para desempeñar su trabajo “ampliando las fronteras de la percepción y adquiriendo una experiencia de interacción entre los seres humanos y la naturaleza. Es necesario diseñar una oportunidad para probar el papel del ornitólogo como observador y cuidador de aves” (Dydykin, 2021:1).

3.3. Requerimientos de diseño

En el caso del diseño industrial, es importante sintetizar información para determinar las especificaciones estructurales que integrarán un objeto; pues este cumplirá con fines utilitarios, tomando en cuenta que su propósito es alcanzar una meta deseada y previsible (Papanek, 2014). Estas especificaciones en diseño son denominadas requerimientos; variables cualitativas y cuantitativas que están inmersas en las posibles soluciones concomitantes con una problemática Rodríguez (1983). No obstante, también son flexibles al buscar soluciones, a través de la identificación y especificación estructural, estética e implementación de materiales en el desarrollo de productos. De hecho, la identificación de cualidades en diseño representa la plasticidad que fomenta la creatividad del diseñador a

encontrar nuevas maneras para abordar un problema, que actualmente responde a cambios inesperados, bruscos y determinantes en el medio ambiente que derivan en problemáticas ambientales donde:

el diseño creativo, tiene gran potencial el incidir en la búsqueda de soluciones a problemas ambientales, ya que su participación es crucial en la modificación de la cultura productiva, así como en la disminución de los efectos ambientales derivados de patrones de consumo y niveles de vida insustentables (Torres *et al.* 2011: 169).

En relación con la problemática expuesta [en torno a la carencia de refugios artificiales para aves residentes en espacios urbanos] la determinación de requerimientos para el diseño de estos habitáculos se hace con base en su contenido, empleados para proponer los requerimientos de un proyecto de diseño. Para el establecimiento de requerimientos se han adoptado algunos de los criterios de contenido propuestos por Rodríguez (1983):

De uso: Se refieren a la interacción directa entre el producto y el usuario, su contenido está determinado por la practicidad, manipulación, seguridad, percepción adecuada, transportación, mantenimiento, las dimensiones adecuadas del producto y el usuario y ergonomía.

De función: Refiere los principios físicos-químicos- técnicos de funcionamiento de un producto como los mecanismos de funcionamiento, desempeño de distintas funciones, resistencia, confiabilidad y acabados.

Estructurales: Tienen que ver con los componentes, partes y elementos constructivos de un producto, tales como número de piezas, medio de protección, uniones, estabilidad y la funcionalidad de sus distintos elementos.

Técnico productivo: Se trata de los medios y métodos de manufactura de un diseño, como el empleo de herramientas o maquinaria, mano de obra, prefabricación, materias primas y el modo de producción.

Económicos o de mercado: Abordan la comercialización, distribución, demanda potencial del producto y ciclo de vida.

Formales: Refieren los caracteres estéticos de un producto como el estilo, apariencia y unidad

De identificación: Aquellos que por su contenido refieren a presentaciones bidimensionales y tridimensionales del objeto.

Legales: Abundan en la protección de los derechos de autor

Además, se retoman los criterios desarrollados por (Gayosso *et al.*2019), los cuales son particulares para la conceptualización de habitáculos artificiales dirigidos a la fauna silvestre en entornos urbanos, estos son:

Clasificación de atributos: Se trata del establecimiento de patrones de comportamiento del usuario animal o usuario primario, a través la evaluación de caracteres cualitativos y cuantitativos basados en las asociaciones de paisaje que tiene la especie en su entorno

Definiciones estructurales: Su objetivo es establecer el agrupamiento de las formas básicas que componen a los refugios o habitáculos usados, creados o adaptados por el sujeto de estudio, lo cual incluye texturas, colores, composición y número de piezas que lo integran para realizar el diseño de concepto.

Modelos geométricos: Se trata de la integración del diseño de concepto con los elementos que son complementarios o aditamentos que conformarán la propuesta desarrollada bajo los patrones formales y operacionales del diseño.

Grados y variables: Se hace una ponderación de los criterios para el establecimiento de los requerimientos y los grados y variables identificados en la especie con base en sus atributos inherentes.

La integración de Rodríguez (1983) y Gayosso (2019), permitirán construir los parámetros finales para el diseño de refugios artificiales, en primer lugar, la rigurosidad concebida en los criterios se considera la base para llevar a cabo la conceptualización de un proyecto hasta su conclusión. En segundo lugar, el cumplimiento de estos criterios se verá modificado desde la identificación de variables para cada problemática, pues habrá criterios que puedan cumplirse y otros que se modifiquen, por ser dependientes al sujeto de estudio; la aplicación de un modelo en especies animales requerirá el aporte de expertos en cuanto a la biología de cada una de ellas (Mellor *et al.* 2015). A este tipo de requerimientos se le denomina deseables, ya que habrá puntos de coincidencia, pero podría haber variaciones en función de las cualidades identificadas (Rodríguez, 1983).

Respecto al diseño de refugios artificiales, buena parte de su construcción ha sido desarrollado e implementado con aves, debido a que es uno de los grupos de animales mayormente estudiados. Este hecho se debe principalmente a que ellas son capaces de romper barreras físicas por su capacidad de volar y son flexibles ante el cambio.

3.4. Ecología urbana

Se aborda la ecología urbana para identificar la respuesta de la fauna silvestre ante alteraciones antropogénicas en sus entornos¹⁵, asimismo, se requiere obtener información básica referente a la investigación de este grupo, en particular aves. Este conocimiento es relevante porque permitirá integrar el campo ecológico, biológico y de diseño para comprender cómo estas áreas podrían integrar sus métodos de trabajo en torno al diseño de refugios artificiales, cuya inserción sea en entornos urbanos.

Ante este panorama, la ecología urbana es una disciplina surgida como respuesta al prevaleciente escenario urbano¹⁶, donde estos asentamientos se incluyen como elementos del paisaje (MacGregor, 2019). Respecto a la dinámica de trabajo en este campo se reconoce que, si bien es importante considerar aspectos físicos, culturales y socioeconómicos distintivos de las urbes, también es importante tomar en cuenta la respuesta de las comunidades silvestres ante las alteraciones antropogénicas y no solo las características del sitio como: la historia natural de las especies residentes por ser determinantes de su presencia, descritos por MacGregor, (2019).

En torno a la respuesta de la biodiversidad ante la modificación y perturbación de paisaje, una terminología retomada por MacGregor en (2016) es la de (Fisher *et al.* 2015), quien estableció una clasificación del uso que da la fauna silvestre a los recursos de las ciudades para sobrevivir y enfrentar amenazas. A continuación, se enlista dicha categorización de Fisher *et al* (2015):

Residente urbano evasivo: Se integra por grupos variados que provienen de ambientes modificados y subsisten en áreas naturales embebidas en ciudades.

Residentes urbanos usuarios o explotadores: Este grupo de organismos utilizan ocasionalmente los recursos para anidar o resguardarse en áreas desarrolladas.

¹⁵Que también puede ser comprendido como fragmentación de hábitat, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (2009) establece que la fragmentación es el proceso de división de un hábitat continuo en secciones, cuyos fragmentos son de menor tamaño, además, presentan cambios en la estructura, composición y función del microclima. Se origina por la transformación del paisaje en tierras de cultivo, pastizales para el ganado o desarrollo urbano

¹⁶Donde los asentamientos urbanos o también referidos como localidades urbanas son definidos por el INEGI (2010) en México como “aquella que tiene una población mayor o igual a 2,500 habitantes o que es cabecera municipal, independientemente del número de habitantes”. Asimismo, MacGregor (2019) establece que en México hay dos criterios que se utilizan para definir si una localidad es urbana primera, el número de habitantes y segunda, los criterios administrativos de una entidad

Residente urbano: Se trata de un grupo que tiene poblaciones tanto en espacios naturales como en ciudades y son enteramente dependientes de los recursos urbanos para subsistir.

Estas perspectivas planteadas, son relevantes para determinar las condicionantes generales de aprovechamiento de los recursos adoptados por la fauna silvestre, en particular aves. Asimismo, esta explicación, de respuestas a las transformaciones en gran escala de sus hábitats, permite diseñar la investigación pertinente que determinará la ubicación del sitio de muestreo o zona de estudio, la escala de análisis (establecimiento de puntos de interés y determinación de escalas) y la selección de un grupo de estudio MacGregor (2019).

De este modo, los patrones de respuesta y abundancia de la especie de estudio, la intensidad de perturbación, paisajes modificados por actividades humanas, extracción de diversos recursos y la identificación de especies (de acompañamiento) adaptables a ambientes suburbanos; son factores que los biólogos y ecólogos pueden tomar en cuenta para colocar un refugio artificial que sumados a los atributos del diseño pueden elevar su éxito y promover vínculos de interacción entre los residentes de las ciudades y los animales a través de la conservación de remanentes naturales y por tanto, especies nativas.

IV. ESTUDIO DE CASO: TECOLOTE LLANERO EN VALLE DE CHALCO

Identificar al Valle de México como la extensa cuenca que fue, es importante para comprender su naturaleza lacustre. La Cuenca del Valle de México (CVM), se integró por un sistema de cinco lagos: Xaltocan, Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Chalco. Actualmente, esta región del centro de México posee una de las microcuencas más importantes: Tláhuac-Xico, que comprende una parte del territorio de la alcaldía Tláhuac y el municipio Valle de Chalco Solidaridad, la cual ha experimentado aceleradas transformaciones ambientales, sociales, culturales, económicas y políticas que han derivado en la fragmentación de hábitat y territorio. Para el presente proyecto se considera al territorio de la antigua cuenca como un sistema complejo por su variedad de elementos inanimados, organismos vivientes y fenómenos sociales, los cuales constituyen niveles de análisis e interconexiones como parte de una estructura dinámica.

4.1. Descripción y características físico-geográficas de la microcuenca Tláhuac-Xico

Es importante describir el complejo de la CVM, debido a que la microcuenca Tláhuac-Xico deriva de ahí y es dependiente en muchos aspectos físico-geográficos. Esta cuenca era un extenso cuerpo de agua de condición endorreica¹⁷, cuyos escurrimientos descendían y formaban un sistema de lagos poco profundos “constituidos por depósitos aluviales no consolidados de gravas y arenas volcánicas que rodean y subyacen en el antiguo lecho lacustre” (Instituto de Ingeniería, 2014:22). Asimismo, es resultado de un proceso tectónico convergente entre la Placa Norteamericana que dio origen a la Sierra Madre



Figura 2: La Cuenca del Valle de México
Fuente: Estudios planetando (2019)

Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico Transversal (Instituto de Ingeniería, 2014). La superficie por tipo de fisiografía comprende subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, en tanto su tipo de geología dominante es roca extrusiva y sedimentaria; el clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (INEGI, 2017). En cuanto a la extensión de los lagos, estos cubrieron una superficie de 1100 km² (Camarillo *et al.* 2013), los cuales se clasificaron según su composición salada al norte y centro; y dulce al sur ver Figura 2.

En cuanto a flora y fauna, para precisar el primer grupo, Ezcurra (2003) en su libro *De las Chinampas a la Megalópolis el Medio Ambiente en la Cuenca de México*, dividió la vegetación en tres grandes grupos que corresponden al paisaje del centro de México: bosques cubiertos de pinos y encinos, pastizal y acuática (que subdividida se trata de matorrales xerófilos (ej. zacatón, nopal y biznaga), plantas epífitas (musgos, helechos, heno y zacatlascale) y halófilas (garbancillo, ombligo de tierra, zacatonal alpino y agave lechuguilla)

¹⁷Una cuenca hidrográfica endorreica es aquella no tiene ninguna salida de agua y forma un lago, si la permeabilidad del suelo lo permite (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019:1)

y acuáticas (tule y pipa de indio). Mientras que, en el segundo grupo, los animales más distintivos por su diversidad son las aves, mamíferos, reptiles y anfibios. La fauna más abundante es del grupo de las aves, por sus características físicas y sus ciclos de migración. En cuanto al comportamiento, los hábitos, del grupo más distintivo son las especies nocturnas, principalmente mamíferos, que habitan en madrigueras (Espinoza, 1996). Algunos animales distintivos de la zona son: gallareta, pato tepalcate, águila, guajolote, garza, pelicano, chorlo, halcón, búho, zopilote, carpintero, tlacuache, musaraña, murciélago, armadillo, ardillón, tuza, venado cola blanca, berrendo, puma, coyote, pecarí, cacomixtle, teporingo, mapache, zorrillo, comadreja, tortuga de pozo, cincuate, culebra de agua, ajolote, sapo aguagua y rana acacueyatl (Espinoza, 1996; Ezcurra, 2003).

Respecto a la subcuenca de Chalco-Xochimilco¹⁸, se ubica al sur de la CVM, delimita al norte por la Sierra Santa Catarina y al oriente por la isla de Xico (Camarillo, *et al.* 2013); cuyas aguas se extendían donde los poblados se desarrollaron a orillas del lago de Chalco y uno en dicha isla (González, 2012). Esta región tiene sus orígenes de carácter volcánico y tectónico, además, se sitúa en una zona de escurrimientos en la porción Centro-Oriental de la Faja Volcánica Transmexicana. Esta demarcación por sus propiedades de subsuelo pertenece una zona de transición “constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros” (RCDF, 2004:87).

Sin embargo, al desecar gran parte del complejo hidrológico para transformarlo en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ahora se caracteriza por una periferia, planeación y crecimiento urbano no estructurados convirtiéndose en una de las ciudades más grandes del mundo “es la tercera zona metropolitana más grande de la OCDE y la más grande del mundo fuera de Asia” (OCDE, 2015:4). Sus extensiones han intervenido en el paisaje ocasionando problemas de inequidad por poblaciones segregadas en asentamientos irregulares que carecen de servicios básicos e infraestructura (Camarillo *et al.* 2013) y ambientales como la fragmentación de hábitat, invasión de zonas naturales protegidas o suelo de conservación, efecto invernadero, pérdida de biodiversidad, entre otros.

¹⁸ Recibe su nombre de los lagos que existieron al sur del centro de México en la época prehispánica y drenaban de forma natural hacia el lago de Texcoco ubicado al norponiente (Camarillo *et al.* 2013:93)

Entre los remanentes lacustres se encuentra la microcuenca Tláhuac-Xico que comprende una parte del territorio de la alcaldía Tláhuac y Valle de Chalco Solidaridad, la cual ha experimentado aceleradas transformaciones ambientales, sociales, culturales, económicas y políticas que han derivado en la fragmentación de hábitat y territorio. Esta microcuenca “resurgió debido al hundimiento en la tierra y a la inundación de terrenos de



Figura3: Microcuenca Tláhuac-Xico

Fuente: Adaptación propia con base en Burns, (2010)

cultivo con aguas residuales del Canal General, agua de lluvia y otros aportes” (Monroy *et al.* 2018:6), posee una superficie aproximada de 898ha y una altitud promedio de 2,238 msnm (Meléndez, 2006; Ortiz y Ortega 2007 en Monroy *et al.* 2018). Además, está dividido en cuatro secciones, delimitadas por la carretera México-Chalco y al poniente del municipio de Valle de Chalco la vialidad entre la avenida Acapulco y Moctezuma¹⁹ es un espacio de transición entre la ciudad y la microcuenca (Camarillo *et al.* 2013) ver Figura 3:

El clima es templado subhúmedo, con temperaturas frías en enero y febrero 13-15°C y las más cálidas en julio-agosto de 24-19°C (De Lanza y Hernández, 2019). Respecto a la temporada de lluvias en su nivel máximo ocurren en junio-octubre y la temporada de secas ocurre de noviembre-mayo, donde los niveles de agua fluctúan de acuerdo a la precipitación que varía de 1200 a 2000 mm anuales (Arriaga *et al.* 2000; 2018; De Lanza *et al.* 2019) esta cantidad de agua es susceptible para su recuperación mediante la captación, limpieza, abastecimiento de agua potable, creación de humedales artificiales e integración de sitios de descanso, refugio o anidación para las aves que habitan el humedal Tláhuac-Xico.

Entre las características distintivas de este humedal destacan sus condiciones climáticas y ubicación geográficas que lo convierten en un sitio de reproducción, hibernación y paso migratorio para una amplia diversidad de aves acuáticas y terrestres provenientes del

¹⁹Este camino es relevante porque permite acceder a la batería de pozos Santa Catarina-Mixquic, que extraen agua del subsuelo para abastecer la Ciudad de México y representa un punto de riesgo ya que está junto al Dren. General, el cual funciona como muro de contención del lago Monroy *et al.* (2018)

norte al igual que para aves residentes²⁰; este es el segundo cuerpo de agua más importante del centro de México y se considera como un Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) (Meléndez, 2021). En él se localizan aproximadamente 132-139 especies de aves, de las cuales reportaron en 2018 un grupo de investigadores en colaboración con monitores ejidales las siguientes categorías: cinco especies están bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059 SEMARNAT-2010, una es endémica, tres semiendémicas del país y 14 están en la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación (Monroy *et al.* 2018:9).

4.2. Área de estudio

Se llevó a cabo en dos instituciones educativas, ubicadas en el municipio de Valle de Chalco²¹ al Oriente del Estado de México. En este sentido, se dan a conocer algunos datos que describen la región que el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco (CUX) y el Colegio de Bachilleres Plantel 04 (COBAEM), para determinar las características físico-geográficas más relevantes que atañen a la zona donde se registró la residencia del tecolote llanero. Respecto a la especie, se revisó la documentación relacionada a la identificación de la fauna silvestre residente y actualizó la información biológica del tecolote llanero mediante la observación de aves y muestreo.

Respecto a su ubicación, está al poniente de la entidad en la colonia “Agostadero” entre la Av. Acapol y Hermenegildo Galeana, cuyas coordenadas centrales son: 19.2976706”N, -98.95579529999998”O (Gayosso, 2019), además, se caracteriza por pertenecer a una zona escolar, tener cercanía con la Plaza Comercial Patio y poseer pastizales remanentes, paisaje característico del municipio y estar próximo al Río Acapol, se trata de uno de los tres ríos principales en la zona que han sido ocupados para canales de aguas negras (Gallegos, 2018) ver Figura 4:

²⁰Son aves que se reproducen y habitan un área determinada durante todo el año (Meléndez y Calderón, 2013:12)

²¹Se encuentra ubicado en la Zona Oriente del Estado de México, sus colindancias limítrofes son: al norte con los municipios de La Paz e Ixtapaluca; al este con los municipios de Ixtapaluca y Chalco, al oeste con la Ciudad de México y ocupa el 0.21% del estado (INEGI, 2009:2)



Figura 4: Ubicación del CU UAEM Valle de Chalco y Colegio de Bachilleres
Fuente: Google Earth (2021)

Por lo que respecta a sus características físico-geográficas, a grandes rasgos se trata de una zona que pertenece a antiguos vasos lacustres y fluviales (Dirección General de Protección Civil, 2015) además, la caracterización de sus elementos del medio natural se recopiló en la Tabla 4.

Tabla 4. Elementos del medio natural del área de estudio.

Criterio	Descripción
Fisiografía	Provincia: Eje Neovolcánico Subprovincia: Lagos y volcanes del Anáhuac
Geología	Suelo lacustre predominante al 85% y rocas de origen sedimentario e ígneas extrusivas pertenecientes al cenozoico Unidad litológica aluvial
Geomorfología	Región de vaso lacustre de piso rocoso o cimentado
Edafología	Suelo de regosol éutrico formado por sedimentos arenosos
Hidrología	Región Hidrológica No. 26, cuya permeabilidad es alta y cuenta con la corriente del Río Acapol o Canal General; utilizado como canal de aguas residuales
Climatología	Clima predominante templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media Temperatura promedio 16°C Distribución de la precipitación-variación pluvial de 1000 a 1200 y de 600 a 700 mm

Uso de suelo y vegetación	Uso agrícola mecanizada continua y pecuario para el aprovechamiento de vegetación natural 0.4%, actividad industrial 25.2% y servicios 72.6%
Áreas naturales protegidas	Interconexión con el Lago Tláhuac-Xico a través del Río Acapol

Fuente: Elaboración propia con base en Master Planning (2012); INEGI (2017); CIDS y SEDATU (2018).

La importancia de los remanentes de paisaje, en particular, los pastizales ubicados dentro de estas instituciones son de gran importancia, porque albergan fauna silvestre que persiste ante las constantes transformaciones estructurales y demandas sobre el uso de suelo. Aunque poco se ha abordado el tema de la importancia de la fauna silvestre residente en el centro universitario, los registros en bases de datos de ciencia ciudadana han evidenciado al menos dos cuestiones relevantes: las aves son el grupo dominante, de acuerdo con el catálogo de eBird²² se tiene un total de 33 especies, además, hay pocas especies nativas de mamíferos residentes: Motocle (*Ictidomys mexicanus*), Conejo Serrano (*Sylvilagus floridanus*), Tuza de la Cuenca de México (*Crateogeomys merriami*) y una de reptil endémico Alicante (*Pituopis deppei deppei*), cuyos datos se encuentran la plataforma de Naturalista²³, se trata de especies excavadoras nativas asociadas al tecolote llanero.

Segundo la fragmentación de hábitat es una realidad alarmante, esta zona en particular es un remanente de pastizal característico de la periferia del centro de México. Camarillo *et al.* (2013) señalan que es resultado de las alteraciones que favorecen la expansión urbana por tratarse de terrenos de poca productividad agrícola, principal razón para ser vendidas y susceptibles de uso urbano. No obstante, el paisaje de estas instituciones aún es amplio y cuenta con extensas áreas de vegetación embebidas en la infraestructura urbana.

De esta manera, es importante expresar la necesidad del desarrollo e implementación de refugios artificiales en espacios que aún cuenten con fauna nativa y condiciones estratégicas de resguardo, como estas instituciones. Un claro ejemplo, de fauna residente que pertenece al grupo más abundante es el tecolote llanero, una especie de ave rapaz semidiurna,

²²Es una plataforma internacional desarrollada por el Laboratorio de Ornitología de Cornell, para el ingreso, almacenamiento y manejo de datos de observaciones de aves recabadas por el público (...). Es la base de datos y de información de aves más importante del mundo para el desarrollo de proyectos de ciencia ciudadana (Gutiérrez *et al.* 2020: 53)

²³Es una red social dirigida a la ciudadanía mexicana para aprender, registrar y conocer la biodiversidad (Naturalista, 2021)

de manera natural habita en pastizales, praderas y en algunos casos desiertos. Son búhos pequeños con patas largas, cola corta, cabeza redondeada, sin mechones, cuya longitud oscila entre 19-25 cm y una envergadura de 55 cm (Laboratorio de Ornitología de Cornell, 2019). Viven bajo tierra en madrigueras que cavaron o tomaron de algún animal excavador, también en pastizales, desiertos y otros hábitats abiertos, donde cazan principalmente insectos y roedores (Laboratorio de Ornitología de Cornell, 2019). Debido a las transformaciones en el paisaje, esta ave también habita en espacios urbanos en cavidades a nivel de piso “tuberías de PVC, campos de golf, huecos en banquetas, bardas, cercos, montículos de escombros, siempre y cuando presenten algunas variantes como parches de vegetación, pendientes bajas, lugares con poco arbolado y cuevas cavadas por ardillas u otros organismos” (Valencia *et al.* 2016:75). En sí esta especie posee una alta flexibilidad a cambios en su hábitat.

En el centro de México se ha registrado su presencia en Texcoco y Valle de Chalco Solidaridad o Xico, Estado de México, y Tláhuac, CDMX. Tanto Tláhuac como Xico comparten frontera, lo cual permite que esta ave se desplace de una entidad a otra. Monroy *et al.* (2018) registraron al búho (*Athene cunicularia*) como residente en el Humedal de Tláhuac y también que es capturado para venta. En tanto Gayosso (2019) registró que habita en zonas escolares, como un residente temporal, por sus extensos y descampados terrenos. A diferencia de Ocaranza (2017) que lo cataloga como un ave migratoria, cuya morada es en el Ex Vaso de Texcoco.

La residencia del ave en estas entidades es un indicador favorable del ambiente, pues cuentan con remanentes de paisaje, a pesar de que ambas son ciudades. En particular los terrenos de la universidad ofrecen un espacio propicio para que el tecolote llanero aproveche la disponibilidad de alimento y sitios de refugio, ver Figura 5. Estas condiciones le permiten conjuntar su destreza como, caracteres biológicos como ave depredadora y sus habilidades cognitivas para buscar, identificar y adaptar un refugio. Si bien las aves de presa no requieren herramientas para asegurar su alimento, algunas mejoran la eficiencia de su respuesta a exigencias ecológicas a través de herramientas, lo cual les otorga un carácter de usuario y optimiza la búsqueda de un objetivo (Nathan, 2017).



Figura 5: Tecolote llanero en CUX
Fuente: Propia

Su adaptabilidad y flexibilidad es una oportunidad en el diseño industrial para promover cambios al proyectar y producir refugios artificiales. La toma de conciencia es el primer factor que impulsa una disciplina a renovar sus métodos de trabajo, en diseño la creatividad ofrece una amplia gama de soluciones que se adecuan a las necesidades del usuario, además, están basadas en un contexto. Incluso, es necesario trabajar conjuntamente en buscar alternativas que mitiguen esta crisis ambiental, de la cual ya no es posible el retiro.

Es preciso desarrollar estrategias que beneficien tanto a los hábitats naturales como a los urbanos, pues un buen comienzo es buscar proteger la vida silvestre a través de conjuntar el conocimiento y práctica profesional; “la estrategia de un hábitat para un usuario ornitológico con un diseño funcional, estético, ergonómico, práctico y adaptable en las áreas emergentes es viable” (Gayosso *et al.* 2018:25).

V. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo se divide en dos secciones: en la *primera* se explica en qué consiste la propuesta metodológica “Atributos de reconocimiento para el biodiseño”, sus fases y logros alcanzados. La *segunda*, corresponde al desarrollo de una nueva propuesta metodológica enfocada al diseño de refugios artificiales para aves rapaces urbanas, aquí se explican las técnicas para la recolección de datos y las fases desarrolladas que la integran.

Desde la perspectiva de los atributos de reconocimiento para el biodiseño (Gayosso *et al.* 2019), este trabajo corresponde a un estudio de caso instrumental, debido a que se profundiza un tema y se formulan aseveraciones detalladas del objeto de estudio (Jiménez y Comet, 2016). A partir de un método mixto transversal correlacional-causal, se establecen y

describen las relaciones entre las variables, el investigador es quien observa y reporta las causas y los efectos ocurridos (Sampieri *et al.* 2014).

De este modo, se identificaron diferentes métodos etnográficos para la recolección y análisis de información. Para el análisis transversal se usaron herramientas como: diario de campo, observación encubierta y lista de cotejo. Por otro lado, para la parte correlacional-causal: el marco AEIOU (Martin y Hanintong, 2012) y la etnografía visual (García, 2013). La aplicación de estos instrumentos responde al diseño de investigación para validar la hipótesis planteada.

5.1. Metodología de atributos de reconocimiento para el biodiseño

La construcción de esta propuesta metodológica tomó dos elementos teóricos: “Biofilia” y “Biodiseño”. Del primero se retomó el principio “la afiliación innata del ser humano por la naturaleza” (Kellert y Calabrese, 2015:3), mientras que el segundo, se basó en el fundamento de que los animales tienen la capacidad para generar soluciones prácticas a partir de su instinto y pensamiento (García, 2007).

Esta metodología busca sensibilizar al diseñador industrial en la importancia de tomar en cuenta a la naturaleza dentro del proceso proyectual y no solo como una proveedora de recursos. Su aplicación parte de las soluciones dadas por un organismo en el entorno que habita, el diseñador debe interpretar cómo los animales generan o adaptan un refugio. En esta dinámica, diseñar no solo implica conceptualizar un objeto, también el profesional adquiere un papel de agente que influye en el manejo del paisaje y prácticas culturales que están inmersos en el espacio donde se integra el habitáculo y beneficie a la fauna nativa.

De acuerdo con esta herramienta el animal, es identificado como el usuario primario, por tener mayor interacción con el habitáculo. En ese sentido, se busca incrementar las posibilidades de aceptación del refugio y un mejor aprovechamiento de los recursos, desde su diseño hasta su recuperación.

Esta metodología se divide en tres fases, las cuales corresponden a:

- I. Obtener información en campo de la especie y de sus refugios: recopilar, estudiar, analizar, clasificar elementos por área. Es decir, identificar si la relación de la especie estudiada con sus habitáculos integra elementos biológicos y de diseño.

- II. Agrupar datos, examinar elementos relevantes, en cuanto a criterios de composición y diseño de operaciones, en otras palabras, analizar las formas básicas de los refugios.
- III. Desarrollar estructuras que permitan estimar aciertos o errores en el diseño de concepto (formas, colores, texturas, entre otros), ponderar la propuesta final con base en parámetros técnicos y requerimientos formulados para el diseño de refugios artificiales.

Se adoptó el empleo de esta metodología a un tipo de investigación instrumental, por un lado, al ser el primer referente teórico que propone una reestructuración respecto al análisis del usuario en el diseño de refugios artificiales e integrar los patrones de diseño y biológicos, al igual que permitirá identificar nuevas condicionantes de trabajo. Con relación a la metodología de base planteada, se propusieron siete pasos para conceptualizar espacios artificiales que funjan como refugio alternativo para la conservación de la fauna silvestre en entornos urbanos, mediante la identificación de patrones de asociación del paisaje²⁴ e interpretación que se observa en los animales residentes.

- **Planteamiento del problema:** Seleccionar una especie animal silvestre, reconocer la dinámica y elementos que integran el entorno que habita.
- **Obtención de datos estructurales:** Consiste en identificar los sitios de refugio; vegetación, y sus características estructurales.
- **Clasificación de atributos:** Estudiar, medir y parametrizar al usuario a través de la toma de datos como rasgos distintivos, hábitos y comportamientos.
- **Definiciones estructurales:** Reducir, agrupar los elementos que componen a los refugios y enfatizar el modo de uso.
- **Evaluación de modelos geométricos:** Integrar el diseño de concepto y los elementos complementarios que componen el contenido total del refugio.
- **Reconocimiento bidimensional:** Elaborar a escala una maqueta o modelo de estudio.
- **Entendimiento de la forma:** Interpretar la información obtenida en campo, la evaluación de modelos, reconocimiento bidimensional y los requerimientos del diseño industrial.

²⁴Tiene que ver con la adaptación al paisaje que tiene un organismo en el espacio que habita (Gayosso, 2019)
pág. 54

Se considera importante utilizar la metodología atributos de reconocimiento para el biodiseño como auxiliar del diseño de investigación por su versatilidad para integrar técnicas cualitativas, en su mayoría, y cuantitativas, para abordar la recolección de datos en términos biológicos. Véase Figura 6.

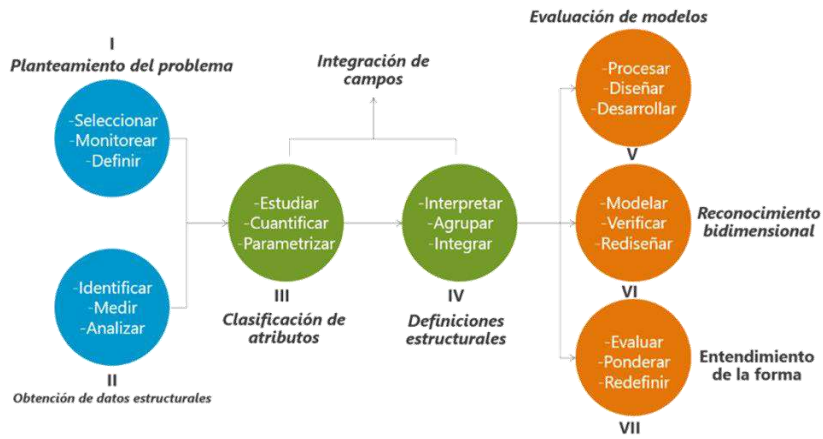


Figura 6: Metodología Atributos de Reconocimiento para el Biodiseño
Fuente: Elaboración propia con base en Gayosso, *et al.* (2019)

Aunque esta metodología nombra algunos atributos y establece un antecedente sobre la interpretación de las asociaciones del paisaje que tiene la fauna silvestre. El diseñador no cuenta con un precedente del campo biológico, cuya especificidad refiera datos concretos de diseño, tanto en el primer momento como en el tercero.

Es importante señalar que se propusieron algunos patrones de asociación e interpretación relacionados patrones técnicos para diseñar refugios artificiales, sin embargo, estos no fueron examinados con precisión para hacerlos válidos en futuros proyectos que aborden esta temática. Por lo tanto, esta propuesta metodológica descrita alcanzó un desarrollo teórico y no fue sujeta a evaluación para conocer su nivel de efectividad.

5.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación que integra este proyecto se construyó bajo un estudio de caso instrumental, con un método mixto y una postura transversal correlacional-causal con base en (Sampieri *et al.* 2014). En *primera* instancia, para la recopilación de información, recuperación y captura de datos en momentos únicos, se realizó trabajo en campo y de gabinete. *Segunda*, se establecieron, organizaron los atributos, analizaron y se obtuvieron las consideraciones referentes a los parámetros para el diseño de refugios artificiales dirigidos a aves rapaces urbanas que constó de cuatro fases generales:

En la *fase uno* se identificó el uso de métodos etnográficos a fin de recopilar y facilitar el procesamiento de datos (residencia del tecolote llanero de en espacios urbanos, uso de madrigueras y cavidades en suelo).

El principal objetivo de las herramientas etnográficas fue enlistar los datos relevantes encontrados en muestreos anteriores e identificar nuevos modelos de organización referente al entorno que habita el tecolote llanero, mediante la continuidad de los registros referentes a esta especie, fauna silvestre residente²⁵ y uso de suelo en la zona de estudio CUX y COBAEM; donde ahora se identificó a sus principales depredadores y abastecedores de refugios como elementos de análisis.

Uno de los métodos fue la etnografía visual, García (2013) refiere que tiene que ver con la necesidad de encontrar nuevas guías de análisis que permitan comprender la realidad a través de la selección de material fotográfico con base en criterios de carácter exploratorio para observar y comprender actividades acerca de comportamiento y hechos que pueden partir de datos hallados en el pasado.

Se complementó la etnografía visual con el formulario AEIOU (Anexo 2), un marco organizacional de información que busca clasificar los detalles de actividades, entorno, interacciones, objetos y usuarios que integra e interrelaciona las interacciones entre cada categoría (Martin y Hanintong, 2012).

Respecto al muestreo, este se dividió en tres momentos correspondientes a tres estaciones de migración, con base en Ruíz *et al.* (2020) estas son: migración de otoño (agosto-noviembre), residencia de invierno (diciembre-febrero) y migración de primavera (marzo-mayo), la cual tuvo una duración de cinco meses, dos días a la semana en horarios matutinos y vespertinos.

Se destacaron y tomaron como referencia aquellos puntos, en los cuales la interacción de aves rapaces tuvo mayor presencia, asimismo, se señalaron aquellos donde se ubicaron madrigueras naturales o refugios artificiales ocupados, se identificó y registró el total de las especies de aves residentes en la zona de estudio; con el objetivo de determinar las nuevas condicionantes del monitoreo basadas en un grupo de interés, donde las aves rapaces fungen como las únicas depredadoras de otras aves de presa (Ramos, 2020).

²⁵Debido a que el objeto empírico es un ave, se trata de un sistema abierto, está sujeto a un intercambio de información referente a la disponibilidad de alimento, refugio, depredadores, transformaciones en el hábitat, entre otros que influyen en su comportamiento.

Se identificaron 13 puntos de conteo entre ambas instituciones, para identificar el uso que dan las aves a los recursos de su entorno. Esta técnica de conteo, propuesta por (Ruíz *et al.* 2020) especifica que los puntos se establecen en los sitios de interés del proyecto, se trata de un método donde se cuentan y anotan todas las aves vistas o escuchadas en un lapso de 10 minutos, además, cada nombre fue asignado contextualmente, es decir, basados en elementos clave de ubicación, por ejemplo, una caseta de vigilancia (Anexo 3). Mientras que en la Figura 7 se muestran tres clasificaciones relevantes, dos correspondientes al uso de suelo: urbano (amarillo), pastizal (café), y una de conectividad²⁶ (naranja) que utilizan los animales residentes y los integrantes de la comunidad institucional.



Figura 7: Puntos de conteo establecidos (A) Cux y (B) Cobaem
Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth (2020)

Además, se utilizó la técnica de observación encubierta por ser menos invasiva con labores del personal institucional y con las dinámicas desarrolladas por las unidades de análisis: especie objetivo (tecolote llanero), grupo de interés (aves rapaces) y especies asociadas (proveedoras de refugios naturales).

La *fase dos*, derivó en el resultado del trabajo de campo: el total de refugios utilizados e interacciones de aves rapaces, determinación sobre el uso de suelo, clasificación de elementos naturales-artificiales, y la realización de un mapeo referente a las actividades documentadas (2017-2019) y aquellas descritas en (2020-2021). Se vació la información registrada en formatos referentes a las categorías AEIOU y se seleccionaron fotografías referentes a la ubicación de madrigueras y características distintivas del tecolote llanero (Anexo 4).

En la *fase tres*, la información proveniente del AEIOU fue analizada y se expresó en la integración de datos biológicos asociados con las unidades de análisis y aquellos

²⁶Se refiere al tamaño y distribución de parches de hábitat y comodidad con la cual las especies pueden moverse a través del paisaje y entre los parches (Gunnell *et al.* 2019)

relacionados al diseño, para construir una bitácora de levantamiento y captura de datos en un mismo documento, los cuales son: grupo objetivo, conteo de aves, presencia de cuerpos de agua, uso de suelo, clima, área de conteo y uso de suelo] y los patrones formales de diseño²⁷ en el área de estudio se retomaron los principios naturales formulados por (Vanden, 2018), [esquemas de organización de recursos, patrones naturales y operaciones] e identificación de formas básicas de los refugios hallados (Anexos 5 y 6).

Al analizar la descripción de los datos recabados en campo se procedió a clasificar la información de las unidades de análisis mediante la agrupación de variables biológicas, los patrones formales identificados en la zona de estudio y ecológicas. Posteriormente, se procedió a una integración de campos donde se enfatizó en el tipo de usuario que es el tecolote llanero, se compararon los patrones de asociaciones del paisaje y formales del diseño entre la especie objetivo con el grupo de interés y especies asociadas para incorporar palabras clave y determinar oportunidades de mejora al diseñar refugios artificiales, al cual se denomina *insight*.

Respecto a la *fase cuatro*, en esta se desarrolló el proceso proyectual, donde fue necesaria la sintetización de datos biológicos y ecológicos centrados en el tecolote llanero, cuyo comportamiento fue vinculado al tipo de forma que favorece su mimetismo y estructuras de mayor uso. Posteriormente, se definieron los criterios de consideración para la propuesta de madriguera artificial como: número de componentes que integran al habitáculo, dimensiones máximas y mínimas del ave, peso, número de individuos por nidada, distancias mínimas entre refugio y profundidad de la cavidad.

Estas consideraciones fueron ilustradas en el proceso creativo, que derivó en el bocetaje y modelos de estudio de propuestas que consideraron las formas elementales de las entradas a la madriguera. Se enfatizó su desarrollo por ser la estructura de primer contacto, visibilidad, mayor cantidad de actividades desarrolladas tanto por el tecolote como de los usuarios del entorno inmediato. Estos caracteres son importantes porque corresponden con requerimientos del diseño que determinan las especificaciones estructurales que integraron al refugio artificial. Los cuales fueron definidos con la integración de los campos biológico,

²⁷Los patrones formales del diseño son arquetipos comunes de la naturaleza que son codificados al lenguaje objetual, a través de combinaciones, distribuciones organizativas y confrontaciones dinámicas subyacentes en estructura y función

diseño industrial y ecológicos adaptados a los requerimientos propuestos por Rodríguez (1983) y (Gayosso *et al.* 2019).

VI. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados que corresponden con las cuatro fases descritas anteriormente. En este sentido, en la *primera fase* se obtuvieron las nuevas condicionantes contextuales que determinaron la disponibilidad y ocupación de refugios por el tecolote llanero. En la *segunda fase*, se determinaron las variables biológicas, del diseño industrial y ecológicas urbanas a considerar para el diseño de refugios artificiales dirigidos a las aves rapaces urbanas. La *tercera fase*, corresponde a la configuración de formas para el diseño de refugios artificiales, en la cual se asignó significado a las estructuras naturales y artificiales a partir de las interacciones encontradas en el trabajo de campo; asimismo, se enfatizó en los datos estructurales a considerar para el diseño de una madriguera artificial de este caso de estudio mediante la definición de modelos abstractos desglosados de la especie objetivo. Finalmente, la *cuarta fase* consistió en integrar los pasos realizados anteriormente para armar el cuerpo metodológico para el diseño de refugios artificiales y su ejemplificación con las propuestas del diseño de madriguera artificial proyectadas.

6.1. Observación y muestreo

Durante el muestreo realizado en el entorno (2017-2019), se clasificó en áreas verdes, deportivas y con un paisaje de pastizal embebido en instituciones educativas de nivel medio y superior, el cual se consideró apropiado para la residencia del tecolote llanero por tratarse de espacios abiertos, con cobertura arbustiva controlada, sitios elevados, poseer mamíferos excavadores, tener cavidades naturales a nivel de piso y suelo, y colores que favorecieron el camuflaje del ave (Gayosso *et al.* 2019). Esta especie de búho se caracteriza por ser un ave depredadora que utiliza cavidades en el piso como refugio, facilidad mimética con el entorno y es flexible al adoptar espacios urbanos como lugar de residencia.

Los registros fotográficos de esta época hacen referencia a cuatro individuos residentes, cuya ocupación de cavidades fue exitosa, en buena medida por las constantes labores de mantenimiento en canchas y jardines. Se registraron dos tecolotes en el CUX, con una residencia de cuatro meses: el *individuo uno* utilizó dos coladeras, una como refugio y la otra como sitio de vigilancia; el *individuo dos*, ocupó una madriguera ubicada atrás de la

cancha de fútbol. Ambos espacios fueron poco concurridos y se encontraban en los límites de conectividad entre pastizales y área urbana, donde particularmente una coladera poco profunda, continuó siendo una cavidad utilizada por una pareja de tecolotes llaneros en 2019 como un sitio de vigilancia y descanso.

Respecto a los tecolotes residentes en COBAEM, ellos utilizaron las madrigueras ubicadas en las canchas de fútbol. En un principio estas aves solo permanecían en la institución durante la noche, principalmente para cazar y descansar hasta el amanecer; debido a que la concurrencia era alta y se exponían a colisiones con automóviles, impactos y agresiones por una parte del alumnado. Sin embargo, este espacio ocasionalmente albergaba tres o cuatro individuos por la constante poda de la vegetación, vigilancia, disponibilidad de alimento, estructuras artificiales elevadas y colores que formaron parte del entorno ya que favorecieron su mimetismo.

En este sentido, los rasgos que se determinaron como distintivos de otros búhos y necesarios para la conceptualización de su refugio artificial son: la ceja de plumas blanquecinas, vientre cremado, patas largas (que facilitan su movilidad en el suelo), plumaje moteado (con puntos) tamaño pequeño (oscilante entre 13-25 cm) y su peculiar postura de encogimiento, ver Figura 8.



Figura 8: Características distintivas del tecolote llanero
Fuente: Propia

En general, el tecolote llanero es un ave rapaz residente del Agostadero²⁸, se contabilizó un total de nueve búhos durante el muestreo (2017-2019) aunque la mayoría fueron itinerantes. Los individuos que utilizaron refugios mostraron una mayor dinámica con el exterior de sus cavidades o madrigueras; ya que adaptaban sus espacios: ampliando la entrada, colocando materia fecal, ramas, pelo, huesos o maximizaban su mimetismo adoptando diferentes

²⁸Un área periurbana muy próxima al Canal General Acapol que conecta con la microcuenca Tláhuac-Xico, cuenta con un extenso parche de vegetación próximo a la zona del muestreo y es casi limítrofe con la Sierra de Santa Catarina

posturas. Además, se auxiliaban de elementos naturales (pasto crecido, arbustos, árboles y montículos de tierra o hierba) para reposar, acechar y vigilar su refugio, y usaron estructuras artificiales (coladeras de baja profundidad, lámparas, muros, tubos, techos, muros salientes y porterías) más próximas a su guarida como alternativas para evadir peligros; incluso de ser necesario, los búhos se introducían en la cavidad o madriguera.

Dichas conductas documentadas y analizadas revelan que es una especie objetivo viable para brindarle refugios artificiales con posibilidades de éxito altas, porque se trata de una especie que emplea la inferencia causal para tolerar la presencia humana mediante el empleo y proyección de estrategias que favorezcan su seguridad, es flexible para asimilar modificaciones en su entorno siempre y cuando no afecte el uso de cavidades en el piso ni la disponibilidad de alimento.

Estas dinámicas se ven reflejadas en el muestreo realizado durante (2020-2021), en él se registró menor presencia y sus únicas interacciones con el área de estudio fueron: cacería, reposo efímero en techos y retirada de las instituciones a través del mimetismo con los pastizales. Este comportamiento, en buena medida se debe a que no contaba con un área abierta de cobertura vegetal corta y con ello hubo una reducción en la disponibilidad de refugios naturales y artificiales en ambas instituciones. Por otro lado, la disponibilidad de alimento redujo aún más en ambas instituciones cuando comenzaron las labores de poda y mantenimiento de exteriores, en diciembre-febrero los pastizales del CUX se convirtieron en suelo desnudo²⁹ y quedaron expuestas las madrigueras cavadas por motocles y conejos, hecho que incrementaba las posibilidades de depredación por las aves rapaces residentes, incluso este factor, facilitó su identificación y clasificación.

Entre los factores de intervención humana que influyeron en la residencia del tecolote llanero se encuentran: la falta de mantenimiento de áreas verdes, pastizales y canchas, uso de suelo pecuario, zonas urbanas deterioradas³⁰, incremento de basura en las instalaciones más lejanas de los edificios y posterior mantenimiento radical por parte del personal que ingresó a las instituciones.

²⁹Es decir, no había vegetación o esta era muy escasa

³⁰Áreas urbanas sin problemas de degradación o contaminación, pero con residuos visibles de infraestructura en desuso (Ching y Shapiro, 2015).

En la Tabla 5 se agruparon los factores identificados en ambos muestreos mediante la comparación de condicionantes de mayor influencia en el manejo de paisaje y consecuente residencia del tecolote llanero.

Tabla 5. Factores condicionantes de manejo de paisaje y ocupación del tecolote llanero.

Factores	Muestreo 2017-2019	Muestreo (2020-2021)
Individuos	9	2
Uso de suelo	Urbano	Urbano, pastizal y pecuario
Actividades antrópicas	Mantenimiento y limpieza constante de áreas verdes	Mantenimiento de áreas verdes paulatino (COBAEM) y limpieza radical (CUX)
	Zona de ocupación en pastizales por instalaciones de Ingenieros Civiles Asociados (ICA) en el CUX	Zona pastizal degradada por residuos visibles de instalaciones en desuso del ICA
	Concurrencia alta	Concurrencia baja
	Presencia de basura menor	Presencia de basura baja (COBAEM) y alta (CUX)
Disponibilidad de sitios de refugio	Alta: Cavidades naturales con vegetación corta	Baja: Cavidades naturales ocultas entre vegetación alta y abundante
	Alta: Cavidades consistentes en coladeras destapadas	Baja: Solo una cavidad artificial
Disponibilidad de sitios de alimento	Abundante en mamíferos pequeños e insectos	Abundante en insectos y aves pequeñas
Depredadores	Menor presencia de aves rapaces	Mayor presencia de aves rapaces
	Mayor presencia de fauna feral	Menor presencia de fauna feral
Colores predominantes	Café, verde olivo, beige, gris, negro, carmín y amarillo mostaza	Café, verde olivo, verde pistache, verde bandera, naranja, beige, negro, gris y amarillo mostaza

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que no solo el diseño de refugios artificiales se basa en fines utilitarios, es necesario tomar en cuenta aspectos socioambientales que influyen en su exitosa inserción, algunos son: características geográficas de la zona, clima, temporada de ocupación, parches de vegetación, conectividad, dinámicas antrópicas de uso de suelo, conocimiento, apropiación de recursos naturales locales y educación ambiental de una manera integral; con la finalidad de mejorar las instalaciones exteriores de espacios urbanos cerrados con amplios hábitats embebidos y preferentemente que sean partícipes en prácticas para conservar

especies nativas de flora y fauna, debido a que las ciudades y las periferias ofrecen condiciones que favorecen la residencia de una diversidad de aves residentes y migratorias.

En este caso de estudio se reportan especies que no residen en espacios más urbanos dentro de una misma entidad, se trata de aves canoras, acuáticas y rapaces quienes fungen como controladoras de plagas que residen o visitan para descansar, estas instituciones educativas, algunas veces los espacios comerciales y domiciliarios vecinos con zonas arboladas, de mayor humedad en temporada de lluvias y poca concurrencia humana.

Finalmente, el resultado del conteo (2020-2021) consistió en el registro de 67 especies de aves (Anexo 7) de las cuales, una se encuentra amenazada y una bajo protección especial de acuerdo con la NOM-059 SEMARNAT-2010 (Conabio, 2021 y Laboratorio de Ornitología de Cornell, 2019), dos especies son endémicas del Centro de México (Defenders of Wildlife, 2020), dos casi amenazadas y una amenazada en la IUCN³¹ (Berlanga, *et al.* 2019). Es importante tomar en cuenta que, para diseñar refugios artificiales dirigidos a aves urbanas, es necesario conocer el estatus de conservación de estas especies, su distribución y con base en ello identificar las aves nativas que requieran este tipo de estructuras para favorecer su permanencia y no promover prácticas que beneficien a especies exóticas, las cuales podrían desplazar y competir por alimento con las especies locales.

6.2. Parámetros del diseño de refugios artificiales para aves rapaces urbanas

Es primordial identificar cuáles son las variables para diseñar refugios artificiales que tomen en cuenta las necesidades de las especies, los requerimientos que éstas tienen, las especies que están asociadas, el aprovechamiento de sus recursos inmediatos, los materiales de fabricación, manufactura o construcción, formas, colores, usabilidad, entre otros que se desglosan a continuación, como resultado de la revisión de aquellos que fueron considerados para el diseño, proyección, construcción e implementación de hábitáculos artificiales. No obstante, esta investigación ha profundizado en el estudio, seguimiento y registro de actividades que llevan a cabo las aves en la ocupación de refugios; al igual que la identificación de interacciones que tienen con las estructuras naturales y artificiales de espacios urbanos, basándose en las formas elementales que poseen para diseñar hábitáculos

³¹Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

artificiales que tengan una mejor inserción en su entorno y una mejor aceptación por parte de este grupo.

Obtención de datos estructurales

Es relevante agrupar los componentes estructurales que integraron al habitáculo artificial. El primer elemento fue el número de componentes que integran las madrigueras naturales y artificiales; uno de ellos es la vía de acceso por ser el primer elemento de contacto con el usuario y el medio externo, no obstante, hay otros elementos que integran una madriguera natural. La entrada es el elemento fundamental de una madriguera natural, que de cuatro partes: las primeras dos son a partir de la entrada *ancho* (distancia horizontal en relación con el plano horizontal), altura (distancia vertical, con razón del plano anterior) y las segundas corresponden con el *diámetro interior* (circunferencia interna) y *profundidad* (el límite interno de la madriguera). En la Figura 16 se muestra el esquema de la estructura general:

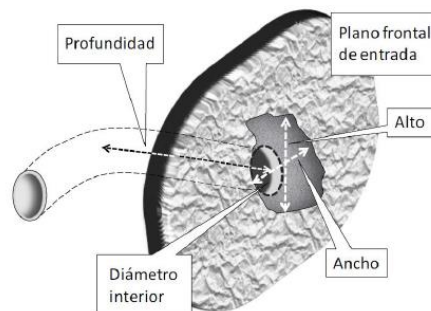


Figura 16: Entrada de madriguera natural
Fuente: UANL, Facultad de Ciencias Biológicas

Respecto a las artificiales, su estructura general se divide en tres elementos: la entrada, túnel y cámara interna, no obstante, la cantidad puede variar de acuerdo con las dimensiones de extensión que ocupe el túnel o si hay más entradas “se agregan aditamentos como cabinas auxiliares o en el exterior perchas (...) entradas interconectadas a una cámara, secciones cortas en los accesos; dividiendo túneles, mediante el cambio de dirección con distancias cortas, pero prácticas” (Gayosso, 2019:60). En la Figura 17 se ilustran dos madrigueras

artificiales o ABS³², donde (A) refiere una estructura simple y (B) una pieza complementaria al túnel que conecta con la cámara.

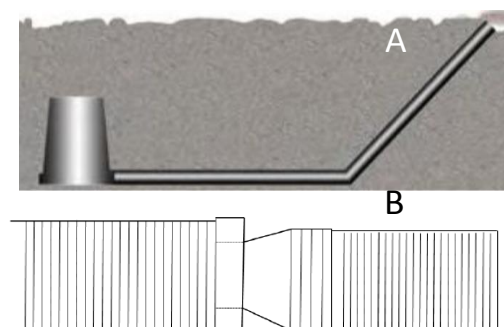


Figura 17: Madriguera artificial y patio antidepredador
Fuente: Clark (2011) y Johnson (2010)

Se registró un total de tres madrigueras utilizadas y la ocupación de dos cavidades artificiales por el tecolote llanero y se contabilizaron 17 refugios, de los cuales seis fueron utilizados por motocles, dos por serpientes, tres por conejos y seis por tuzas. Véase tabla 6 donde se muestran los puntos de ubicación de los refugios por especie y registrados por mes en el último muestreo.

Tabla 6. Refugios registrados por mes.

Institución	Especie	Punto	Mes				TOTAL
			Octubre	Noviembre	Diciembre	Marzo	
CUX	Motocle	Ccod3	1			2	6
		EDP4				3	
	Cincuate	EICA6	1				2
		MNat5	1				
	Conejo	ACoi8		1	1		3
		ICA7				1	
COBAEM	Tuza	Viv01		1			6
		EFMont02	1	1		1	
		EGp03			1	1	
REFUGIOS REGISTRADOS POR MES			4	3	2	8	17

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las cavidades dimensionadas se organizaron tanto por especie como por tipo de cavidad (natural y artificial), las dimensiones estructurales de la vía de acceso o entrada y profundidad del túnel. Estos datos se conjuntaron en la Tabla 7:

^{32c}Las madrigueras artificiales también son conocidas como ABS, por sus siglas en inglés *Artificial Burrows Systems*” (Gayosso, 2019:54)

Tabla 7. Atributos de las madrigueras y refugios artificiales.

Refugios-Madrigueras		Atributos				
Especie	Tipo	Largo	Ancho	Profundidad	Contorno	Forma de la entrada
Conejo	Natural	35cm	18.5cm	3m	13cm	Circulares irregulares
	Mixto	46cm	14.5cm	6m	13cm	
Motocle	Natural	10Ø		5m	13-19cm	Circular
	Artificial	2m	23.5cm	17-33cm	12cm	Rectangular
Tuza	Natural	16Ø		27cm	18cm	Circular
Cincuate	Natural	12Ø		4m	8cm	Circular
Ticolote llanero	Natural	18Ø		1.5m	10cm	Circular
		15Ø		5m	14cm	Círculos concéntricos
	Artificial	105cm	105cm	71cm	6.5cm	Cuadrada

Fuente: Elaboración propia

Debe señalarse que la cavidad con forma rectangular es la más utilizadas por mamíferos y tecolotes llaneros por su versatilidad en dimensiones poco profundas y entrada a drenaje libre de malla, asimismo, se definieron las dimensiones estructurales que integran la madriguera: la distancia mínima entre madrigueras o cavidades de ocupación del tecolote llanero es 167 m a 185 m máximo, las dimensiones de la entrada de la madriguera son de un diámetro que va de 15Ø a 16Ø, el contorno de la entrada mínimo es de 6.5 cm a 18 cm y la profundidad del túnel es de 5 m. Dichas dimensiones le permiten al ave adaptar el espacio de acuerdo a sus necesidades y resguardarse de manera segura.

6.2.1. Consideraciones biológicas

El registro de aves corresponde con la realización de muestreos para determinar su abundancia, uso de suelo, viabilidad de realización y determinación sobre la implementación de refugios artificiales en espacios urbanos y periurbanos. Dicha actividad ha requerido al menos cuatro años de seguimiento del tecolote llanero como especie objetivo, donde se ha priorizado identificar los parámetros más próximos que atiendan la tricotomía: usuario-entorno-objeto a partir del estudio de la especie en sí y su entorno físico, lo cual refiere a identificar un grupo de variables biológicas que giran en torno al ave y que se integrarán con otros campos, sobre todo en la medida que “es conveniente que los muestreos se realicen a

lo largo de períodos prolongados (5 años por lo menos) para tener una idea más precisa de la variación de poblaciones biológicas a lo largo del tiempo” (Hernández, 2021:3). Dichas variables se clasificaron en: factores externos (Fe) que se entrelazan con otros internos (Fi) para interpretar la relación usuario-ambiente. En la Figura 9, se muestran dichos factores.

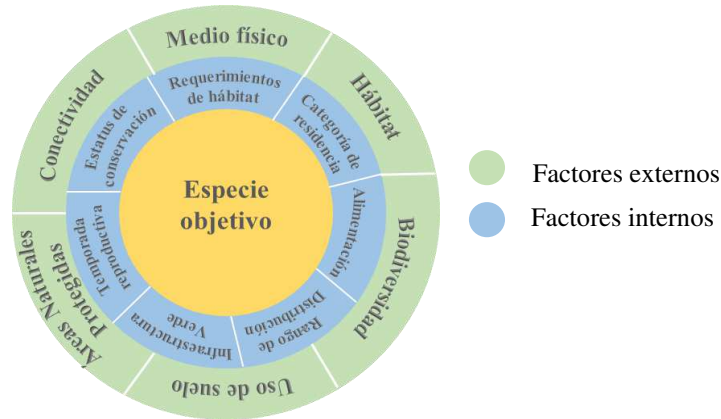


Figura 9: Factores biológicos externos e internos
Fuente: propia

Los Fe son variables externas que son determinadas por el medio físico, ubicación geográfica y ecosistema, el cual está asociado a la biodiversidad, uso de suelo, categorización de áreas naturales protegidas y conectividad. Los primeros tres se refieren al contexto: clima, altitud y latitud, temperatura, características de suelo, precipitación, refugio alimento y tipo de paisaje que habita la especie objetivo, mientras que los cuatro últimos involucran las dinámicas antrópicas de apropiación y manejo de recursos naturales que modifican la estructura original del contexto a través de interacciones entre redes naturales y artificiales.

Los Fi son variables internas que corresponden a las necesidades de las aves y una clasificación referente al estatus de conservación o categorías de riesgo³³ que podrían estar diversas especies de aves. Entre los requerimientos de hábitat se encuentra: la cobertura de vegetación o infraestructura verde, cuerpos de agua, periferia con árboles, arbustos o sin vegetación (Monroy *et al.* 2018) que corresponden con alimentación, rango de distribución y temporada reproductiva; éstas consideraciones son comunes en todas las especies de aves, no obstante, hay otras que difieren como: la categoría de residencia³⁴ y fauna de acompañamiento (proveedora de refugios, potenciales presas o depredadoras). Dichas

³³Este dato es relevante para la realización de planes de gestión, comercio, protección, conservación, reintroducción, tratados internacionales, entre otros que buscan promover el cuidado de las aves que se encuentren en esta clasificación; ya que parten de normatividades

³⁴Si son residentes permanentes, residentes de otoño o invierno o migratorias transitorias Pineda, (2018)

consideraciones fueron resultado del muestreo realizado y se ven organizadas en la Tabla 8 con referencia al tecolote llanero como especie objetivo.

Tabla 8. Consideraciones biológicas del tecolote llanero en la zona de estudio.

Especie objetivo			
Factores externos		Factores internos	
Clima	Templado	Cobertura de vegetación	Predominancia de arbustos nativos y árboles introducidos
Temperatura	Min. 13°C/Máx. 28°C	Cuerpos de agua	Artificiales
Coordenadas del sitio de muestreo	Cco3 19.298, -98.957	Requerimiento de paisaje	Periferia con árboles
	EFMont02 19.2985377, -98.9532615	Alimentación	Insectos, mamíferos pequeños, aves y anfibios
Características del suelo	Suelo lacustre predominante al 85%	Rango de distribución	Poblaciones residentes principalmente al norte de México y grupos no reproductivos al centro y sur de la República Mexicana
Precipitación	Variaciones de 600 a 1200mm	Temporada reproductiva	Abril-Junio
Tipo de paisaje	Pastizal	Puesta	4-12 huevos
Uso de suelo	Urbano y pecuario	Estatus de conservación	Sujeto a Protección Especial
Categorización de Áreas Naturales Protegidas	Ninguna	Fauna de acompañamiento	Motocles, Conejo Serrano, Tuza de la Cuenca de México, Aguililla Cola Roja, Halcón Esmerejón y Cernícalo Americano
Conectividad	Matas de arbustos y pasto con sustrato de concreto		

Fuente: Elaboración propia con base en Master Planning (2012); Monroy *et al.* (2018) y Laboratorio de Ornitología de Cornell (2021).

Estas consideraciones que van de aspectos globales del territorio, uso de suelo y tipo de paisaje hasta aquellas que son particulares de la especie y distinguen al sitio de estudio, se pueden tomar en cuenta como variables biológicas básicas para diseñar habitáculos artificiales dirigidos a aves que se encuentren en una categoría de riesgo y sean nativas del lugar; porque su distribución y fauna de acompañamiento son factores intrínsecos de este sistema abierto y como tal podrán repercutir en beneficios ambientales mutuos con otros elementos del sistema como los formales, sociales y ecológicos, por lo cual no pueden ser

aislados. Sin embargo, que un ave se encuentre en alguna categoría de riesgo, no implica que sea un requisito obligatorio; ya que hay especies que no necesariamente están amenazadas, en peligro de extinción o bajo protección especial, pero podrían llegar a considerárseles si no se prevé un manejo adecuado del uso de suelo y disponibilidad de refugios.

6.2.2. Consideraciones de diseño

Una de las primeras fases del diseño y desarrollo de producto basado en el reconocimiento de los sistemas interrelacionados entre sistema industrial y medio ambiente, la cual está asociada al uso de materiales, procedimientos productivos, costos, entre otros “es necesario saber identificar las problemáticas, las condiciones, las soluciones o las limitaciones reales de un producto o de un sistema de producción” (García, 2008:47). En esta investigación se resaltó la identificación de soluciones y limitaciones en el diseño de refugios artificiales al profundizar el escenario del usuario primario animal, se identificaron los criterios para el diseño de habitáculos artificiales basados en la especie y de la realización de proyecciones de aproximación mediante el proceso creativo.

A partir del muestreo realizado, la asistencia a talleres de estudio y manejo de fauna silvestre e investigación documental se vislumbró que el diseño de refugios artificiales apunta hacia la creación de objetos o espacios que poco abundan en: su ubicación espacial, determinación de posturas de las aves usuarias, no hay un consenso que considere a la fauna nativa ni alguna aproximación a respuestas que tienen las aves con base en las formas presentes de su entorno inmediato. Mientras que, los aspectos formales ampliamente desarrollados desde el diseño consideran principios miméticos con la naturaleza, complementariedad con aditamentos, criterios de colocación, seguridad, mantenimiento, temporalidad reproductiva y hábitos de las aves en cuanto a anidamiento, alimento y descanso.

Estos rubros, se pueden considerar como elementales para conocer al usuario, proyectar formas que asemejan sus hábitats naturales y les provean resguardo, sin embargo, al no considerar al ave como usuario primario, los principios estructurales solo son superficiales y centrados en un solo tipo de ave, aislando otras especies. En la Figura 10 se esquematizan los factores que intervienen en el diseño de refugios artificiales, que fueron identificados, desde la arquitectura ecológica en conjunto con el diseño industrial y aspectos biológicos puntuales del objeto de análisis.

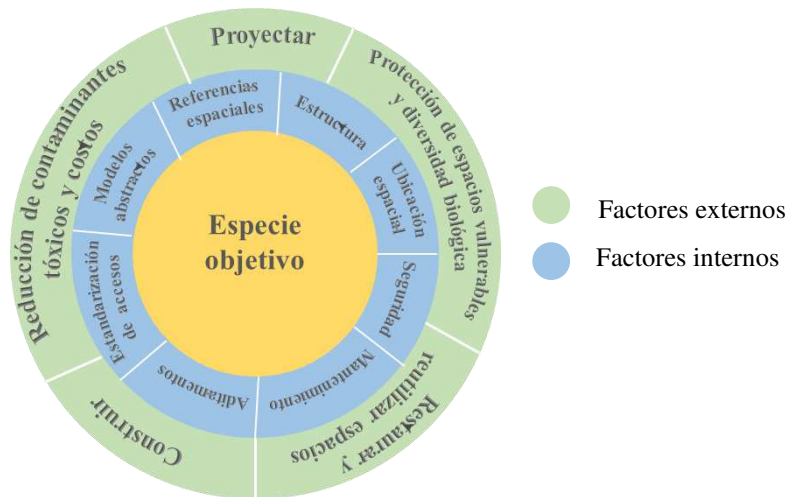


Figura 10: Factores de diseño externos e internos
Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, los Fe parten de elementos globales que conciernen al medio físico. Los primeros dos elementos que integran las consideraciones del diseño identificadas son: la proyección y construcción, ambos dirigidos al diseño de refugios artificiales que provean un espacio apropiado para que la especie objetivo habite o retorne al sitio que alguna vez ocupó. Los siguientes dos atienden el mejoramiento y disminución de impactos al medio ambiente, a través de la reducción de contaminantes y considerar la disminución en costos de producción; paralelamente es recomendable fijar la meta de proteger espacios vulnerables a cambios de uso de suelo y la diversidad biológica, cuyo resultado a largo plazo es la restauración y/o reutilización de espacios deteriorados o abandonados.

Respecto a los Fi, corresponden con aspectos estructurales del habitáculo basados en los requerimientos de la especie. La estructura es el eje central, ya que a partir de esta se determinan los modelos abstractos que permiten conceptualizar las formas, determinar la cantidad de piezas, aditamentos, establecer la orientación de la vía de acceso o determinar su estandarización para que solo una determinada especie pueda acceder en el interior y facilitar el mantenimiento del refugio. Asimismo, se propuso la integración de dos factores inherentes al ave usuaria: la ubicación espacial del refugio, cuya determinación depende de su comportamiento y utilización de espacios elevados o uso de cavidades; y la definición de referencias espaciales³⁵, la cual alude a las formas que identifican o asocian las aves como cercanas a sus refugios y son elementos que favorecen su protección y residencia.

³⁵Son una respuesta de la memoria espacial de navegación que utilizan las aves para buscar fuentes de alimento, encontrar comida escondida y volver a casa. Es decir, se trata de puntos de referencia que utilizan las aves para

Las aves dependen, en buena medida, de su visión para ubicar puntos de referencia que faciliten llegar a su refugio, (Nathan, 2017:48) señala que “un punto de referencia no es suficiente, ya que solo informa la distancia entre él y el destino, no de la dirección que hay que seguir. Pero con dos o más su conexión con un destino sí se puede usar para identificarlo con más precisión”. En la Tabla 9, se agruparon las características distintivas de los puntos de residencia del tecolote llanero, junto con los caracteres estructurales de los refugios que ocuparon y se definieron las referencias espaciales para su retorno y ocupación.

Tabla 9. Puntos de residencia, referencias espaciales y refugios de ocupación.

Institución	Punto	Características distintivas	Referencias espaciales	Refugios
CUX	Ccod3	Hay un camino pedregoso que divide el parche de vegetación del sustrato de concreto.	Arbustos abundantes junto a lámparas, sillas apiladas, montículo de cilindros de concreto, tierra, hierba seca y un edificio aislado	Ubicación espacial a nivel de piso y uso de cavidades artificiales
		Vegetación abundante, verde de altura mayor a 3m en temporada de lluvias, en época de secas menor a 1.5m		Formas de la entrada círculos, círculos concéntricos y cuadradas
	EDP4	Distribución intencional de: edificios, jardineras, puntos de reunión, explanadas, luminarias, líneas de árboles y arbustos	Vidrios extensos en el techo, cancha de futbol, línea de palmeras, antena elevada, círculos extensos en el piso y asientos de concreto en forma de cubos	Ubicación espacial a nivel de suelo y uso de madriguera
Uso de formas geométricas elementales como círculos y cuadrados		Forma de la entrada circular		
COBAEM	Viv01	Vegetación xerófila abundante y delimitada	Porterías de futbol, extenso campo de pasto corto, reflectores semiesféricos y edificios de una sola planta	Forma de la entrada círculos concéntricos, ubicación espacial a nivel de suelo y uso de madrigueras
		Elevadas luminarias, reflectores y cámaras de vigilancia		
		Vivero con plantas suculentas		

encontrar sus refugios o sitios de descanso, estos pueden dividirse en pistas globales (montañas, límites de reservas, líneas de árboles, edificios o carreteras, entre otros) y pistas pequeñas (árboles, rocas u otros afines) Nathan (2017:45-48)

	EFMont02	Transecto de conectividad con cobertura vegetal hacia el estacionamiento y edificios	Extenso campo de pasto corto, sillas apiladas y un edificio aislado	
		Vegetación arbustiva abundante		
		Canchas de futbol con pasto corto		

Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Consideraciones ecológicas urbanas

La integración de este campo coincide totalmente con el diseño de refugios artificiales que se insertan en espacios naturales que fueron intervenidos para el desarrollo de edificaciones y provisión de servicios en una demarcación territorial. Los Fe que intervienen en estas consideraciones abundan en la significación de servicios ecosistémicos y servicios de abastecimiento para las ciudades. Asimismo, se agregó la comunidad (humana, flora y fauna) en un mismo rubro y se desglosaron la intensidad de perturbación (que involucra contaminación lumínica y sonora), infraestructura (objetos urbanos presentes en el entorno) y especies adaptables (aquellas que han modificado sus hábitos y toleran más la presencia humana).

En tanto, los Fi corresponden con las herramientas cognitivas que desarrollan las especies que habitan los entornos urbanos, entre ellas se encuentran: cambios en su comportamiento, patrones de movimiento individuales, resolución a problemas ecológicos, usuario urbano y memoria espacial. En la Figura 11 se muestran dichos factores agrupados con base en la especie objetivo, los cuales se consideran relevantes porque determinan tanto la ubicación espacial del habitáculo como criterios susceptibles para desarrollar manuales de control y gestión de infraestructura urbana que minimice su impacto contaminante y consumo de energía, por ejemplo, las luminarias.



Figura 11: Factores ecológicos urbanos externos e internos
Fuente: Elaboración propia

Estos factores, se desglosan como resultados de la observación encubierta y diario de campo en una zona urbana y los elementos estructurales distintivos de zonas urbanas. La información referente a las actividades, entorno, interacciones, objetos y usuarios fue procesada mediante el uso del formulario AEIOU; en esta investigación se catalogaron los elementos urbanos que intervienen en la identificación, selección, ocupación o adopción de un refugio por parte de las aves rapaces, se clasificaron los tipos de madrigueras y se definieron las variables ecológicas urbanas que caracterizan a los usuarios primarios de refugios artificiales, en este caso aves rapaces.

Las *actividades*, se catalogaron como directas (acciones netas realizadas solo por la fauna), indirectas (dinámicas de intervención humana en el espacio) y comunes (actividades que realizan humanos y animales). Del *entorno*, se clasificaron elementos concernientes al medio físico, cuerpos de agua y referencias espaciales. Los *objetos*, se agruparon en naturales con base en el grupo de interés (madrigueras y nidos), artificiales (edificios, luminarias, etc.), no intencionales (conciernen los desechos sólidos como plástico, que fueron desechados y no cumplen alguna función) y mixtos (refugios adaptados o construidos con desechos sólidos). Respecto a los *usuarios* se dividieron en dos grupos: primarios (aves migratorias/residentes y mamíferos nativos/domésticos) y secundarios (personal institucional y transitorios como alumnos y visitantes) ver Figura 12.

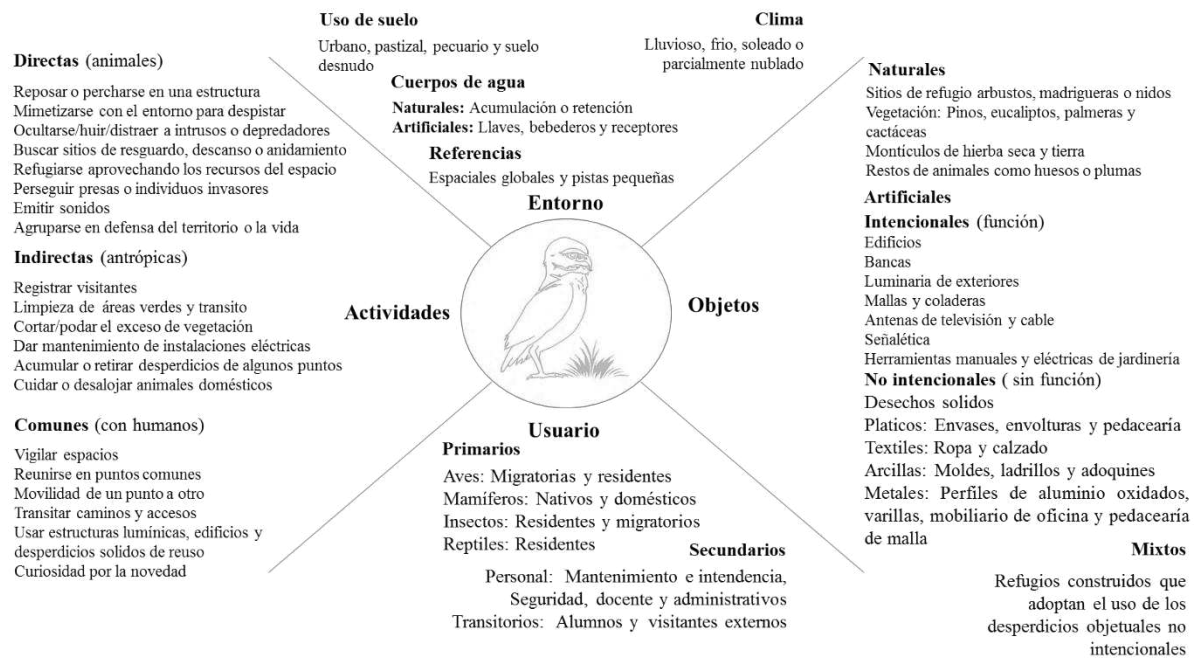


Figura 12: Mapeo de información
Fuente: Elaboración propia

En la realización del mapeo, se encontraron los siguientes datos: las *actividades directas* son aquellas que determinan el grupo de interés y especies asociadas con objetos naturales y artificiales para reposar, vigilar, acicalarse o facilitar otras dinámicas, mientras que las *indirectas* podrían afectar negativamente a la mayoría de las especies residentes al estar estrechamente ligadas al manejo de paisaje, si se hace un cambio radical y las *comunes* determinan elementos clave que favorecen el desenvolvimiento natural de la fauna sin la invasión excesiva humana. Por otro lado, al establecer la relación *objetos-usuarios*, se observó que es resultado de la conducta que tiene la fauna para desenvolverse en su medio y el aprovechamiento de sus capacidades físicas para preservar su vida a través del mimetismo, construcción o adopción de refugios y desarrollo de herramientas cognitivas.

Aunque las habilidades cognitivas no fueron el centro de esta investigación, su relación permite identificar oportunidades de mejora en el desarrollo de propuestas que favorezcan el mimetismo del usuario mediante las formas elementales que integran su refugio y promover el dinamismo de su comportamiento natural en espacios comunes con el ser humano. Finalmente, las *interacciones* encontradas en campo se clasificaron de acuerdo al punto y la relación objetos-usuarios, es decir, aquellas presentes que tienen relación directa

con los habitáculos para una posterior organización de patrones formales del diseño con estructuras naturales y artificiales. En la Tabla 10 se muestra una síntesis de estas.

Tabla 10. Interacciones registradas de objetos-usuarios.

Institución	Punto	Objeto	Interacción	Usuario
CUX	Ccod3	Cables de luz, lámparas y techos	Reposo o vigía	Aves de talla pequeña
	EDP4	Naturales y artificiales	Concurrencia	Animales y humanos
	Mnat5	No intencionales	Búsqueda de alimento o materiales	Aves de talla pequeña
		Hierba seca	Refugio	Aves de talla pequeña y mamíferos
		Árboles	Percha o reposo	Aves rapaces
	Maderas incrustadas			
	EICA6	Cavidades en el suelo	Entradas a escondites, distractores o madrigueras	Motocles, tuzas y conejos
	Acoi8	Construcciones abandonadas	Escondite	Aves, motocles y conejos
Tubos de metal o PVC				
COBAEM	Viv01	Edificios de planta baja	Percha o reposo	Cernícalo Americano
	EFMont02	Áreas verdes y canchas	Mantenimiento	Humanos
	EGp03	Árboles	Asecho y consumo de alimento	Aves rapaces
		Reflectores		
		Vegetación abundante	Protección y camuflaje a madrigueras	Tuzas
	Caf04	Pasillos	Tránsito y vigilancia	Humanos
			Conectividad entre madrigueras y sitios de caza	Tuzas y aves rapaces
		Torres de luz	Asecho, reposo y vigilancia	Aves rapaces
Lámparas				

Fuente: Elaboración propia

Entre los elementos urbanos que influyen con la ubicación y selección de refugios, se encontró que las aves rapaces utilizan espacios con líneas de árboles con altura mayor a cinco metros (como palmeras, eucaliptos, casuarinas y pinos), perchas con altura mínima de 1m ½-9m en el suelo y 3m en el techo, además, la concurrencia es baja, espacios abiertos con cobertura vegetal abundante y colores en el entorno que favorezcan su mimetismo. Respecto a los mamíferos excavadores, solo hay dos diferencias: ellos requieren espacios con disponibilidad de cavidades en el suelo para resguardarse y cobertura vegetal máxima de 60cm de altura, ya sea vegetación seca o viva.

Clasificación de atributos

Respecto a la tipología de las madrigueras (Anexo 8), su clasificación tuvo por objetivo diferenciar las características distintivas de cada una y determinar los elementos auxiliares próximos a éstas para identificar cuáles son las que utilizó el tecolote llanero para residir. En la Tabla 11 se muestran usuarios y patrones formales de las madrigueras, esta información revela que su uso o creación están relacionadas con actividades primordiales de escondite, descanso, vigilancia y camuflaje.

Tabla 11. Tipología de las madrigueras

Usuario	Motocle	Tuza	Conejo Serrano
Patrón formal	Craquelamiento, agrupación y jerarquización	Apilamiento compacto, craquelamiento, agrupación y orden vertical-helicoidal	Agrupación, craquelamiento, división, ramificación y apilamiento compacto
Descripción de la madriguera	Suele tener vegetación cercana que utiliza para camuflarse y la entrada es circular.	Se distingue por tener pequeños montículos de tierra alrededor, además, puede tener vegetación corta o crecida y la forma de la entrada son círculos concéntricos	Suelen estar al costado del piso o accesos hechos de concreto. También cuentan con vegetación fresca o seca en la entrada, con fines miméticos
Resolución de problemas ecológicos	Crea distractores con entradas a túneles poco profundos	Tapa la vía de acceso o entrada si el alimento es escaso o hay depredadores cerca	Adopta desperdicios objetuales no intencionales y los integra a su madriguera para pasar desapercibida

Fuente: Elaboración propia

Basándose en esta tipología, los tecolotes llaneros que utilizaron madrigueras adaptaron aquellas desarrolladas por motocles y tuzas. Estas últimas tuvieron mayor preferencia por contar con montículos pequeños de tierra alrededor, cobertura vegetal corta (arbustos y/o pasto), piedras pequeñas en la entrada, estar en zonas poco concurridas y contar con una vía de acceso de círculos concéntricos, lo cual permitió a los búhos agrandarla, agregar elementos para carnada y almacenar alimento; a diferencia del motocle, cuya entrada a madriguera es circular, más estrecha y tiene mayor proximidad con arbustos. Ver Figura 13.



Figura 13: Ocupación y adaptación de madrigueras
Fuente: Propia

Respecto a las cavidades artificiales, solo hay una que se ha mantenido disponible para su ocupación como refugio, descanso (tecolote llanero durante su residencia o visita) o escondite para motocles y conejos, ver Figura 14. Se trata de una coladera de baja profundidad, con una entrada a drenaje de forma circular, en la que se tomaron dimensiones y se obtuvieron los patrones de movimiento individuales del búho, ver Figura 15 que corresponden a estrategias de inferencia causal, es decir, adopción de posturas que pueden ser replicadas con otras cavidades artificiales similares.



Figura 14: Ocupación de cavidad artificial
Fuente: Propia

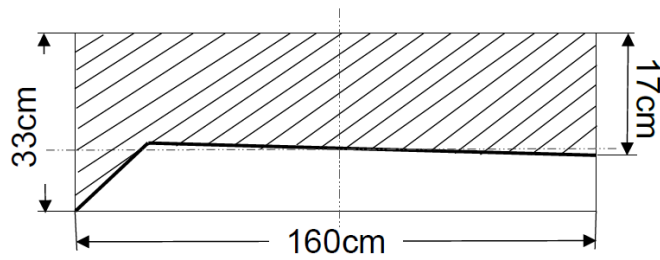
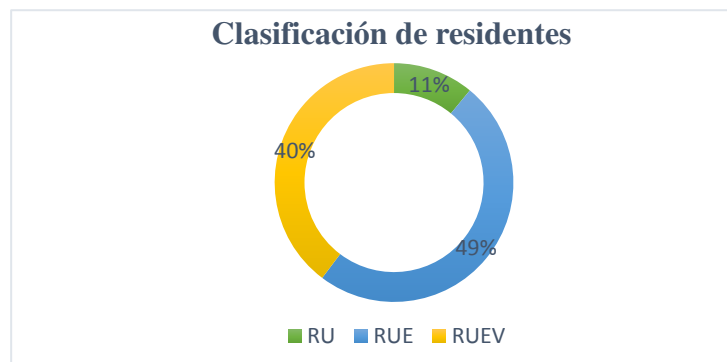


Figura 15: Dimensiones de la coladera poco profunda
Fuente: Gayosso (2019)

Finalmente, se organizaron los perfiles de los usuarios animales con base en la clasificación de Fisher *et al.* (2015) de las especies de aves y mamíferos registrados, enfatizando en las unidades de análisis. Esta clasificación se basó en las actividades evasoras y ubicación de especies en sitios más próximos a los pastizales, alejados de instalaciones urbanas y asentamientos humanos. El total de especies fue de 73, de las cuales 8 son residentes urbanas (RU), 36 son residentes urbanas explotadoras (RUE) y 29 son urbanas evasivas (RUEV), ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Clasificación de residentes registrados
Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tecolote llanero, se determinó que es un residente urbano explotador flexible a diferencia de las otras rapaces, que evaden la presencia y proximidades humanas, lo cual le da ventaja para ocupar refugios más próximos con los asentamientos humanos. Mientras que las especies excavadoras son evasivas y se encuentran sujetas a la disponibilidad de campos abiertos embebidos en instituciones de acceso restringido.

6.3. Principios formales para el diseño de refugios artificiales

La identificación de estos principios se hizo en torno a la propuesta de patrones formales propuestas por Vanden (2018), donde las formas elementales o básicas son el canal de significados que las aves asocian con nociones de protección y resguardo. Debido a que

las aves rapaces son el objeto de estudio, se acentuó en sus interacciones y asociaciones del paisaje para clasificar las formas, sus combinaciones, principios estructurales y unión de segmentos que constituyen la estructura de los habitáculos. Es decir, se organizaron los arquetipos, se les asignó significado y se establecieron relaciones entre los elementos que conforman los refugios con la ponderación de grados y niveles propuesta por García (2007) que evalúa el empleo de estrategias de los animales para resolver problemáticas ecológicas, en este caso relacionadas a cómo utilizan, adoptan o construyen sus habitáculos.

6.3.1. Definiciones estructurales

Una vez clasificados y conjuntados los elementos que integran las entradas de los refugios, se procedió a definir el significado de las formas elementales y los patrones formales del diseño encontrados en los puntos de conteo, los cuales corresponden a estructuras naturales y artificiales que rodean a las madrigueras o cavidades. Estas formas y patrones fueron divididos de acuerdo a su tipo de estructura, se identificó al patrón que pertenecen, se asignó el significado propuesto por Vanden (2018) y se determinó la interacción resultante de las actividades que se registró por parte de los usuarios³⁶. La definición de estas estructuras se concentró en la Tabla 12 como una primera aproximación global sobre el significado que adquieren los patrones formales del diseño, basados en las actividades realizadas por los usuarios animales para resolver sus necesidades ecológicas como elementos que les permiten desenvolverse en un entorno construido.

³⁶Se obtuvo un total de 101 interacciones por parte de las aves rapaces, de las cuales 58 corresponden al tecolote llanero, 33 al cernícalo americano, siete a la aguililla cola roja y tres del halcón esmerejón; cuyas actividades principales consistieron en: reposar, mimetizarse, vigilar, sobrevolar, evadir, ahuyentar, cazar, adaptar su refugio y almacenar alimento, particularmente, el tecolote llanero tuvo mayor desempeño en estas últimas dos.

Tabla 12. Principios formales del diseño aplicados.

ESTRUCTURAS				
Natural	Artificial	Patrón formal	Función/Significado	
Operaciones				
Palmeras	Malla	División	Generación de jerarquías y ritmos	Obse visto
Nopaleras	Macetas	Agrupar	Repetición de un elemento	Re
Racimos de chocho	Lámparas	Unificar	Síntesis de diversos componentes	Rep
Frutos y flores	Edificios	Jerarquizar	Ordenar el agrupamiento y tomar en cuenta cierta escala	Ide ev
Arbusto	Techos a dos aguas	Articulación	Relacionar las partes del todo de manera dinámica	Repo arriba
Hongos	Aparatos de ejercicio para exteriores	Desmembrar	Destaca la independencia de las partes por encima del conjunto	Refugi
Helechos	Reflectores cuadrados	Reducir-disminuir	Reducción del tamaño y simplificación	Cubri
Capullos	Garrafón	Expansión-contracción	Formas contenedoras	Prote
Patrones naturales				
Plantas trepadoras	Pisos antiderrapantes	Flujo	Formas fluentes que crecen a lo largo de líneas de esfuerzo	Trasla

Huevo	Focos	Curvatura	Contracciones diferenciadas dentro del material ocasionan una curvatura involutiva de toda la superficie	Pro
Troncos	Polín de madera	Craquelamiento	Equilibrio y ruptura	R mime siti
Burbujas	Soportes y protectores de las ventanas	Agregación celular	Superficie que definen fisuras geométricas definidas por funciones de planos o puntos	
Montículos de hierba seca	Sillas apiladas	Apilamiento compacto	Economía de espacios sobre varios elementos semejantes	Re asech
Esquemas de organización de recursos				
Árboles	Postes de luz	Ramificación	Noción jerárquica entre una gran variedad de formas de interconexión	Repos im
Diente de león	Alambre de púas	Explosión	Dispersión por parte de un origen	Repos
Botones de flor	Reflectores esféricos	Esfera	Protección y compactación	Es proteg
Aceitilla	Velcro	Jerarquía inducida	Explosión con centros intermedios, repartición	E
Plantas de hojas redondas	Antenas para TV	Estructura vertical-helicoidal	Expresión vertical de la espiral	Repos

Fuente: Elaboración propia con base en Vanden (2018)

Una vez identificadas las formas elementales que utilizan las aves rapaces y las principales interacciones que tienen en los espacios urbanos, se realizó una ponderación³⁷ a partir de la integración de las consideraciones biológicas, del diseño y ecológicas urbanas que fueron identificadas para la proyección de refugios artificiales para aves rapaces urbanas. Los datos se organizaron en la Tabla 13.

Tabla 13. Elementos de evaluación entre aves rapaces.

Grados	Niveles
Espacios urbanos	Básico Medio Avanzado
Diseño y ecológico	
Vía de acceso o plano frontal de entrada	
Centímetros	
Patrones de movimiento	
Refugiar	

Fuente: Elaboración propia con base en Mora (2004) y García (2007)

Esta comparación entre especies se aplicó principalmente con los depredadores para determinar el nivel de posibilidades exitosas que tiene el tecolote llanero para ocupar refugios artificiales que sean seguros, favorezcan su especie y posibiliten su reproducción. El resultado de la ponderación por grados y niveles entre esta especie y sus potenciales depredadores se expresaron en la Figura 16 y revelaron lo siguiente:

Tres individuos de tecolote llanero mostraron un grado seis con un nivel avanzado por haber ubicado refugios en espacios poco concurridos, adaptarlos con materiales naturales y artificiales, ubicar sitios elevados para evadir peligros en tierra.

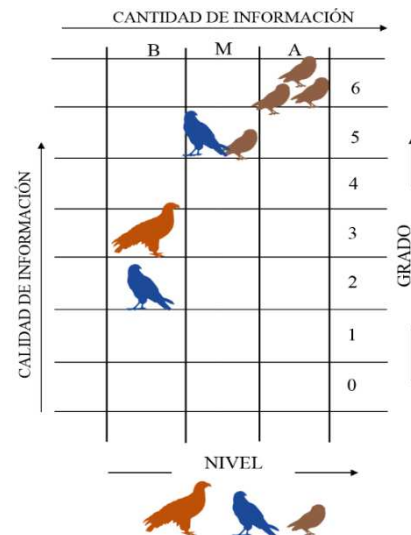


Figura 16: Parámetros aplicados
Fuente: Elaboración propia

³⁷Se trata de una parametrización propuesta por Mora (2004) y García (2007) que considera grados (del uno al seis) y niveles (aptitud o capacidad física o fisiológica que sustenta la conducta de un organismo) donde:

1. Un plano de la realidad jerarquizada (contexto)
2. Una categoría de abstracción (campos del conocimiento)
3. Una parte “infinitesimal” del conjunto
4. Una unidad de medida (cuantitativa)
5. Modo de “organizar” o “articular” el ser
6. Una determinada actividad donde se distribuyen, clasifica o “gradúan” objetos de acuerdo con ciertas características previamente especificadas

Además, mostraron un comportamiento tolerante a la presencia humana, flexibilidad a cambios en el paisaje y curiosidad por la novedad. Solo un individuo, tuvo un grado cinco y nivel medio por su comportamiento evasivo a la cercanía humana, no obstante, el también realizó un proceso de adopción y adaptación de madriguera según sus necesidades y disponibilidad de alimento.

De los halcones registrados, uno mostró mayor flexibilidad a utilizar espacios medianamente concurridos, ubicó un sitio de percha para reposar, acicalamiento, asecho y vigía, muy próximo al pastizal. Sin embargo, no uso refugios dentro de la zona de estudio ni residió en ella; únicamente visitaba el lugar para cazar y alimentarse. El otro halcón, evidencio un grado dos con un nivel bajo, ya que no toleraba la presencia humana y únicamente reposaba en elevados arboles utilizando su cualidad mimética.

Respecto al aguililla, esta obtuvo un grado tres con un nivel bajo. Aunque ubico un refugio cercano al área de estudio, no realizo ningún procedimiento de adaptación y únicamente utilizo su cualidad mimética. Esta ave toleraba la presencia humana, únicamente si contaba con elevadas estructuras para vigilar y si había cobertura vegetal abundante y cercana.

De este modo, se concluyó que el tecolote llanero es un ave rapaz flexible para habitar espacios urbanos concurridos y tolerar la presencia humana, lo cual tiene mayor influencia sobre sus potenciales depredadoras debido a que los refugios son susceptibles de colocación en áreas urbanas con menor cobertura vegetal, si se consideran los criterios biológicos, de diseño y ecológicos urbanos para favorecer su residencia y promover su reproducción sin cautiverio.

Biometría del ave

Entre las consideraciones individuales de la especie, se encuentran las dimensiones³⁸ que esta tiene y sus patrones de movimiento individuales, los cuales refieren las posturas que adoptan en diferentes momentos. En el caso del tecolote llanero, se identificaron al menos cuatro movimientos generales que asumía de acuerdo a sus necesidades: a) alerta, b) vigía y reposo,

³⁸*Grosso modo* se les denomina zoometría a las medidas corporales de los animales. En el caso de las aves, se llama biometría “definida como el estudio de las medidas corporales de las aves” (SEO/Birdlife, 2000 citado en Gayosso *et al.* 2019:8)

c) reposo y d) relajado y camuflado, ver Figura 17 donde se muestran las siluetas con dichos movimientos y sus respectivas dimensiones

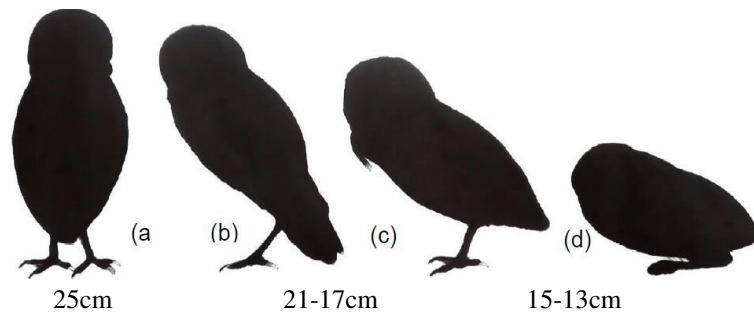


Figura 17: Patrones de movimiento individuales
Fuente: Gayosso (2019)

Asimismo, se tomaron los datos biométricos del ave con cuatro ejemplares del catálogo MZFC pertenecientes a la Colección Zoológica Nacional, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), también se tomaron las medidas de un ejemplar local colectado en (2019), se promediaron los datos en la Tabla 14 y se actualizaron los esquemas biométricos del plano frontal y sagital del tecolote llanero (Anexo 9).

Tabla 14: Biometría del tecolote llanero

Atributo	Promedio en mm
Cabeza	32
Ancho	
Largo	25
Diámetro	138
Largo total	143
Cuerda alar	171
Largo del pico	13
Largo del tarso	44
Largo total de la pata	42

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de modelos geométricos

El análisis precedente de esta primera categoría permitió identificar cuáles son las estructuras más próximas a los refugios a nivel de piso y facilitó la realización de una segunda clasificación enfocada en la revisión de las entidades biológicas (motivo de inspiración) y modelos descriptivos (principios de funcionamiento) señalados por Égido (2018) a partir de la morfología de la vegetación en función de los estadios propuestos por García (2007), basados en el mimetismo de la fauna de acompañamiento del tecolote llanero. Dicha revisión

se organizó en la Tabla 15 y con base en ella se determinaron los *insights* que mejoraron los modelos abstractos (principios biológicos traducidos) para su aplicación en el proceso proyectual. Finalmente, para la definición de los *insights* se sintetizó el tipo de usuario por unidad de análisis y clasificaron los datos finales basados en las formas de elementos urbanos e interacciones descritas de la fauna de acompañamiento (ver Tabla 16).

Tabla 15. Clasificación de entidades biológicas y modelos descriptivos.

Entidad biológica		Modelos descriptivos
Vegetación	Forma de las hojas	
Árboles		Terminación
Eucalipto azul	Simple alargada	Punta o angular
Tulia	Escama	
Araucaria		
Casuarina	Aguja	
Palma de abanico	Simple muy grande (más de 50cm)	
Palma canaria		
Jacaranda	Pluma	
Buganvilia	Simple ovalada	Redonda
Arbustos		Terminación
Azumiate	Simple alargada	Punta o angular
Chloris verticillata	Aguja	
Romerillo	Simple ovalada	Redonda
Alambrillo		
Camote morado		
Ayohuiztle	Compuesta radial	

Fuente: Elaboración propia con base en Conabio (2016) y Naturalista (2021)

Los datos expresados, son el resultado de la bitácora de captura donde se registró la vegetación documentada y las formas de las hojas. Asimismo, solo se consideró la vegetación que fue ubicada en los puntos de mayor interacción por las aves rapaces y se determinó que las formas en punta o angulares tuvieron un mayor uso por las aves de presa que suelen ubicar sus refugios en sitios elevados y que esta forma favorece su camuflaje. Respecto a los arbustos, las terminaciones redondas fueron prioritarias por favorecer el mimetismo de los patrones moteados del tecolote llanero. Estos patrones formales se construyeron basándose primero en la relación de significado/función que deriva de las interacciones entre las aves y los recursos de su entorno inmediato y segundo, en una clasificación general de formas naturales, alusivas a las hojas que está relacionadas el plumaje de las aves.

Tabla 16. *Insights* identificados con base en las especies.

Criterio	Especie objetivo	Grupo de interés	Especies asociadas
Especie	Tecolote Llanero	Cernícalo Americano, Aguililla Cola Roja y Halcón Esmerejón	Tuza de la Cuenca de México, Conejo Serrano y Motocle
Respuesta ecológica	Residente urbano usuario o explotador: Flexible y tolerante	Residente urbano usuario o explotador: Evasor	Residente urbano evasivo: Embebidos en remanentes de paisaje
<i>Insights</i>	La terminación circular de formas compuestas y simples, favorecen el mimetismo del ave con su plumaje moteado (puntos o manchas redondas)	Las formas alargadas simples y hojas de espina favorecen el mimetismo de estas rapaces por su plumaje barreado (rayas y terminaciones en punta)	El uso de estrategias distractoras de escape, se complementan con un escondite inmediato para reducir tiempos de desplazamiento y facilitar la huida
Resultado	Utilizar formas redondeadas	Evitar formas que terminen en punta	Eficiencia y optimización de tiempos

Fuente: Elaboración propia

El resultado de esta identificación de formas, indica que su configuración debe integrar color, material y proporcionar seguridad a los usuarios de refugios artificiales; con la finalidad de potenciar sus cualidades físicas y estimulación de respuestas que promuevan sus comportamientos naturales en espacios comunes con los humanos.

6.4. Propuesta metodológica para el diseño de un refugio ornitológico

El proceso de trabajo que se muestra a continuación se clasificó por códigos de color correspondientes al desarrollo de cada fase y sus subpasos, el cual de manera conjunta incluye las consideraciones biológicas, del diseño y ecológicas urbanas descritas que integran esta propuesta metodológica. El desarrollo se divide en cuatro niveles de análisis. La *primera fase* (azul) tiene por objetivo utilizar instrumentos para la recolección de información en torno a las condiciones contextuales que determinan la presencia, disponibilidad de alimento y ocupación de refugios por parte de la especie objetivo. Esta fase permite establecer una relación especie-habitáculo para clasificar los elementos estructurales que definen la ubicación y referencias espaciales (formas elementales) que identifican o asocian las aves.

El *segundo* (naranja) enfatiza que las variables biológicas, del diseño y ecológicas urbanas para el diseño de refugios artificiales basados en la respuesta que da la fauna silvestre

a través de la clasificación de unidades de análisis (especies animales que tengan una relación directa con el ave objetivo), mediante la clasificación de grupos que están vinculados con el desarrollo de habilidades cognitivas y el mapeo de actividades, entorno, interacciones, objetos y usuarios. El objetivo de esta fase es determinar los elementos compositivos relevantes del hábitaculo natural o artificial identificado.

La *Tercera* (verde), aborda la transición existente entre el diseño generado por los animales y el proceso proyectual humano, cuyas relaciones parten de tres elementos generales: forma, color y empleo de materiales. Es decir, se delimitan los datos estructurales del refugio a aquellos que conformaran el refugio artificial, se determinan las formas elementales que se proyectaran a partir de la especie objetivo (ya sea su plumaje, patrones individuales de movimiento y formas que definen su morfología) mediante una integración disciplinar.

Finalmente, el *cuarto* (amarillo), adopta el proceso creativo que ejemplifica el desarrollo de modelos abstractos, determinación de formas y se busca la proyección de refugios que se inserten de manera más eficiente en el manejo de paisaje y tengan una aceptación favorable por parte de sus usuarios primarios tomando en cuenta parámetros técnicos para su diseño. En la Figura 18 se muestra la estructura metodológica propuesta.

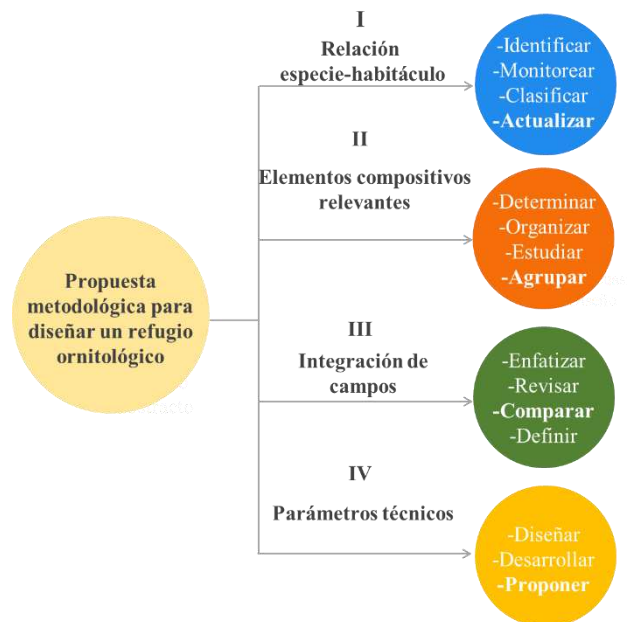


Figura 18: Estructura metodológica
Fuente: Elaboración propia

6.4.1. Propuestas orientadas al diseño de una madriguera artificial

A continuación, se desglosan las propuestas del diseño de madriguera artificial con base en las entidades biológicas (unidades de análisis) y los modelos descriptivos (formas de las hojas) basados en la relación formal entre su terminación y el plumaje de las aves rapaces. Es decir, el diseño de concepto (principio biológico o modelo de imitación) se basa principalmente en elementos fitomorfos (con forma de plantas).

Proceso proyectual

Rasgos distintivos de las especies rapaces



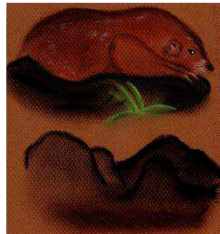
Figura 19: Patrones en hojas y plumas
Fuente: Elaboración propia

Los esquemas muestran patrones en las hojas de la vegetación, con la cual interactuaron las especies depredadoras del búho y el plumaje moteado de este en comparación con los patrones en triángulo de dos halcones residentes.

Tipología de las madrigueras



→ Diferentes entradas



→ Montículos de tierra



→ Madriguera mixta
(adopción de residuos
no intencionales)

Figura 19: Tipología de las madrigueras

Fuente: Elaboración propia

Propuestas de entrada a madriguera

Primeras propuestas basadas en referencias espaciales, arbustos, ramas secas y estructuras semiesféricas

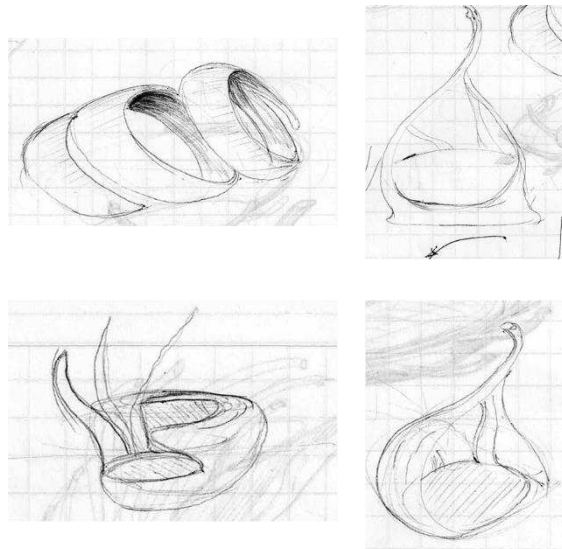


Figura 20: Primeras propuestas con base en referencias espaciales y formas esféricas

Fuente: Elaboración propia

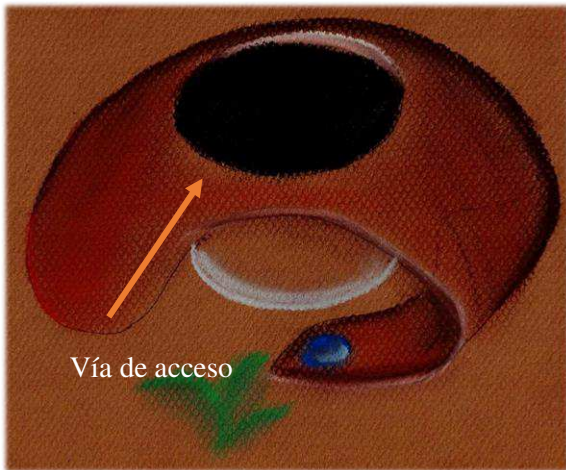


Figura 21: Entrada semiesférica
Fuente: Elaboración propia

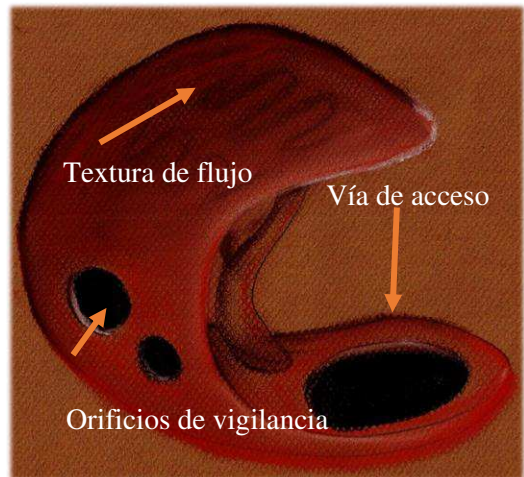


Figura 22: Entrada de plano alabeado
Fuente: Elaboración propia

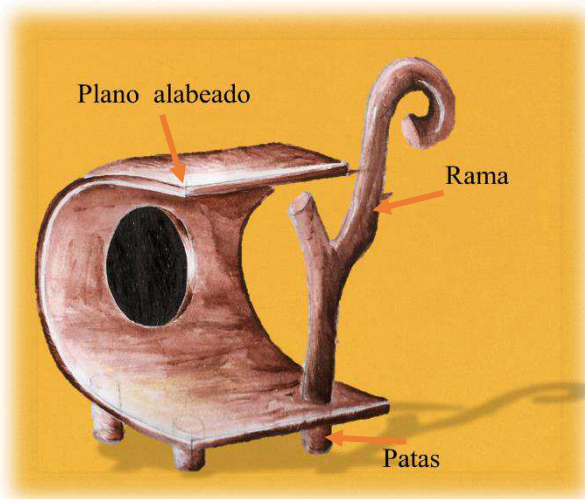


Figura 23: Entrada alabeada
Fuente: Elaboración propia

Propuesta de túnel

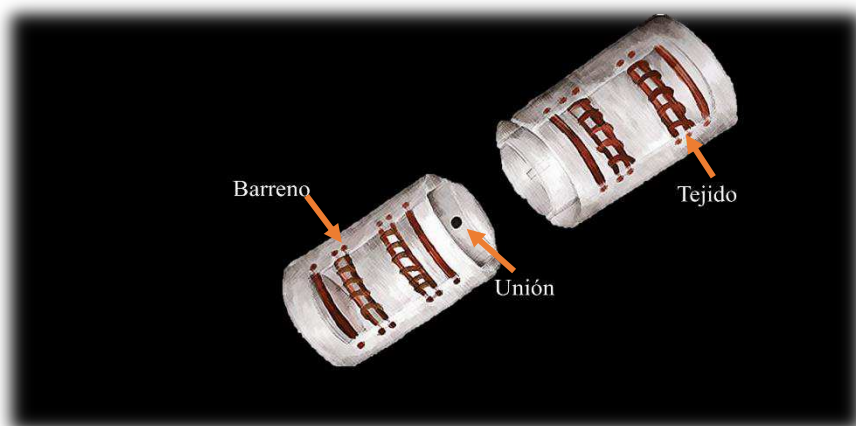


Figura 24: Diseño de túnel
Fuente: Elaboración propia

Propuestas de cámara y perchas

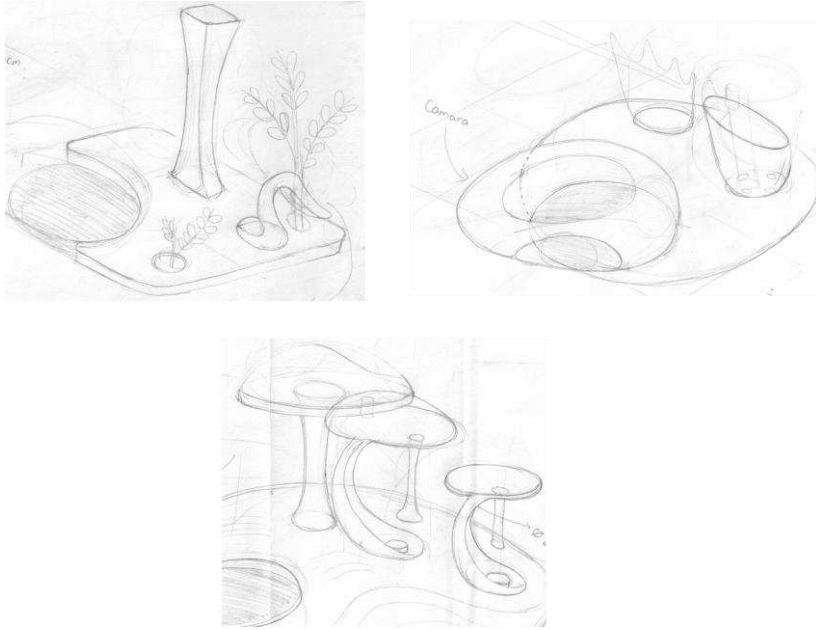


Figura 25: Alternativas de perchas y cámara con base en fitoformas y diseño de operaciones
Fuente: Elaboración propia

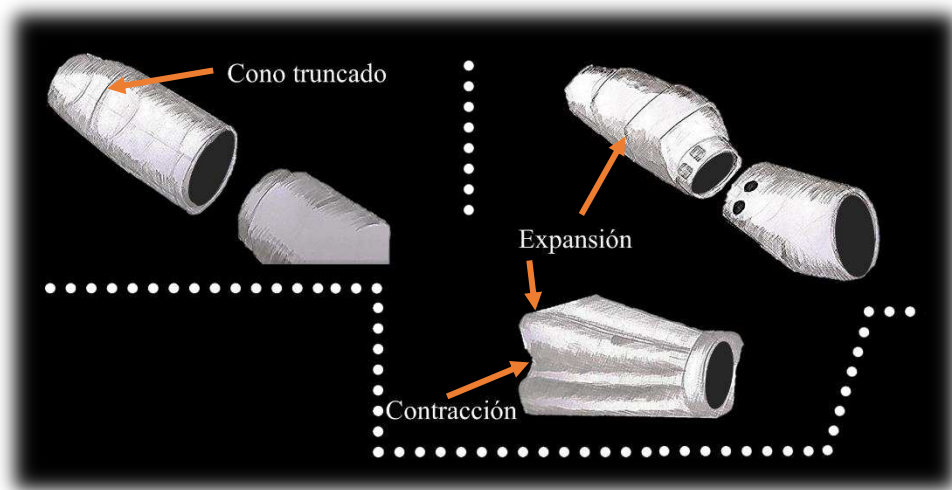


Figura 26: Propuestas de cámara
Fuente: Elaboración propia

Parámetros técnicos para el diseño de madrigueras artificiales

Al tomar en cuenta la creación e implementación de madrigueras artificiales, es posible tener un parámetro básico de requerimientos a cumplir. No obstante, en esta investigación se encontraron variables que no han sido consideradas anteriormente como el tipo de usuario urbano, referencias espaciales y el diseño de operaciones basados en las unidades de análisis. En la tabla 17 se clasificaron los requerimientos diseño que se identificaron y agregaron a los anteriormente propuestos por (Gayosso *et al* 2019).

Estos parámetros, se propusieron con base en la identificación y evaluación de grados y variables que fueron aplicados en las aves rapaces. En los grados, se colocaron variables que refieren al paisaje donde se implementará el refugio, la estructura del habitáculo en función de la especie que va dirigido (la cual determinará las variables de análisis). Estas, por su parte toman en cuenta información de la especie objetivo, donde se abordan las herramientas cognitivas que utiliza (referencias espaciales, comportamiento y usuario urbano), los patrones de movimiento individual y se consideraron como requerimientos del diseño esenciales para el diseño de madrigueras artificiales o ABS aquellos que mejor sintetizan la información estructural y biológica de las especies objetivo para conceptualizar un habitáculo artificial con base en la especie objetivo.

Tabla 17: Parámetros técnicos para construir ABS

Grados	Variables	Requerimiento
Espacios urbanos	Ubicación espacial	Identificación
Diseño y ecológico	Mimetismo, comportamiento, referencias espaciales, tipo de usuario y formas elementales	Uso
Vía de acceso o plano frontal de la entrada	Orientación de la entrada	
Centímetros	Distancias cortas (estructura) y largas (espacio entre madrigueras)	Atributos distintivos de la especie
Patrones de movimiento	Posturas distintivas de la especie en función de su camuflaje y seguridad	Función
Refugiar	Practicidad, mejoras formales, número de componentes	Definiciones estructurales

Fuente: Elaboración propia con base en Rodríguez (1983) y Gayosso (2019)

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El diseño de refugios artificiales basados en el conocimiento de las especies, en gran medida se vincula a la intervención humana, principalmente por el uso de suelo. Lo anterior, revela dos aspectos muy importantes: el confinamiento y restricción de acceso a espacios públicos, en particular a estas instituciones, derivado de la pandemia SARS Cov2 impidió el mantenimiento de los espacios naturales que favorecían la disponibilidad de refugios y alimentación de mamíferos plaga (ratones) para el tecolote llanero, lo cual cumple con la categorización cualitativa de Fisher *et al.* (2015) referente al uso que da la fauna a los recursos en las ciudades para sobrevivir y enfrentar amenazas. Esta especie, enfrenta las amenazas de disminución de su entorno utilizando los pastizales remanentes en zonas próximas y semejantes a sus hábitats naturales y aprovecha el incremento de animales plaga que derivan de los desperdicios alimenticios de consumo humano.

La integración disciplinar desde el enfoque de la arquitectura ecológica, (Ching y Shapiro, 2015) basada en sus preceptos y el manejo de paisaje de (Gunnell *et al.* 2019) revelan la existencia de una relación paisaje-conectividad-refugio-infraestructura centrados en la protección de espacios vulnerables (por ser sujetos a transformación de zona agrícola, ganadera o urbana) coincidentes con la caracterización referente al uso de suelo urbano del centro de México (Camarillo *et al.* 2013). De este modo, las dinámicas de transformación de espacios abandonados a lugares funcionales de entretenimiento o descanso para las personas son determinantes y requieren considerar el mantenimiento de la vegetación existente y respetar las actividades de búsqueda de alimento, resguardo y reproducción de las especies animales que convergen en estos puntos. Esta integración puede lograrse si se identifican los elementos clave que favorecen el desarrollo natural de sus actividades y aquellos que las limitan, basadas en la disponibilidad de refugios naturales para la inserción de habitáculos artificiales en puntos de conectividad e integración con elementos naturales del entorno.

En este ICR se identificó que, entre los elementos contextuales, las modificaciones en el paisaje ya sean paulatinas o radicales requieren ser planeadas, con base en el conocimiento de los registros de flora y fauna residente, lo cual permitirá llevar a cabo un mejoramiento de paisaje de manera sistemática e integral ya que se trata de una estructura compleja y cada elemento influye sobre los demás.

En tanto, la diversidad biológica y conectividad son una transición de integración para el habitáculo artificial a través de su ubicación, la cual necesita prever y determinar la convergencia entre parches de vegetación y elementos urbanos que facilitan la movilidad entre comunidad humana y fauna nativa. Dicho lo anterior, se confirmó que las soluciones dirigidas a la conservación de fauna silvestre; parten de las amenazas y las conjuntan en la creación de estrategias, planes de acción y refugios artificiales que posibiliten una transformación de espacios con beneficios comunitarios (National Audubon Society, 2020).

Sin embargo, desde el diseño industrial como disciplina proyectora de alternativas para mitigar el desplazamiento de fauna silvestre, se abunda en el propósito objetual y el usuario del habitáculo artificial a través de la configuración de formas y modos de uso llamativos que beneficien a sus potenciales usuarios (animales), que fortalezcan una relación simbiótica en las ciudades (Prossliner *et al.* 2020) y se establezcan relaciones naturaleza-tecnología desde la proyección material que repercuten positivamente en la salud y bienestar mental (Kellert y Calabrese, 2015). Lo anterior, bajo una dinámica sintética que reestructura el compromiso del diseñador para trabajar con los auténticos usuarios de sus objetos, dispositivos o ambientes (Papanek, 2014).

En general, el diseño industrial como disciplina busca obtener resultados inesperados en función del contexto, mediante un entendimiento integral de soluciones desde el proceso creativo; coincidente con la premisa de Vanden (2018) en torno a la inclusión del medioambiente como un catalizador de soluciones proyectuales y la promoción inherente de conservar la vida desde el biodiseño en concordancia con la ecología profunda donde el ser humano se identifica con una eco-esfera donde busca erradicar los daños a la naturaleza (García, 2008).

A diferencia de una aplicación idealista de la naturaleza, que alude la biomimética como vínculos biológicos del ser humano que emulan soluciones basadas en principios naturales y su consecuente aprovechamiento (Kellert y Calabrese, 2015). Si bien ofrece alternativas con mayor conciencia ambiental [estas en su mayoría] tienden a ser aplicaciones de uso humano; más que para proteger, preservar y promover la conservación de la diversidad biológica; es decir, un diseño inspirado y basado en la naturaleza para proteger la naturaleza misma.

En este sentido, *Legendary Bird Home* (2020) y *Prossliner et al.* (2020) son referentes del diseño industrial que abordan motivos de inspiración para la conceptualización de refugios artificiales para aves silvestres urbanas. Entre estos componentes se encuentran plantas, animales y formas geométricas elementales (círculos, rectángulos, cuadrados y óvalos), asimismo, abundan en el desarrollo de propuestas mediante modelados manuales, uso de software y manipulación de materiales biodegradables o de bajo impacto ambiental. Es decir, se identificaron referentes que abundan en tres prácticas del diseño de producto, cuyos ejes rectores son: la conceptualización (fase teórica-imaginativa), pre-materialización (fase teórico-práctica) y la aplicación al mundo real (implementación de procesos productivos), lo cual se refiere a líneas de investigación en diseño para afrontar problemáticas que utilizan principios elementales del diseño de producto y que requieren indagar en otros campos del conocimiento.

De este modo, esta ICR aborda la integración multidisciplinaria y transdisciplinaria para desarrollar, proponer y promover el uso de refugios artificiales que mejoren la habitabilidad en zonas urbanas y periurbanas, a través de la fase teórica-imaginativa. La construcción de la propuesta metodológica para el diseño de refugios artificiales requirió profundizar en terminología biológica-ecológica enfocadas al estudio-manejo de fauna silvestre y en cautiverio para obtener una aproximación de las necesidades, requerimientos de especie, medio físico y formas elementales que interactúan con aves silvestres; para su posterior aplicación con otras especies.

Para ello, se destacó una marcada diferencia en el estudio del usuario primario, no solo al ser humano que tiene la capacidad para seleccionar mejores opciones entre los objetos que facilitan sus actividades. Debido a que las transformaciones en el ambiente han ocasionado el desarrollo de habilidades en las aves para ajustar sus estrategias de supervivencia (Nathan, 2017), desde el enfoque de la Teoría de Sistemas Complejos, se puede aseverar que una respuesta en las prácticas del diseño evidencian las soluciones alcanzables e innovadoras no aíslan el conocimiento, sino se trata de una interrelación de sistemas vivientes que experimenta un individuo con un sentido de pertenencia y conexión profunda (Capra, 1998).

La relación entre la metodología atributos de reconocimiento para el biodiseño (Gayosso *et al.* 2019) y la propuesta metodológica en esta ICR, consiste en el estudio de

usuario primario a partir de principios biológicos que son categorizados de acuerdo a sus requerimientos de hábitat, comportamiento y una aproximación del uso que dan a los recursos de su entorno inmediato para ubicar o adoptar un refugio. Sin embargo, la *primera* propuesta careció en la integración de variables biológicas que fueran traducidas al diseño y se limitó a buscar los patrones básicos para el diseño de estructuras artificiales tomando en cuenta las formas, dimensiones, materiales y número de piezas, cumpliendo así una búsqueda superficial que, aunque basada en el conocimiento de las especies, no conjuntó el ambiente natural y social característico de la proyección del mundo material (Torres *et al.* 2011).

La *segunda*, incluida en la ICR, optó por un enfoque de trabajo holístico que integra al ser humano en un mismo esquema ecocéntrico que difiere de un esquema de diseño superficial porque se opta por la promoción de actividades socioambientales y una conciencia ambiental que confronte datos contextuales en una escala mayor de tiempo en torno a la abundancia de especies, uso de uso de suelo, elementos urbanos que interfieren en torno a refugios naturales y artificiales, patrones formales del diseño, categorización de usuarios urbanos, clasificación de atributos, determinación de grados y variables basados en la especie objetivo y complementarias para conceptualizar una estructura que se suma el manejo de paisaje.

VIII. CONCLUSIONES

Una de las principales aportaciones de esta investigación consiste en realizar un estudio y análisis de usuario primario a partir de una especie animal e integración de fundamentos del diseño con principios biológicos y respuestas ecológicas dirigidas a proyectar estructuras que se insertan en un espacio físico.

En primer lugar, porque determinar una especie objetivo implica identificar las variables biológicas y ambientales necesarias para proponer una aproximación de un usuario animal en estado silvestre, al cual no se puede cuestionar sobre sus necesidades y preferencias, sino que requiere desarrollar una línea de diálogo a través de su comportamiento, respuesta a transformaciones en el paisaje y manejo de este.

En segundo término, se generó una propuesta de parámetros para el diseño de habitáculos artificiales desde el diseño industrial, en la cual se toman en cuenta principios estructurales de un refugio, se adoptan principios para el mejoramiento del paisaje y habitabilidad (desarrollados por la arquitectura ecológica) y se integra el lenguaje biológico en un sistema complejo que abordó el desarrollo de una estructura desde la conceptualización de su propósito utilitario en beneficio de usuarios urbanos, humanos y no humanos.

El desarrollo de esta investigación tuvo resultados positivos al integrar las consideraciones biológicas, del diseño y ecológicas urbanas para determinar el nivel de posibilidades exitosas que tiene el tecolote llanero para ocupar refugios artificiales que sean seguros, favorezcan su especie y posibiliten su reproducción de acuerdo con sus cualidades físicas y conductuales distintivas en comparación con sus potenciales depredadores.

En cuanto a los objetivos, se pudieron llevar a cabo para la construcción la propuesta metodológica para el diseño de refugios artificiales. Ya que se identificaron métodos flexibles para la recolección de información y reestructuración durante el trabajo de campo. Esta reestructuración, derivó en el establecimiento de principios generales del diseño que permitieron obtener una aproximación de cómo las aves interpretan las formas elementales tanto en los objetos naturales como en artificiales.

Aunque las restricciones de la pandemia limitaron la investigación a un procedimiento teórico y no profundizó en el desarrollo de una pre-materialización ni en la aplicación al mundo real, se identificaron oportunidades de investigación futura:

- Realizar una caracterización de propiedades mecánicas de un material biodegradable a partir de la vegetación local.
- En torno al desarrollo de procesos productivos artesanales con la aplicación de materiales compuestos de bajo impacto y biodegradables.
- El desarrollo de investigación dirigida a la innovación social y diseño, en torno a la apropiación y adopción de habitáculos artificiales en comunidades urbanas y periurbanas.
- Evaluar cuantitativamente la aproximación interpretativa que tienen las aves sobre las formas elementales que fueron identificadas en esta investigación.

Una de las reflexiones principales derivadas de la ICR consiste en que el diseño de un producto no solo depende o repercute en la modificación de sistemas productivos más económicos, eficientes o de menor desgaste energético o generación de contaminantes. Asimismo, este diseño requiere de un proceso de inmersión, uso, adopción y manejo de producto por parte de sus usuarios que deriva en un impacto ambiental bajo prácticas sociales de consumo y desecho.

Es decir, se llega a la conclusión de que el diseño de refugios artificiales adopta un doble enfoque, el *primero* que profundiza en el estudio de un usuario animal (poco abordado en otras investigaciones de una manera integral en torno a herramientas cognitivas e interpretación de su entorno) y *segundo* la adopción de estos refugios por parte de comunidades humanas requieren tiempo para concientizarse acerca del valor e importancia de la diversidad biológica, promoción y cuidado en el manejo de paisaje, por el contrario, su implementación podría tener mayores repercusiones negativas que positivas.

REFERENCIAS

- Aguilar, S. Barroso, J. 2015. "La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa". *Revista de Medios y Educación*. No. 47. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/368/36841180005.pdf>
- Alfie, C. 2005. 'Medio ambiente: ejemplo del daño colateral en la modernidad reflexiva'. *Democracia y desafío medioambiental en México* Ediciones Pomares. Barcelona-México.
- Aperry. 2013. National Audubon Society, una de las organizaciones ambientalistas más antiguas del mundo visita Panamá. *Audubon*. Disponible en: <https://www.audubon.org/news/national-audubon-society-una-de-las-organizaciones-ambientalistas-mas-antiguas> (Accedido: 20 enero 2021)
- Audubon Society. 2020. Audubon arquitectura aviaria. *Audubon*. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/conservacion/project/arquitectura-aviaria> (Accedido en: 21 enero 2021)
- Blair, R. 1996. "Land use and aviari species diversity along an urban gradient". *The Ecological Society of America*. VI. (2). pp. 506-519. Disponible in: <http://links.jstor.org/sici?sici=10510761%28199605%296%3ALUAASD%3E2.0.CO%3B2-S> (Acceded: 30 October 20th).
- Bergmann, C. 2020. "Project #2 Königspinguin/ Sven". En Prossliner, J. Schatzer, E. Topf, A. Veneri (cords.) *City birds...goes Legendary!* Germany. Studio 2 Institut für Gestaltung. pp. 18-29. Disponible en: https://issuu.com/studio2ibk/docs/city_of_birds_brosch_re_issuu (Accedido: 01 diciembre 2020).
- Berlanga, H. Gómez, H. Vargas, V. Rodríguez, V. Sánchez, L. Ortega, R. *et al.* 2019. "aves de México lista actualizada de especies y nombres comunes Actualización AOS". *Conabio*. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/ciencia-ciudadana/documentos/Lista_actualizada_aos_2019.pdf (Accedido: 18 mayo 2021)
- Bertalanffy, Ludwig. 1986. Teoría general de sistemas. [en línea], quinta edición, México. Disponible en: <http://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf>
- Birkhead, T. 2018. *Los sentidos de las aves qué se siente al ser un pájaro*. España. Capitán Swing
- Camarillo, R. Maurer, F. Ulacia, R. 2013. 'Lago Tláhuac-Xico Regeneración de un ecosistema hídrico urbano'. Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/academicos/arquitectura_urbanismo/CamarilloMaurerUlacia_PresTesis.pdf&ved=2ahUKEwirkdbC1bLzAhUcnWoFHZsZB24QFnoECA0QAQ&usg=AOvVaw1ON-wWz2kUvCDp3dHaMQcV
- Catani, C. 2020. "Birdly Cradle". En *Legendary Bird Home* 2020. Proyectos preseleccionados. Disponible en:

<https://beebreeders.com/architecturecompetitions/birdhome2020> (Accedido: 17 noviembre 2020).

Capra, F. 1996. La trama de la vida, [en línea]. España. Disponible en: http://medicinaycomplejidad.org/pdf/reciente/Capra_Fritjof_La_trama_de_la_vida.pdf

Chekland, P. 1993. Pensamiento de sistemas, práctica de sistemas. Limusa. México

Ching, F. Shapiro, I. 2015. *Arquitectura ecológica un manual ilustrado*. Barcelona. Gustavo Gili.

Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible (CIDS). Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). 2018. “Índice básico de las ciudades prosperas Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México, México”. *City Prosperity Index, CPI*. Disponible en: https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/cpi/2018/15122_Valle_de_Chalco_Solidaridad.pdf (Accedido: 04 marzo 2021)

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2009. Biodiversidad Mexicana conceptos fragmentación. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/fragmentacion.html> (Accedido: 22 enero 2021)

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2009. Biodiversidad Mexicana conceptos fragmentación. En *Biodiversidad mexicana*. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/fragmentacion.html>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2016. *Guía de campo árboles comunes de la Ciudad de México*. [Folleto]

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2021. Categorías de riesgo en México. [en línea]. Disponible en: https://enciclovida.mx/busquedas/resultados?utf8=%E2%9C%93&nombre=&busqueda=avanzada&id=&edo_cons%5B%5D=15&por_pagina=50&commit=

Crane, B. 2018. De escombros a nidos: el artista que hace refugios de ramas caídas y árboles. *Audubon*. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/magazine/verano-2018/de-escombros-nidos-el-artista-que-hace-refugios> (Accedido: 18 enero 2021)

Cudmore, B. 2016. Peregrinos pasan la noche junto a un fotógrafo afuera del departamento de un hombre en Chicago”. *Audubon* 29. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/news/peregrinos-pasan-la-noche-junto-un-fotografo-afuera-del-departamento-de-un> (Accedido: 22 enero 2021)

Defenders of Wildlife. 2020. *Guía rápida de las aves de la Ciudad de México*. [folleto]. Cantú, J. Sánchez, M. Autor.

De Lanza, G. Hernández, S. 2019. “Variación de la calidad del agua de La Ciénega de Tláhuac, México”. *Ergosum*. (26).3. pp. 1-21. Disponible en: <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/9135/10072>

- Del Valle, G. 2021. *Diseño de hábitats*. [Primer curso en línea: Bienestar en aves rapaces y psitácidos]. Disponible en: <https://www.facebook.com/854020583/videos/1065207722715584/>
- Dinngo. (s.f.). *Design Thinking es un Proyecto de Dinngo*. Disponible en: <https://www.designthinking.es/inicio/> (Accedido: 22 febrero 2021).
- Dirección General de Protección Civil. 2015. “Atlas de Riesgos Estado de México”. Disponible en: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/62/2015/feb/Atlas-20150224.pdf>
- Dissegna, C. 2020. “Project #3 Ikarus Modificatus”. En Prossliner, J. Schatzer, E. Topf, A. Veneri (cords.) *City birds...goes Legendary!* Alemania. Studio 2 Institut für Gestaltung. pp. 30-45. Disponible en: https://issuu.com/studio2ibk/docs/city_of_birds_brosch_re_issuu (Accedido: 01 diciembre 2020).
- Doublet, D. Desmond, M. Johnson, D. Abadi, F. 2019. “Survival, fidelity and nesting fates of translocated Burrowing Owls in Arizona”. NM State University. Disponible en: https://riosalado.audubon.org/sites/default/files/static_pages/attachments/buow_translocation_2019_poster.pdf (Accedido: 11 enero 2021)
- Dydykin, I. 2021. “Domik Ptashki Ecobird-House”. *Dydykin Design Studio*. Disponible en: <http://dydykin.com/>
- eBird. 2021. eBird: Una base de datos sobre la distribución y abundancia de aves [aplicación web]. eBird, Laboratorio de Ornitología de Cornell, Ithaca, New York. Disponible en: <https://ebird.org/hotspot/L7385365?yr=all&m=&rank=hc> (Accedido: 05 febrero 2021)
- Égido, J. 2018. *Biodiseño Biología y Diseño*. Segunda edición. México. Editorial. Designio.
- Erlarcher, S. 2020. Project #6. Inbetwen/Herr Hitt. En Prossliner, J. Schatzer, E. Topf, A. Veneri (cords.) *City birds...goes Legendary!* Germany. Studio 2 Institut für Gestaltung. pp. 64-74. Disponible en: https://issuu.com/studio2ibk/docs/city_of_birds_brosch_re_issuu (Accedido: 01 diciembre 2020)
- Espinosa, G. 1996. El embrujo del lago: El sistema lacustre de la Cuenca de México en la cosmovisión mexicana. Disponible en: https://www.academia.edu/34877117/El_Embrujo_del_Lago_-_Parte_I.pdf
- Ezcurra, E. 2003. *De las chinampas a la megalópolis el medio ambiente en la Cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Fernández, C. I. (2019). 100 medidas para la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos SEO/BIRDLIFE, Madrid. Disponible en: https://www.seo.org/wp-content/uploads/2020/02/100medidas_biodiversidad_urbana.pdf
- Filloy, L. 2019. “De la pluma y sus usos en Mesoamérica”. *Arqueología mexicana la pluma y sus usos en Mesoamérica*. Vol. XXVII. (159). pp. 18-23
- Fischer, A. 2020. “Cientos de buitres invaden un pueblo de Pensilvania”. *National Geographic en español*. Disponible en: <https://www.ngenespanol.com/animales/cientos-de-buitres-invaden-un-pueblo-de-pensilvania/> (Accedido: 22 enero 2021)

Fisher, J. Scheider, S. Ahlers, A. Miller, J. 2015. "Categorizing wildlife responses to urbanization and conservation implications of terminology". *Conservation Biology*. 0. (0). Disponible en: http://millerlab.nres.illinois.edu/pdfs/Fischer_2015_Categorizing%20wildlife%20responses%20to%20urbanization%20and%20conservation%20implications%20of%20terminology.pdf (Accedido: 17 noviembre 2020)

Fraser, D. 2015. "Cuidando la fauna silvestre". En Mellor, J. Hunt, S. y Gusset, M (Ed). *Cuidando la fauna silvestre la Estrategia Mundial de Zoológicos y Acuarios para el Bienestar Animal*. Suiza. Asociación Latinoamericana de Parques Zoológicos y Acuarios (ALPZA). Disponible en: https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-Strategy-2015_Spanish.pdf (Accedido: 02 enero 2021)

Gallegos. R. 2018. Estudio vulcanológico del Volcán de Xico en el antiguo Lago de Chalco, Estado de México. Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/25971/1/Estudio%20vulcanol%C3%B3gico%20del%20volc%C3%A1n%20de%20Xico%20en%20el%20antiguo%20lago%20de%20Chalco%20Estado%20de%20M%C3%A9xico.pdf>

García, B. 2008. *Ecodiseño nueva herramienta para la sustentabilidad*. México. Designio

García, B. 2021. *Ecodiseño*. [conferencia en línea, Facebook]. Disponible en: https://www.facebook.com/ColSonora/videos/201734921402124/?__so__=channel_tab&__rv__=latest_videos_card (Accedido: 10 abril 2021)

García, H. 2007. Biodiseño Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales. Tesis doctoral, Facultad de Bellas Artes, Barcelona. Disponible en: http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/96341/01.HFGSS_1de18.pdf?sequence=1

García, M. 2013. "Investigar con imágenes: las posibilidades de la etnografía visual". Páramo, P. *la investigación en ciencias sociales: estrategias de investigación*. Colombia. Universidad Piloto de Colombia. Disponible en: <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1noWHQQ14nIokQgoIFuCFzmMXgweiruYW> (Accedido en: 09 marzo 2021)

García, R. 2008. *Sistemas Complejos*. Segunda reimpresión. Gedisa. México.

Gayosso, G. 2019. Diseño de hábitat para Tecolote Llanero (*Athene cunicularia*) a través de la mimesis. Tesis de grado. Universidad Autónoma del Estado de México. México.

Gayosso, G. Herrera, L. Islas, G. 2018. "El Tecolote Llanero y su nuevo hábitat". *Revista Universitaria*. (5). pp. 24-25.

Gayosso, G. Herrera, L. Islas, G. 2019. Designios de Percepción en Espacios Urbanos del *Athene Cunicularia*. *Revista de Investigación Aplicada en Ingeniería UPB/UPTap*. 4(2). pp. 5-20. Recuperado de: https://9a8dbbfc-17d7-4963-80de-b9cfb93efafd.filesusr.com/ugd/c1a3f2_61b56d06a2b44f23975eb23df86535cb.pdf

González, Francisco. 2013. Ecoeficiencia propuesta de diseño para el mejoramiento ambiental. Universidad de Guadalajara, primera edición, México.

Gunnell, K. Murphy, B. Williams, C. 2019. *Designing for Biodiversity: a technical guide for new and existing buildings*. Second edition. British Library. Riba Publishing

Hernández, D. 2021. *Muestreo, monitoreo y manejo de fauna silvestre*. Material didáctico del taller estudio de vertebrados en zonas urbanas. La Red Temática Biología, Manejo y Conservación de la Fauna Nativa en Ambientes Antropizados (REFAMA).

Hernández, S. Fernández, C. Baptista, L. 2014. *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México. McGraw Hill. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf> (Accedido: 06 septiembre 2020)

Instituto de Ingeniería. 2014. “Revisión y evaluación en geotecnia y estructuras para resolver la problemática del transporte aéreo en el centro del país”. Convenio de Colaboración No. ASA-UNAM-13-002. Disponible en: <https://lopezobrador.org.mx/wp-content/uploads/2018/08/3-Geologia-general-de-la-zona.pdf> (Accedido en: 31 enero 2021)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. “Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Valle de Chalco Solidaridad, México”. Disponible en: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15122.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Anuario estadístico y geográfico de la Ciudad de México 2017. Disponible en: https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CDMX_ANUARIO_PDF.pdf

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 2019. *¿Qué es una cuenca?* Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369> (Accedido en: 4 marzo 2021)

Jiménez, V. Comet, C. 2016. “Los estudios de casos como enfoque metodológico”. *ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*. 3 (2). pp. 1-11 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5757749.pdf> (Accedido: 23 enero 2020)

Kellert, S. Calabrese, E. 2015. *The practice of biophilic design*. Disponible en: The Practice of Biophilic Design. www.biophilic-design.com (Accedido: 27 diciembre 2017)

Kuhn, T. 1962. *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, cuarta edición, segunda reimpresión, Ciudad de México.

Kyriakou, K. 2020. “The burrow project”. En *Legendary Bird Home*. Resultados: Tercer lugar. Disponible en: https://upload2.beebreeders.com//upload/28.06.2020/sm_huge/6c4d8531f8eebd33e8b847ba9bafab9f.jpg (Accedido: 17 noviembre 2020)

Laboratorio de Ornitología de Cornell. 2019. “Búho de madriguera”. Todo sobre las aves. Disponible en: https://www.allaboutbirds.org/guide/Burrowing_Owl

Laboratorio de Ornitología de Cornell. 2019. 2021. *NestWatch Where Birds Come to Life*. Disponible en: nestwatch.org/learn/all-about-birdhouses/

La Santa Sede. 2015. *Carta Encíclica Laudato SI del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común*. Disponible en: https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html

Legendary Bird Home. 2019. *Legendary Bird Home Archdaily*. Disponible en: <https://www.archdaily.com/927808/legendary-bird-home-2020> (Accedido: 22 enero 2021)

Li, Y. 2019. "South Korea's artificial floating roosts: a lifeline for migratory shorebirds". En *BirdLife International*. Disponible en: <https://www.birdlife.org/worldwide/news/south-korea%E2%80%99s-artificial-floating-roosts-lifeline-migratory-shorebirds> (Accedido: 30 octubre 2020).

Lovelock, J. 2007. *La venganza de la Tierra, la Teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. México. Planeta. Disponible en: https://issuu.com/giancarlo.gallegos/docs/lovelock_james_la_venganza_de_la_ti (Accedido: 14 diciembre 2020)

LPO. Mission Rapaces. 2006. "Chevêche d'Athena". *Mission Rapaces*. Disponible en : https://issuu.com/amor/dice/cahier_technique_chev_che_d_ath_na_

Luevano, J. Delgadillo, A. Montes, O. 2015. "Estructuras artificiales para la anidación y su relación con el éxito reproductivo del gavilán pescador y del tecolote llanero durante ocho temporadas reproductivas en el estero La Pinta, Puerto Peñasco, Sonora". *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. XVI (1). pp. 9-14 Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/huitzil/v16n1/v16n1a2.pdf> (Accedido: 11 octubre 2017).

MacGregor, I. 2016. "Ecología urbana: patrones generales y direcciones futuras". En Ramírez, A. y Pineda, R. *Fauna nativa en ambientes antropizados*. México. REFAMA, CONACyT y UAQ. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Aurelio-Ramirez-Bautista/publication/304214717_Fauna_Nativa_en_Ambientes_Antropizados/links/576985ef08ae2d7145ba82d5/Fauna-Nativa-en-Ambientes-Antropizados.pdf (Accedido: 13 febrero 2020)

MacGregor, I. 2019. "De mitos a hitos urbanos: ¿cómo hacer ecología en selvas de asfalto? En Zuria, I. Olvera-Ramírez, A. y Ramírez, P. *Manual de técnicas para el estudio de fauna nativa en ambientes urbanos*. México. REFAMA, CONACyT y UAQ. Disponible en: <https://fcu.uaq.mx/docs/pdfs/Manual-Tecnicas-para-el-Estudio-de-Fauna-Nativa-2019.pdf> (Accedido: 27 junio 2020)

Macías, C. Equihua, C. 2018. "Las aves urbanas en la ruidosa primavera...y en el verano y el otoño y el invierno". *Revista Oikos*. (21). Disponible en: <http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/iuimages/Pdfs/2018-02.pdf> (Accedido: 09 septiembre 2020).

Martin. B. Hanington, 2012. *Universal methods of design 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Beverly. Rockport Publishers. Disponible en: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5646766/mod_resource/content/1/MARTINHANI_NGTON_Universal-Methods-of-Design.pdf (Accedido en: 04 mayo 2021)

Master Planning. 2011. Atlas de Riesgo Municipio de Valle de Chalco, Solidaridad Disponible en: http://www.normateca.sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/2612/Atlas_Estados/15122_VALLE_CHALCO/0_Atlas_Valle_de_Chalco_2011.pdf

Maturana, H. Varela F. 2003. *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del entendimiento humano*. Argentina. Grupo Editorial Lumen

Mellor, J. Hunt, S. Gusset, M. 2015. “Bienestar animal y su medición”. En Mellor, J. Hunt, S. y Gusset, M (Ed). *Cuidando la fauna silvestre la Estrategia Mundial de Zoológicos y Acuarios para el Bienestar Animal*. Suiza. Asociación Latinoamericana de Parques Zoológicos y Acuarios (ALPZA). Disponible en: https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-Strategy-2015_Spanish.pdf (Accedido: 02 enero 2021)

Mellor, J. Hunt. S. Gusset, M. 2015. “Diseño de exhibidores”. En Mellor, J. Hunt, S. y Gusset, M (Ed). *Cuidando la fauna silvestre la Estrategia Mundial de Zoológicos y Acuarios para el Bienestar Animal*. Suiza. Asociación Latinoamericana de Parques Zoológicos y Acuarios (ALPZA). Disponible en: https://www.waza.org/wp-content/uploads/2019/03/WAZA-Animal-Welfare-Strategy-2015_Spanish.pdf (Accedido: 02 enero 2021)

Monroy, A. Meléndez, A. Flores, M. Salazar, E. Palma, I. 2018. *Plan de Gestión para la Conservación de las aves en el Humedal de Tláhuac*. México. Pronatura

Morín, E. 1990. Introducción al pensamiento complejo. Gedisa. México.

Mosco, R. 2017. “Guía práctica para encontrar búhos en la ciudad”. *Audubon*. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/news/guia-practica-para-encontrar-buhos-en-la-ciudad> (Accedido en: 08 agosto 2020)

Muñoz, Pedreros, A. 2014. *Técnicas para atraer rapaces*. [Monografía de capacitación y educación ambiental]. Chile. Issu. Disponible en: issu.com/andresmunozpedreros/monografia.1

Nathan, E. 2017. *A vuelo de pájaro la extraordinaria inteligencia de las aves*. China. Promopress

Naturalista. 2021. Observaciones. Disponible en: https://www.naturalista.mx/observations?place_id=any&user_id=g_93&verifiable=any (Accedido en: 24 abril 2021)

Obeidat, D. 2020. “Endangered Steppe Eagles find refuge within refuse dumps”. *BirdLife International*. Disponible en: <https://www.birdlife.org/worldwide/news/6000-endangered-steppe-eagles-find-refuge-within-refuse-dumps#:~:text=If%20you%20wanted%20to%20see,birds%20that%20call%20them> (Accedido: enero 22 2020)

Ocaranza, C. 2017. “Relaciones y estudios ambientales para el NAICM”. Rinde cuentas. Disponible en: <https://poderlatam.org/2017/03/relaciones-y-estudios-ambientales-para-el-naicm/>

Olivera, V. García, B. (2016). Diseño de hábitats para especies polinizadoras urbanas bajo condiciones climáticas, productivas y sociales en México. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa. Disponible en: http://hermes.cua.uam.mx/repositorio/doc/pi/PI_Disenio_de_habitats_para_especies_polinizadoras.pdf

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. *Estudios territoriales (OCDE) Valle de México*. México. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.oecd.org/sti/ieconomy/DigitalEconomyOutlook2015_SP_WEB.pdf&ved=2ahUKEwiVmvmTjrLzAhWVIWoFHTNECi8QFnoECAkQAQ&usg=AOvVaw1khr_yOjqKNdBJcyXiYYPG

Papanek, V. 2014. *Diseñar para el mundo real ecología humana y cambio social*, segunda edición, Nueva York. Pollen. Disponible en: https://www.google.com/search?q=dise%C3%B1ar+para+el+mundo+real+victor+papanek+pdf&rlz=1C1CHBH_esMX719MX719&oq=dise%C3%B1ar+para+el+mundo+real+victor+papanek+&aqs=chrome.1.69i57j0l2j0i22i30.8470j1j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (Accedido: 18 enero 2021)

Peoria Zoo. (2018). North American Regional Studbook Burrowing Owl *Athene cunicularia*. Disponible en: https://www.raptortag.com/uploads/9/6/8/4/96841132/burrowing_owl_2018.pdf

Pineda, R. 2018. “Avifauna acuática en embalses artificiales de regiones semiáridas y subhúmedas del centro de México”. *Ecología y conservación de fauna en ambientes antropizados*. Querétaro, México. Ramírez A. Pineda. R. Disponible en: <https://refama.org/publicaciones-2/> (Accedido en: 13 febrero 2020).

Pomar, P. 2017. 7 técnicas para empatizar en el Design Thinking. Disponible en: <https://thinkernautas.com/7-tecnicas-empatizar-design-thinking> (Accedido: 11 noviembre 2020)

Programa de Aves Urbanas (PAU). 2015. *Manual ilustrado como material de apoyo para la participación e implementación del PAU*. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/scripts_aves/docs/pau_programa_aves_urbanas.pdf.

Prossliner, J. Schatzer, E. Topf, A. Veneri, R. 2020. *City birds...goes Legendary!* Germany. Studio 2 Institut für Gestaltung. Disponible in: https://issuu.com/studio2ibk/docs/city_of_birds_brosch_re_issuu?fbclid=IwAR1iFi4vWQiFxcwBPWf33RROe4pgTNgtuDK0IwX77IykBAm3guKja3tpvKI

Ramos, W. 2020. *Aves rapaces de México y su importancia dentro del ecosistema*, [conferencia en línea, Facebook]. Disponible en: <https://fb.watch/3e8fo691P9/> (Accedido: 09 agosto 2020)

Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF). 2004. “Reglamento publicado en Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 29 de enero de 2004”. Disponible en: http://www.paot.org.mx/centro/reglamentos/df/pdf/2018/RGTO_CONS_15_12_2017.pdf (Accedido en: 28 agosto 2021)

Resnick, M. 2001. *Tortugas, termitas y atascos de tráfico*. España. Gedisa editorial

Rodríguez, G. 1983. *Manual de diseño industrial*. México. UAM Azcapotzalco. Disponible en: <http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/16ManualDI.pdf> (Accedido en: 11 octubre 2018)

Ruíz, V. H. Berlanga, Calderón, R. Savarino, A. Aguilar, M. *et al* 2020. “Proalas, Programa de América Latina para las Aves Silvestres”. *Manual Ilustrado para el Monitoreo de Aves Silvestres*. Disponible en: https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/cienciaciudadana/documentos/manual_PROALAS_terrestres.pdf (Accedido: 05 julio 2020)

S.A. 2014 Plan Municipal de desarrollo urbano de Chalco Estado de México. [Plan que describe la estructura general del municipio de Chalco, Edo. Mex.]. Actualización 2014. Disponible en: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/chalco/PMDUChalco14.pdf

Schilthuizen, M. 2019. *Darwin viene a la ciudad: La evolución de las especies urbanas*. España. Turner

Schondube, J. Chávez, C. Lindig, R. López-Muñoz, E. MacGregor, I. Maya, E. Morales, L. Salaverria, C. Quesada, J. Tapia, C. 2018. “Aves en paisajes modificados por actividades humanas”. En Ramírez, A. y Pineda, R. *Ecología y conservación en ambientes antropizados*. México. Red Temática Biología, Manejo y Conservación de Fauna Nativa en Ambientes Antropizados (REFAMA), Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACyT) y Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ). Disponible en: URL: <https://refama.org/publicaciones-2/> (Accedido: 13 de febrero de 2020).

Schwendinger, A. 2020. Project #20. Bloquent/ skretär aurora. En Prossliner, J. Schatzer, E. Topf, A. Veneri (cords.) *City birds...goes Legendary!* Germany. Studio 2 Institut für Gestaltung. pp. 264-273. Disponible en: https://issuu.com/studio2ibk/docs/city_of_birds_brosch_re_issuu (Accedido: 01 diciembre 2020).

Semarnat. 2016. “Informe de la situación del medio ambiente en México Compendio de Estadísticas Ambientales, Indicadores clave de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Disponible en: <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/> (Accedido en: 23 agosto 2020).

Suarez, O. 2015. ‘Veracruz: la gran migración de aves rapaces’. *Especies revista sobre conservación y biodiversidad*. (24). pp. 30-34. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308632978_Suarez-Garcia_O_2015_Veracruz_la_gran_migracion_de_aves_rapaces_Especies_Ano_25_Vol_24_No_2_Septiembre-Octubre_2015_Pags_30-34

Torres, P. Castro, M. Cedeño, A. 2011. ‘Diseño ambiental y producción de conocimiento interdisciplinario’. *Argumentos*. (67). pp. 159-183. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/argu/v24n67/v24n67a8.pdf> (Accedido: 09 febrero 2021)

UAM Radio 94.1 FM Ciencia Abierta al Tiempo. Capítulo 7. Ecología y conservación de la fauna silvestre: Aves. 2021. [Formato digital]. Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Invitado Meléndez, A. 21 abril 2021. Disponible en: <https://uamradio.uam.mx/contenido/series-historicas/ciencia-abierta-al-tiempo/ciencia-abierta-al-tiempo-temporada-9/>

Vanden, F. 2018. *El diseño de la naturaleza o la naturaleza del diseño*. México. Trillas

Valencia, C. Arroyo, J. Macías, A. Gastelum, F. 2016. “Densidad poblacional del tecolote llanero occidental (*Athene cunicularia hypugaea*) Hermosillo Sonora, México”. *Agroproductividad*. 9(9). pp. 73-76. Disponible en : <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/821/685>

Vriendt, F. Stevens. Spiessens. 2020. “Knoest”. *Legendary Bird Home*. Resultados: Primer lugar. Disponible en: https://upload2.beebreeders.com//upload/28.06.2020/sm_huge/96a6c475594076536d0cd53d5d28b3ca.jpg (Accedido: 17 noviembre 2020)

Vela, E. 2020. “Presentación de materias primas”. *Arqueología mexicana la cestería en México*. Edición especial (91). pp. 8-12.

Zamudio, E. Ruíz, C. 2016. “Reubicación pasiva de Mochuelos terreros (*Athene cunicularia*) en Acacias, Meta (Orinoquia Colombiana)”. *Ornitología colombiana*. (15). Disponible: <https://docplayer.es/65915866-Reubicacion-pasiva-de-mochuelos-terrerros-athene-cunicularia-en-acacias-meta-orinoquia-colombiana.html> (Accedido: 06 agosto 2020)

ANEXOS

ANEXO I. Patrones formales del diseño

FORMAS BÁSICAS O ARQUETIPO		ESQUEMAS DE ORGANIZACIÓN	
Círculo	Ciclos de vida, totalidad, unidad, protección e infinito	Ramificación	Noción jerárquica entre una gran variedad de formas e interconexión
Anillo	Dualidad e interdependencia, se asocia con los orificios humanos	Meandro	Recorrido total e indirectividad
Espiral	Niveles de existencia, búsqueda interior, expansión y evolución	Explosión	Dispersión que parte de un punto de origen
Cruz	Cuatro puntos cardinales	Esfera	Protección y compactación
Cuadrado	Constituye un envolvente	Espiral y desarrollo	Compactación, desenvolvimiento y potencialización
Vertical	Carácter erecto del humano, da una noción de fuerza	Jerarquía inducida	Explosión con centros intermedios, repartición
Círculo concéntrico	Orden congruente y jerárquico	Estructura vertical-helicoidal	Optimización de la ocupación de espacio
OPERACIONES	División	Generar jerarquías, ritmos y módulos generadores	
	Agrupar	Repetición de un elemento o la conjunción de varios elementos	
	Unificar	Síntesis de diversos componentes	
	Jerarquizar	Ordenar el agrupamiento y tomar en cuenta cierta escala	
	Articulación	Relacionar las partes de un todo de manera dinámica	
	Desmembrar	Destaca la independencia de las partes por encima del conjunto	

	Reducir-disminuir	Reducción del tamaño y simplificación
	Aumentar-compilar	Decorar y cargar de elementos de valor simbólico
	Expansión-contracción	Dualidad dinámica de la vida, se manifiesta en todas las funciones rítmicas y aparece casi en todas las formas contenedoras
PATRONES NATURALES		
	Flujo	Formas fluentes, ambas crecen a lo largo de líneas de esfuerzo generadas por confrontación con el medio
	Curvatura	Contracciones diferenciadas dentro del material ocasionan una curvatura involutiva de toda la superficie
	Craquelamiento	Equilibrio con la formación de módulos separados por uniones tripes y ángulos que tienden a los 90°
	Agregación celular	Capacidad contractiva de un líquido que, oponiéndose a las fuerzas disociativas externas, producen formas específicas
	Apilamiento compacto	Búsqueda de economía de espacios, promovida por la acción de fuerzas externas sobre varios elementos semejantes

Elaboración propia con base en Vanden (2018)

ANEXO II. Formulario AEIOU

Área de estudio: Centro Universitario UAEM Valle de Chalco y Colegio de Bachilleres Plantel 04

Usuarios identificados: Animales e individuos que laboran, estudian o visitan la universidad

Grupo de interés: Aves rapaces

Actividades

Individuos:

1. ¿Quiénes realizan las actividades?
2. ¿Qué hacen las personas?

Animales/aves

3. ¿Qué hacen los animales?, ¿Qué hacen, particularmente, las aves?
4. ¿Cómo es el lenguaje entre las aves?

Físico: Movimientos corporales, vuelos, traslados, cortejo, entre otros

No físico: Emisión de cantos o sonidos

5. ¿Qué buscan?, ¿cómo buscan?
6. ¿Cómo buscan refugio?
7. ¿Cómo se trasladan?
8. ¿Cómo se ocultan?
9. ¿Cómo interactúan con los recursos, naturales y artificiales?
10. ¿Cómo aprovechan los recursos?

Entorno

1. ¿Cómo es el entorno?
2. ¿Qué hay en el entorno?
3. ¿Cuántas áreas verdes hay?
4. ¿Hay agua*? Fuentes, llaves, lago artificial, no hay agua u otro
5. ¿Cómo es el paisaje?
6. ¿Qué colores hay en el entorno?
7. ¿Cuál es el uso de suelo?
8. ¿Qué tipo de vegetación hay*³⁹? Matorral, pastizal o humedal
9. ¿Qué tanto pavimento o concreto hay? Nada, menos de la mitad o más de la mitad
10. ¿Hay refugios construidos por las aves?
11. ¿Hay refugios adaptados por las aves?
12. ¿Cómo se pueden clasificar las aves?

Individuos humanos:

13. ¿Quiénes integran la comunidad universitaria?
14. ¿Qué utensilios utiliza el personal?
15. ¿Cómo viste el personal de limpieza y seguridad?
16. ¿Qué herramienta utiliza el personal para dar mantenimiento a los jardines?

Interacciones

Individuos humanos:

1. ¿Cuáles son los puntos de interés de la comunidad universitaria?
2. ¿Cuáles son los lugares más concurridos?
3. ¿Hay visitantes externos?, ¿con qué frecuencia?

Animales/aves

4. ¿Cuáles son los puntos de interés de los animales?
5. ¿Cuáles son los puntos de interés de las aves?
6. ¿Cuál es la especie de ave predominante?, ¿Cómo se relaciona con las otras?
7. ¿Quiénes son los depredadores del tecolote llanero?
8. ¿Quiénes son los competidores del búho?
9. ¿Quiénes son sus presas potenciales?
10. ¿Cuáles son los objetos que tienen mayor uso? Naturales/artificiales
11. ¿Cómo diferenciar los rastros del tecolote del resto de las aves?
12. ¿El búho tiene relaciones conflictivas?, ¿con quienes?
13. ¿Cuál es la distancia entre madrigueras o cavidades?
14. ¿Cuál es la distancia entre madrigueras o cavidades utilizadas por el ave?
15. ¿Qué posturas asume el tecolote?

Objetos

1. ¿Qué elementos naturales hay?, ¿Qué elementos artificiales hay?
2. ¿Cuántos edificios hay?, ¿Cuántos accesos tienen?
3. ¿Hay cavidades en las paredes o en el piso?
4. ¿Hay sitios elevados?

³⁹ Las preguntas con (*) indican que se basan en el manual de Proalas (2020) o en el Manual del Programa de Aves Urbanas, PAU (2015).

5. ¿El piso tiene textura?
6. ¿Hay alarmas?
7. ¿El campus, tiene señalética en sus exteriores?
8. ¿De qué color son la mayoría de los objetos en los exteriores?
9. ¿Qué medios de transporte hay en el campus?
10. ¿Cuál o cuáles son los objetos susceptibles de uso para marcar los puntos de transecto? Árboles, postes, puertas, etc.
11. ¿Hay desechos sólidos en los exteriores del campus? Botellas, concreto, vidrio, cartón, entre otros

Usuarios

Aves:

1. ¿Qué posturas asumen las aves?, ¿Qué posturas asume el tecolote?
2. ¿Cómo interactúa el búho con la madriguera o cavidad?
3. ¿Cómo es su comportamiento?
4. ¿Cómo manipula el tecolote a sus presas?

ANEXO III. Nombres y coordenadas de los puntos de conteo

Institución	Punto de conteo	Nombre	Coordenadas
CUX	Cav ₁	Caseta de vigilancia 1	19.298, -98.955
	Cav ₂	Caseta de vigilancia 2	19.298, -98.956
	Ccod3	Costado derecho del edificio C	19.298, -98.957
	EDP4	Entrada posterior del edificio D	19.299, -98.956
	MNat5	Muro Naturaleza	19.298, -98.957
	EICA6	Entrada ICA	19.299, -98.957
	ICA7	Ingenieros Civiles Asociados (ICA)	19.299, -98.958
	ACoi8	Costado izquierdo del edificio A	19.2987545, -98.95442
	EAP9	Entrada posterior del edificio A	19.299, -98.955
COBAEM	Viv01	Vivero	19.2981912, -98.9528212
	EFMont02	Edificio F-Montículo	19.2985377, -98.9532615
	EGP03	Edificio G-Pino	19.297771, -98.9524159
	Caf04	Cafetería	19.2980277, -98.9519563

Elaboración propia

ANEXO IV. Ubicación de madrigueras del tecolote llanero



Individuo 1 afuera del refugio artificial



Vista superior del refugio



Individuo 1 con cobertura herbácea corta



Individuo 1 con cobertura herbácea crecida



Individuo 2 con cobertura herbácea corta



Aproximación al exterior de la madriguera



Individuo 2 con cobertura herbácea crecida



Escala del individuo dos con un perro doméstico



Individuo 3 con cobertura herbácea corta



Madriguera del individuo 3



Detalle de la madriguera



Individuo 4 afuera de su madriguera




Individuo 4 mimetizado en un muro próximo a su madriguera



Individuos 3 y 4 en el techo de la Plaza Comercial Patio

Individuos localizados en el COBAEM

ANEXO V. Bitácora para el levantamiento de datos

	Bitácora de levantamiento Conteo y obtención de patrones biológicos y formales de diseño	Grupo objetivo Fecha Tipo de conteo Punto(s) de conteo Clima Vegetación/uso de suelo Hora	1. DATOS GENERALES Inicio Fin
2. CONTEO DE AVES Árboles/arboles: Si No Cuerpos de agua: Si No Especie		Coordenadas	3. PATRONES FORMALES DE DISEÑO Esquemas de organización de recursos: Eje/ra Flujo Mesandro Curvatura Explosión Ramificación Espiral y desarrollo Agregación celular Perífrasis introducida Aplastamiento compuesto Orden Vertical-helicoidal Operaciones División Alinear Unificar Perforar Articulación Desmembrar Reducir-disminuir Amanjar-compilar Expansión-contracción
		Número de individuos contabilizados	
5. REGISTRO DE REFUGIOS Natural Artificial		Formas	4. OBSERVACIONES GENERALES Observaciones
		Círculo Anillo Espiral Cruz Cuadrado Vertical Círculos Concéntricos	

INSTRUCCIONES PARA LLENAR LA BITÁCORA DE CAPTURA	
Capturar un formato para cada punto y visita a la zona del monitoreo	Indicaciones
Fecha	1. Datos generales Anotar día, mes y año
Hora	Anotar al comenzar y al concluir cualquier momento
Número de bitácora	Asignar un número de modo que le permita organizarla y consultarla en cualquier momento
Punto/coordenada	Si el conteo es estacionario, colocar el nombre del punto en que se realizó
Uso de suelo	Escribir si se trata de cultivo, potrero, urbano, vegetación secundaria, áreas de reforestación y restauración, suelo desnudo o borde
Total	2. Sobre las especies y el entorno Anote el total de las especies registradas Anote el número total de individuos registrados del grupo de interés Anote el nombre (s) de la especie (s) con registro alto y bajo de individuos
Registro Depredadores Competidores	Anote el nombre de la (s) especie (s) que identificó acorde al criterio
Presencia	De cuerpos de agua marque con una X la casilla correspondiente si es natural o artificial Cobertura vegetal marque con una X la casilla correspondiente de acuerdo con su registro en campo
Fecha Hora de captura Nombre número de fotografía Fotografía general Fotografía a detalle de la vegetación Esquemas de organización predominantes	3. Evidencia fotográfica del paisaje Anote el día, mes y año en que tomó la fotografía Escriba la hora en que capturó la fotografía Asigne un nombre clave o número Coloque una fotografía en el recuadro
Especie perteneciente Fotografía a detalle Fecha Nombre clave Hora de captura Diagrama Esquemas de organización Patrones naturales Operaciones Observaciones	4. Forma de las hojas. Marque con X la opción que aparezca en el punto que registró la visita 5. Refugio. Anotar la especie a la que pertenece Coloque una fotografía del refugio o de su entrada, según sea el caso Anote el día, mes y año en que tomó la fotografía Asigne un nombre clave Escriba la hora en que tomó la fotografía Realice un diagrama a mano del refugio o entrada que contenga sus formas básicas y dimensiones Escriba los patrones de diseño que identificó en el punto/coordenada en función del refugio Haga sus observaciones generales en torno al refugio que identificó

ANEXO VI. Bitácora para la captura de datos

Bitácora para capturar información del grupo de interés, obtención de patrones biológicos y formales de diseño con base en los refugios encontrados en campo									
1. DATOS GENERALES									
Fecha		Inicio		China		Número de bitácora			
Hora		Fin		Uso de suelo					
Punto/coordenada									
2. SOBRE LAS ESPECIES Y EL ENTORNO									
Especies registradas									
Individuos del grupo de interés									
3. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PAISAJE									
Fecha		Hora de captura		Nombre número de fotografía		Fotografía general			
Registro		Alto		Bajo		Fotografía a detalle de la vegetación			
4. FORMA DE LAS HOJAS									
Aguja		Escama		Simple ovalada		Esquemas de organización predominantes			
Simple alargada		Simple no ovalada		Simple grande (15-40 cm)		Esquemas de organización predominantes			
Simple muy grande (más de 50 cm)		Compuestas		Compuestas en forma de pluma		Patrones naturales			
Compuestas radiales		Formas más recurrentes en la vegetación		Observaciones:					

INSTRUCCIONES PARA LLENAR LA BITÁCORA DE LEVANTAMIENTO	
Llenar un formato para cada punto y visita a la zona del monitoreo	
Indicaciones	
1. Datos generales	
Grupo objetivo	Anotar la especie relevante, aquella que se investiga o afines.
Fecha	Anotar día, mes y año
Tipo de conteo	Escribir si es estacionario o transecto
Puntos de conteo	Si el conteo es estacionario, colocar el nombre del punto en que se realiza
Replica	Colocar su número con relación al número de visita que se realiza al día
Clima	Colocar lluvioso, frío, soleado o parcialmente nublado y la temperatura
Vegetación/uso de suelo	Se trata de cultivo, potrero, urbano, vegetación secundaria, áreas de reforestación y restauración, suelo desamudado, borde, selva húmeda, selva seca, bosque de niebla, bosque de coníferas, bosque de encinos, matorral, pastizal, desierto, humedal o cosia
Coordenadas	Siempre anotar las coordenadas al iniciar el conteo y al finalizar
Hora	Anotar al comenzar y al concluir
2. Conteo de aves	
Presencia de cuerpos de agua	Seleccionar la casilla afirmativa o negativa, según corresponda
Presencia de árboles/arbustos	
Especie	Escribir el nombre común y científico
Número de individuos	Contabilizar bajo el sistema unario
3. Patrones formales de diseño	
Esquemas de organización	Marcar con una X la opción presente en el punto de conteo
Patrones naturales	
Operaciones	
Observaciones	Escriba sobre el comportamiento del grupo de interés y/o aspectos relevantes
4. Observaciones generales	
Refugios	Escriba sobre el comportamiento del grupo de interés y/o aspectos relevantes
Natural	
Artificial	
Formas	Anotar la especie a la que pertenece
Observaciones	Contabilizar bajo el sistema unario en la casilla correspondiente según sea el caso
	Marcar con una X la opción presente a la forma de la entrada
	Escribir si hay evidencia fisiológica, materia sintética o natural proximas al refugio y si hay variaciones en cuanto a forma

ANEXO VII. Aves registradas del muestreo (2020-2021)

AVES REGISTRADAS				
	Nombre común	Nombre científico	Estatus de residencia	Estatus de conservación según la IUCN
1	Zanate Mayor	<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	LC
2	Huilota Común	<i>Zenaida macroura</i>	R	LC
3	Perico Monje Argentino	<i>Myopsitta monachus</i>	R	LC
4	Golondrina Tijereta	<i>Hirundo rustica</i>	R	LC
5	Pinzón Mexicano	<i>Haemorhous mexicanus</i>	R	LC
6	Garza Ganadera	<i>Bubulcus ibis</i>	R	LC
7	Chinito	<i>Bombycilla cedrorum</i>	MI	LC
8	Gorrión Doméstico	<i>Passer domesticus</i>	R	LC
9	Tortolita Cola Larga	<i>Columbina inca</i>	R	LC
10	Paloma Doméstica	<i>Columba livia</i>	R	LC
11	Tordo Ojos Rojos	<i>Molothrus aeneus</i>	R	LC
12	Gorrión Sabanero	<i>Passerculus sandwichensis</i>	R	LC
13	Paloma de Collar Turca	<i>Streptopelia decaocto</i>	R	LC
14	Chipe Rabadilla Amarilla	<i>Setophaga coronata</i>	MI	LC
15	Rascador Viejita	<i>Melospiza fusca</i>	R	LC
16	Chorlo Tildío	<i>Charadrius vociferus</i>	R	LC
17	Verdugo Americano	<i>Lanius ludovicianus</i>	R	NT
18	Cuicacoche Pico Curvo	<i>Toxostoma curvirostre</i>	R	LC
19	Chipe Cabeza Gris	<i>Leiostyris albigularis</i>	MI	LC
20	Colibrí Pico Ancho Norteño	<i>Cyananthus latirostris</i>	R	LC
21	Tirano Chibí	<i>Tyrannus vociferans</i>	R	LC
22	Pico Gordo Azul	<i>Passerina caerulea</i>	R	LC
23	Saltapared Cola Larga	<i>Thryomanes bewickii</i>	R	LC
24	Jilguerito Dominicano	<i>Spinus psaltria</i>	R	LC
25	Centzontle Norteño	<i>Mimus polyglottos</i>	R/MI	LC
26	Perlita Azulgris	<i>Poliophtila caerulea</i>	MI	LC
27	Calandria Flancos Negros	<i>Icterus abeillei</i>	R	LC
28	Gorrión Pálido	<i>Spizella pallida</i>	MI	LC
29	Chipe Corona Negra	<i>Cardellina pusilla</i>	MI	LC
30	Cernícalo Americano	<i>Falco sparverius</i>	MI	LC
31	Papamoscas Cardenalito	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	R	LC
32	Gorrión de Lincoln	<i>Melospiza lincolnii</i>	MI	LC
33	Aguililla Cola Roja	<i>Buteo jamaicensis</i>	MI	LC
34	Saltapared Común	<i>Troglodytes aedon</i>	R	LC

35	Golondrina Verdemar	<i>Tachycineta thalassina</i>	R	LC
36	Gorrión Cantor	<i>Melospiza melodia</i>	R	LC
37	Papamoscas Llanero	<i>Sayornis saya</i>	MI	LC
38	Mirlo Dorso Canela	<i>Turdus rufopalliatus</i>	R	LC
39	Papamoscas del Oeste	<i>Contopus sordidulus</i>	MV/T	LC
40	Reyezuelo Matraquita	<i>Corthylio calendula</i>	MI	LC
41	Calandria Castaña	<i>Icterus spurius</i>	MI/MV	LC
42	Halcón Esmerejón	<i>Falco columbarius</i>	MI	LC
43	Tecolote Llanero	<i>Athene cunicularia</i>	R	LC
44	Águila Pescadora	<i>Pandion haliaetus</i>	R/MI	LC
45	Chipe Amarillo	<i>Setophaga petechia</i>	MI, MV, R, T	LC
46	Calandria Cejas Naranjas	<i>Icterus bullockii</i>	MI/MV	LC
47	Colibrí Corona Violeta	<i>Leucolia violiceps</i>	R	LC
48	Ibis Ojos Rojos	<i>Plegadis chihi</i>	R	LC
49	Piranga Roja	<i>Piranga rubra</i>	MI/MV	LC
50	Picogordo Tigrillo	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	R	LC
51	Colibrí Lucifer	<i>Calothorax lucifer</i>	R, MI, MV	LC
52	Mirlo Primavera	<i>Turdus migratorius</i>	R	LC
53	Pavito Alas Negras	<i>Myioborus miniatus</i>	R	LC
54	Garza Blanca	<i>Ardea alba</i>	R	LC
55	Gorrión Cejas Blancas	<i>Spizella passerina</i>	R	LC
55	Colibrí Berilo	<i>Saucerottia beryllina</i>	R	LC
56	Chipe Oliváceo	<i>Leiothlypis celata</i>	MI	LC
57	Colibrí Magnífico	<i>Eugenes fulgens</i>	R	LC
58	Garza Morena	<i>Ardea herodias</i>	MI/R	LC
59	Tordo Tricolor	<i>Agelaius tricolor</i>	Ra	EN
60	Papamoscas Chico	<i>Empidonax minimus</i>	MI	LC
61	Pato Mexicano	<i>Anas diazi</i>	R	LC
62	Playero Semipalmeado	<i>Calidris pusilla</i>	T/MI	NT
63	Garza Nocturna Corona Negra	<i>Nycticorax nycticorax</i>	R	LC
64	Gorrión Arlequín	<i>Chondestes grammacus</i>	MI	LC
65	Chipe Cabeza Amarilla	<i>Setophaga occidentalis</i>	MI	LC
66	Chipe de Townsend	<i>Setophaga townsendi</i>	MI	LC
67	Playero Solitario	<i>Tringa solitaria</i>	MI	LC

Elaboración propia con base en Berlanga *et al.* (2019)

ANEXO VIII. Tipología de las madrigueras

Motocle



Motocle asomándose desde su madriguera



Entradas distractoras



Entrada de madriguera

Conejo



Entrada de madriguera

Tuza



Tuza desde su madriguera



Entrada de madriguera



Montículo de tierra

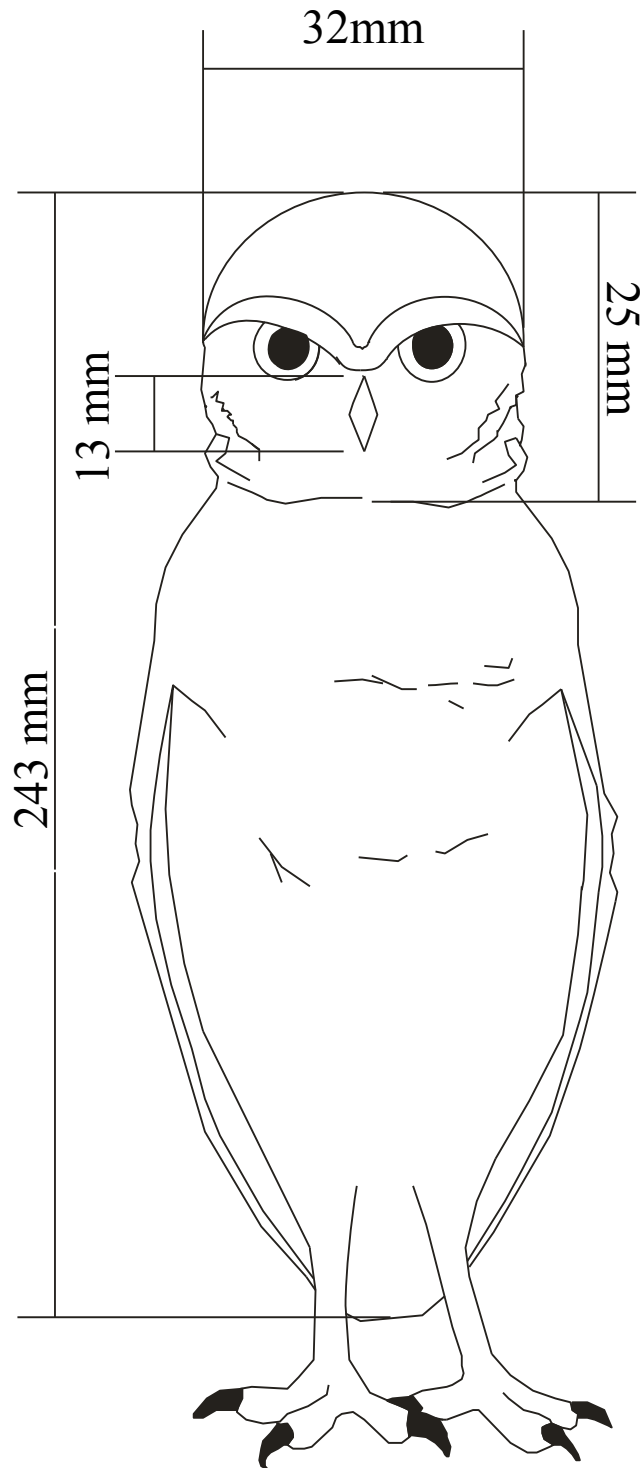


Conejo próximo a su madriguera

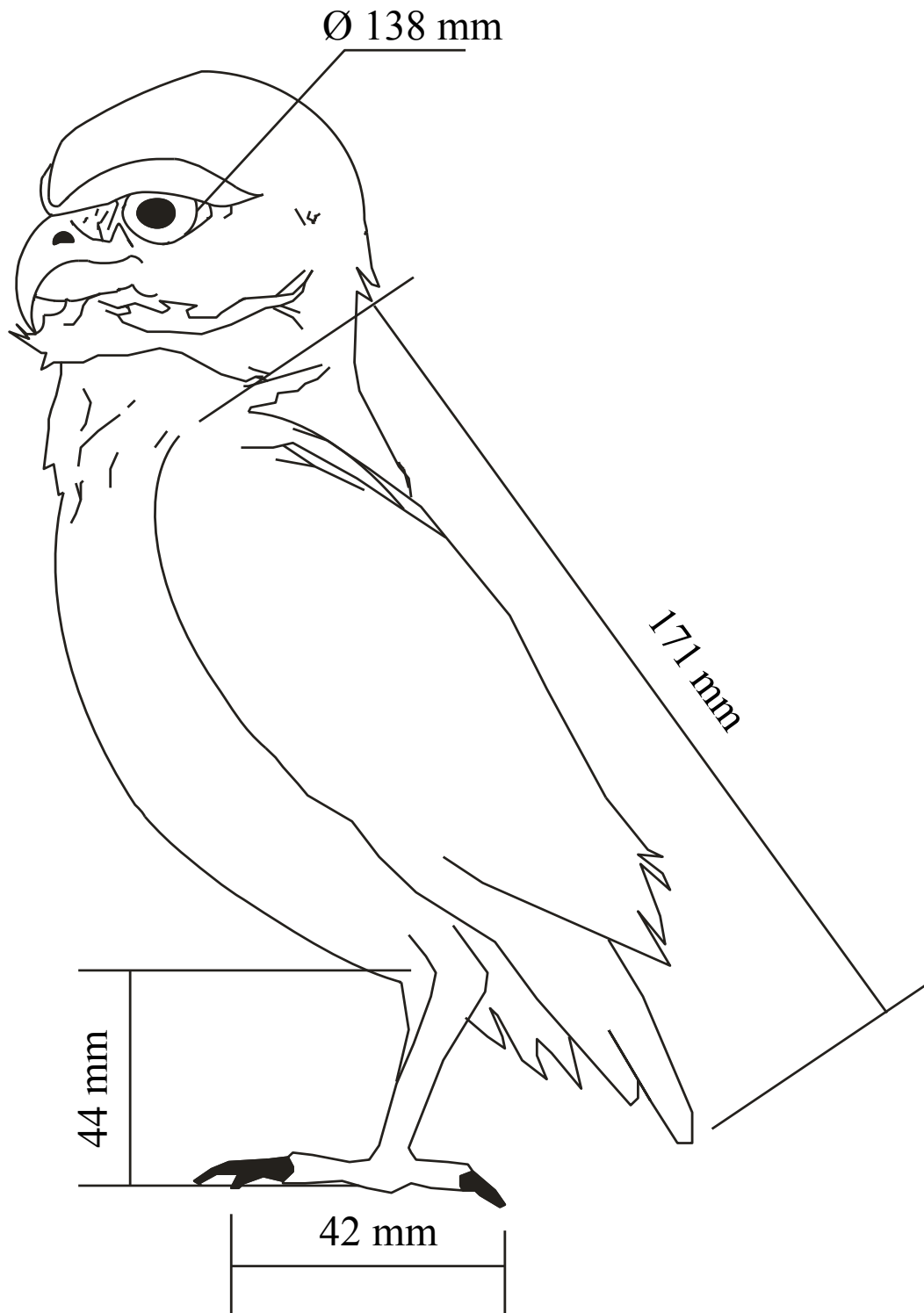


Madriguera mixta

ANEXO IX. Esquemas biométricos del tecolote llanero



Plano frontal del tecolote llanero
Fuente: Adaptación de Gayosso (2019)



Plano sagital del teocolote llanero
Adaptación de Gayosso (2019)